



INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
ESCUELA DE SALUD PÚBLICA DE MÉXICO

TESIS

Marcadores de inflamación e incidencia de síntomas respiratorios asociados a partículas suspendidas, en trabajadores del relleno sanitario "La Perseverancia" y poblaciones aledañas en el Estado de Morelos, México: un enfoque ecosistémico

QUE PRESENTA LA ALUMNA

M. EN C. MARÍA ALEJANDRA TERRAZAS MERAZ

PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS DE LA SALUD PÚBLICA
CON ÁREA DE CONCENTRACIÓN EN
EPIDEMIOLOGÍA

COMITÉ DE TESIS

DIRECTOR: DR. HORACIO RIOJAS RODRÍGUEZ

ASESOR 1: DRA. SONIA PATRICIA ROMANO RIQUER

ASESOR 2: DR. HECTOR MANUEL LAMADRID FIGUEROA

ASESOR 3: DRA. IRMA AURORA ROSAS PÉREZ

ASESOR 4: DR. ERNESTO ALFARO MORENO



Instituto Nacional
de Salud Pública

MARCADORES DE INFLAMACIÓN E INCIDENCIA DE SÍNTOMAS RESPIRATORIOS ASOCIADOS A PARTÍCULAS SUSPENDIDAS, EN TRABAJADORES DEL RELLENO SANITARIO “LA PERSEVERANCIA” Y POBLACIONES ALEDAÑAS EN EL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO: UN ENFOQUE ECOSISTÉMICO

CUERNAVACA, MOR., FEBRERO 2014.



Jurado para defensa de tesis

Presidente:

DR. ÁLVARO OSORNIO VARGAS

Secretario:

DR. HORACIO RIOJAS RODRÍGUEZ (INSP)

Sinodales:

DRA. BELEM TREJO VALDIVIA (INSP)

DR. VÍCTOR BORJA ABURTO (IMSS)

DRA. ANDREA DE VIZCAYA RUIZ (CINVESTAV)

Comité de tesis

Director:

DR. HORACIO RIOJAS RODRÍGUEZ (INSP)

Asesores:

DRA. IRMA ROSAS PÉREZ (UNAM)

DRA. SONIA PATRICIA ROMANO RIQUER (CCINSHAE)

DR. HÉCTOR MANUEL LAMADRID FIGUEROA (INSP)

DR. ERNESTO ALFARO MORENO (INCAN)

GRUPO DE TRABAJO

DR. HORACIO RIOJAS RODRÍGUEZ (INSP)

M.C. MARIA ALEJANDRA TERRAZAS MERAZ (UAEM)

DRA. IRMA ROSAS PÉREZ (UNAM)

M. C. MARGARITA SÁNCHEZ ARIAS (INSP)

DRA. NATIVIDAD SARA GARCÍA JIMÉNEZ (UAEM)

DR. ERNESTO ALFARO MORENO (INCAN)

DRA. SONIA PATRICIA ROMANO RIQUER (CCINSHAE)

DRA. CHRISTINA D. SIEBE GRABACH (UNAM)

DRA. ANA CECILIA ESPINOSA GARCÍA (UNAM)

M. C. MINERVA CATALÁN VÁZQUEZ (INER)

ING. RENÉ SANTOS LUNA (INSP)

M. C. SANDRA LETICIA RODRÍGUEZ DOZAL (INSP)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por regalarme la vida y permitirme estar rodeada de amor y satisfacciones

A mi hijo amado, Allan, porque eres mi motor, mi impulso y mi mejor maestro de vida

Agradezco a mis padres, no solo por darme la vida sino por enseñarme a afrontarla

A mi mami adorada, por enseñarme a terminar lo que empiezo y porque sin tu apoyo no hubiera llegado a ningún lado

A mi papito QEPD, donde quiera que estés, porque me enseñaste a ser y a hacer, porque me abriste el camino y porque en presencia o ausencia siempre he contado con tu apoyo

A mis hermanas Angie y Susy, a mi tío Marco y mi tía Laura, a mis tíos y primos, por quererme y brindarme siempre su apoyo, una palabra, una razón, un motivo para seguir adelante...

A mis hermanas de vida Ady, Vero, Debbie son un gran apoyo en mi vida

A Emiliano por tu compañía, cariño y apoyo y por compartirme un poco de tu linda familia

A Josefina por abrirme el camino y mostrarme en donde encontrar las alas

A la gente linda de la UAEM por el apoyo brindado (Dr. Bilbao, Maestra Ale... Orqui... Ade...)

A mis amigos y amigas, por sus palabras de aliento

A todos ustedes por el tiempo que no les di para alcanzar la meta

A mis compañer@s del doctorado, por acompañarme en el camino

A Horacio, porque has sido un gran maestro con tu paciencia y orientación

A Irma, porque lograste ver en mi lo que yo no encontraba

A Paty, por tu ejemplo y tenacidad

A mis asesores, miembros del jurado y profesores del doctorado por guiarme y brindarme un poco de su saber y experiencia

A Rosario y Margarita por su gran apoyo en el desarrollo de este trabajo

A los que nombré y a los que no nombre, porque si no estuvieran en mi camino nunca habría sido lo mismo...

Hay tanto que agradecer por estos más de cinco años de vida, trayectoria, esfuerzos, trabajo... y tan pocos momentos y espacio para expresarlo...

Contenido

1	INTRODUCCION.....	8
1.1	ANTECEDENTES	10
1.1.1	Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales	10
1.1.2	Disposición final de los residuos sólidos en el Estado de Morelos.	12
1.2	MARCO DE REFERENCIA.....	14
1.2.1	Enfoque Ecosistémico	14
1.2.2	Esquema conceptual	17
1.2.3	Rutas de exposición ambiental en rellenos sanitarios	18
1.2.4	Efectos en la salud de la población	21
1.2.5	Efectos a la salud por exposición a partículas	22
2	JUSTIFICACIÓN	25
3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
3.1	Preguntas de Investigación.....	27
3.2	Esquema del problema.....	28
4	OBJETIVOS.....	29
4.1	Objetivo general	29
4.2	Objetivos específicos	29
5	HIPÓTESIS.....	29
6	CONSIDERACIONES ÉTICAS	30
7	MÉTODOS	31
7.1	Diseño del estudio	31
7.2	Población en estudio.....	32
7.2.1	Definición de la población	33
7.2.2	Proceso de muestreo	35
7.2.3	Criterios de selección	35
7.2.4	Cálculo del tamaño de la muestra poblacional	36
7.3	Medición del evento de estudio.....	41
7.3.1	Marcadores de inflamación.....	41

7.3.2	Incidencia de síntomas respiratorios	42
7.3.3	Otras variables	42
7.4	<i>Medición de la exposición</i>	43
7.4.1	Partículas PM ₁₀ , Endotoxinas y (1→3)-β-glucán	43
7.4.2	Caracterización de esporas y densidad óptica	43
7.4.3	Partículas viables	44
7.4.4	Mediciones ambientales de lixiviados, suelo, agua	44
7.4.5	Inventario de los residuos sólidos que se reciben en el relleno sanitario.....	48
7.5	<i>Componente social</i>	49
7.5.1	Diagnóstico de salud poblacional	49
7.6	<i>Análisis de la información</i>	51
7.6.1	Caracterización del sitio	51
7.6.2	Definición de la variable de exposición.....	52
7.6.3	Estudio transversal.....	52
7.6.4	Estudio longitudinal	56
7.6.5	Análisis cualitativo del componente social en relación al enfoque ecosistémico	57
8	LIMITACIONES POTENCIALES DEL ESTUDIO.....	57
9	Resultados.....	59
	Artículo 1. Endotoxin associated to particulate matter (PM10) and inflammation markers in workers of a landfill facility in Cuautla, Morelos, Mexico	60
	Artículo 2. Endotoxins and glucan like components of particulate matter (PM10) related with inflammation markers and self-reported health outcomes nearest a landfill in Morelos, México... ..	81
10	CRONOGRAMA.....	100
11	FINANCIAMIENTO.....	102
12	INSTITUCIONES PARTICIPANTES.....	102
	REFERENCIAS BIBLIOHEMEROGRÁFICAS.....	102

1 INTRODUCCION

El presente proyecto de investigación, ha nacido de la necesidad percibida de la sociedad de un conocimiento real sobre la problemática de los residuos sólidos en el Estado de Morelos, sobre todo respecto a los efectos que puede tener en la salud¹. Las consecuencias de un manejo desintegrado, donde los intereses económicos y políticos rebasan a los intereses sociales y de salud, han llevado a que la misma sociedad solicite un mejor manejo de los residuos sólidos: desde su percepción diaria, hasta la percepción específica de quien está en contacto con los procesos del manejo de los mismos. Desde el punto de vista de la epidemiología, se puede lograr obtener conocimiento amplio sobre esta problemática; pero aún mejor, como eje de trabajo, es capaz de reunir las disciplinas que puedan aportar conocimientos y resultados relevantes que afecten positivamente la salud pública de una comunidad.

Mejorar las condiciones de salud de la población, es el objetivo central de la Salud Pública, gracias a los estudios epidemiológicos se pueden conocer los determinantes que afectan las condiciones de salud de la población. Sin embargo, ninguna relación de los determinantes con la salud, podría descubrirse de no ser por el trabajo interdisciplinario en investigación en Salud Pública. Relacionar aspectos tales como la exposición a partículas ambientales, no solo en cuantificación sino en su caracterización tanto química como biológica, es posible gracias a la participación de ingenieros y biólogos especialistas en la medición de metales y la caracterización en especies y subespecies biológicas, respectivamente. La identificación de citocinas en la sangre y otras características biomédicas son posibles gracias a la participación de disciplinas tales como la farmacología y la biotecnología. El conocimiento de los determinantes sociales, la percepción de la salud, es tarea de la sociología y la epidemiología social. La determinación de características del suelo y del agua, son materia de estudio de la geología y la edafología. Los determinantes de la salud y su cuidado se perciben desde la medicina y enfermería, así como otras áreas de la salud. Solo un grupo interdisciplinario es capaz de encontrar elementos de interés mutuo y conseguir resultados significativos para mejorar la salud pública. Esta relación entre las disciplinas se consigue cuando el trabajo de investigación se aborda desde un enfoque ecosistémico. Es decir, ubicando a la humanidad en su medio ambiente².

La propuesta que se presenta en este documento, aborda, desde el rigor metodológico de la Epidemiología, un trabajo ecosistémico para determinar las consecuencias en la salud pública por tener un sitio de disposición final de residuos sólidos a cielo abierto al servicio de las poblaciones.

Entendiendo por enfoque ecosistémico, el análisis de los factores en estudio desde una perspectiva de ecosalud.

Se pretende determinar si las características geográficas, meteorológicas y ambientales, influyen en que un sitio de disposición final de residuos sólidos, pueda ser un problema de salud pública que promueva el incremento en la morbilidad de la población; en este caso, valorando la salud a partir de marcadores de inflamación y de la incidencia de síntomas respiratorios en poblaciones asentadas cerca del relleno sanitario “La Perseverancia” en Cuautla, Mor., comparándolos con indicadores de poblaciones alejadas del sitio.

La revisión de estudios previos, nos permite vislumbrar el estado del arte de la problemática que se plantea, siendo parte, el determinar las consecuencias que conllevan a la ubicación de los sitios de disposición final en lugares cercanos a los asentamientos humanos, o viceversa; así como el cuidado que se tenga en el manejo de los residuos a través del ciclo de vida de los mismos. Entre las consecuencias mencionadas, se describen las relacionadas con los efectos al medio ambiente y el incremento de la morbilidad que se han estudiado, sin embargo, las conclusiones son ambiguas por las dificultades metodológicas que se abordan. Se plantea el enfoque ecosistémico, para realizar un estudio donde converjan la investigación interdisciplinaria con la participación de los actores involucrados.

Este planteamiento metodológico conlleva dos fases principales: la caracterización ambiental del sitio para establecer las rutas de exposición y la relación entre las diferencias de la morbilidad entre colonias cercanas y lejanas. En la segunda fase, la evaluación depende de los resultados obtenidos durante la primera fase, por lo que a partir de los resultados de la caracterización ambiental, se plantea un estudio epidemiológico en el cual se evalúen indicadores de salud poblacional (marcadores de inflamación y síntomas respiratorios) comparados por la distancia del sitio a la población en estudio y características ambientales tales como, las concentraciones de partículas PM₁₀ (partículas menores de 10 micrómetros) y su contenido de endotoxinas y β -glucán, en muestras de aire.

El análisis de la información forma parte fundamental de este estudio, por lo que los procesos bioestadísticos y de información geográfica, participan a través de todo el proyecto, casi de manera simultánea con la obtención de la información, con la intención que los resultados, sean relevantes para la atención de la salud poblacional.

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales

Ciclo de vida de los residuos sólidos.

Los residuos sólidos municipales se definen, como un subconjunto de los residuos sólidos, clasificados como productos durables (ej. utensilios, neumáticos, baterías o pilas), no durables (ej. periódicos, libros, revistas), contenedores y empaques, residuos de comida, residuos de jardín y otras basuras orgánicas de fuentes residenciales, comerciales y de fuentes que no tienen que ver con procesos industriales³.

La basura es el último eslabón de la cadena de producción, distribución y consumo y no ha sido tomada en cuenta, de manera específica, a la hora de la planificación de los asentamientos humanos; la contaminación ambiental y los problemas de salud inherentes son parte de las consecuencias⁴. Los desechos impactan a los ecosistemas tanto a través del agua como del suelo y del aire, ya que quedan biodisponibles en el ambiente y son transportados por diferentes medios hacia la población, por lo que se incrementan los riesgos a la salud en las poblaciones cercanas a estos depósitos⁵.

La **figura 1.1**, es un esquema referido por Zurbrugg (2002)⁶ que representa gráficamente el proceso de producción, almacenamiento, recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos. Se destacan como elementos que integran el proceso de producción, la generación y almacenamiento de los residuos en los hogares, reúso y reciclado de materiales a nivel de manejo en el hogar, la recolección y transporte de la basura de primera generación a las estaciones de transferencia, manejo de los residuos en éstas, recolección secundaria y transporte de los residuos a los sitios de disposición final, disposición de la basura en rellenos sanitarios o en su ausencia, en tiraderos de basura a cielo abierto. La recuperación y reciclaje, normalmente se realiza en los sitios de transferencia o almacenamiento, por sectores informales llamados “pepenadores” o como parte de un ingreso extra para el personal que labora en este proceso a nivel municipal y en una muy pequeña proporción, a partir de la generación primaria (desechos generados en casas habitación, comercios, instituciones, lugares de recreación y otros, mismos que no se muestran en este esquema). Para completar el esquema de Zurbrugg, debemos tomar el círculo donde se muestra el hogar, como la generación primaria de los residuos municipales, incluyendo los anteriormente descritos.

Como solución a la necesidad de almacenamiento y desecho, se tienen desde contenedores (almacenamiento eventual) hasta tiraderos de basura a cielo abierto, rellenos sanitarios y en algunos

países, incineradores. La falta de sustentabilidad en el proceso, de regulación y de la aplicación de la normatividad existente en los procesos de almacenamiento de los residuos sólidos, lleva a la generación de fauna nociva, malos olores y fallas en el proceso productivo y económico que la basura puede significar, ya que la revoltura retarda el proceso de separación y recuperación, lo cual se traduce en pérdidas para quienes subsisten de esta faena⁷.

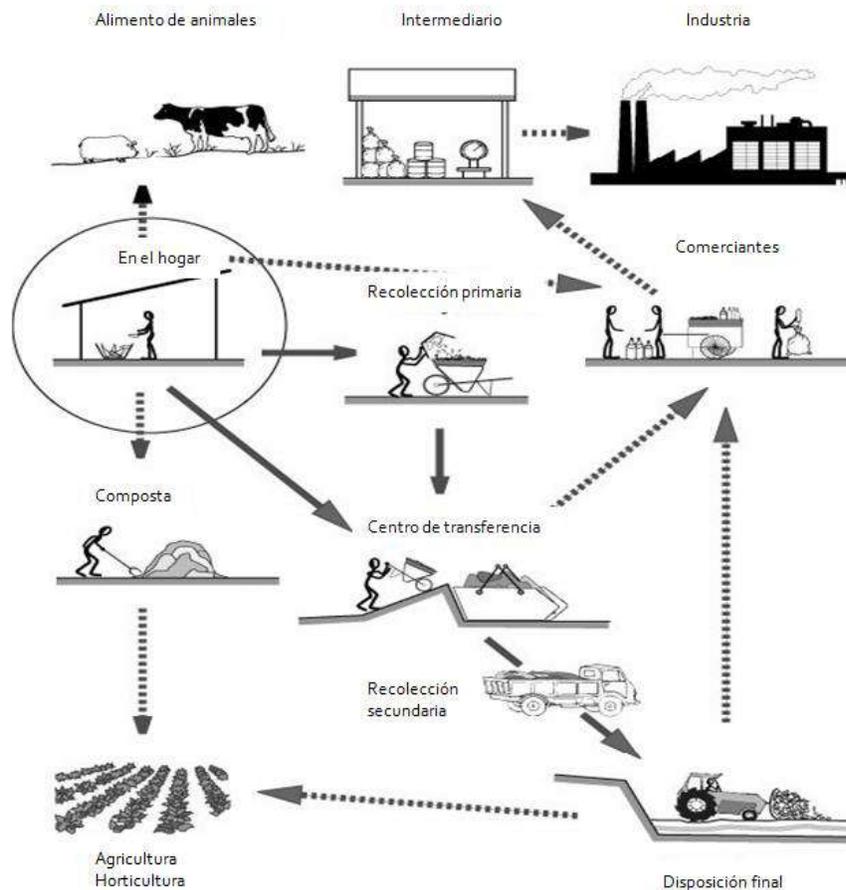


Figura 1.1 Elementos típicos del sistema de manejo de residuos sólidos en países de bajos y medianos ingresos. Fuente: Traducción de SANDEC/EAWAG⁶

Actualmente, existen técnicas o metodologías de disposición final de los residuos sólidos, las más utilizadas son: rellenos sanitarios, incineración, los llamados *botaderos*, *vertederos* o *tiraderos* de basura a cielo abierto y en muchos casos, la eliminación de los residuos en campos de agua, barrancas y terrenos no registrados ni adecuados para tal fin.

En la tabla 1-1 se describe la generación de residuos sólidos en México para los años 2006 y 2007, se observa que, aun cuando cerca de la mitad de los residuos son recuperables o reciclables, solo el 3% se recicla y el resto termina en sitios de disposición final. Es importante señalar, que los residuos

sólidos municipales, son en su mayoría generados en los domicilios, pero también hay una aportación importante por los comercios, instituciones y lugares de recreación; supuestamente, no se deben ingresar residuos industriales clasificados como peligrosos.

Tabla 1-1. Generación y disposición final de residuos sólidos urbanos en Mexico durante el año 2006 y 2007 (Miles de toneladas). Fuente: Secretaría de Desarrollo Social, citada en Presidencia de la República. Segundo Informe de Gobierno, 2008. Anexo Estadístico. México, DF, 2008⁸.

Concepto	2006	2007
Generación	36,135.0	36,865.0
• Productos de papel y cartón	5,388.0	5,489.3
• Textiles y plásticos	2,750.0	2,775.0
• Vidrios	2,309.0	2,341.0
• Basura orgánica	18,335.0	18,576.0
• Otros	7,353.0	7,683.7
Disposición final	36,135.0	36,865.0
• Rellenos sanitarios a/	19,772.1	20,846.6
• Rellenos de tierra controlados b/	3,763.5	3,844.9
• Tiraderos a cielo abierto c/	11,423.4	10,971.3
• Reciclaje	1,176.0	1,202.2

a/ Nota: Se refiere a la basura producida en las ciudades (incluye desechos generados en casas habitación, comercios, instituciones, lugares de recreación y otros). La cuantificación se realiza siguiendo la metodología estipulada en las Normas Mexicanas existentes. Son sitios que cuentan parcialmente con aplicación y vigilancia de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas.

b/ La organización Panamericana de la Salud lo define como "el lugar para la disposición final de los residuos sólidos que no cuentan con la infraestructura propia de un relleno sanitario, pero donde se dan las condiciones mínimas para la compactación y cobertura diaria de los residuos".

c/ Corresponde a sitios no controlados y se refiere a la basura generada no recolectada dispuesta por las diferentes fuentes de generación en tiraderos clandestinos, lotes baldíos o es quemada en los traspatios.

1.1.2 Disposición final de los residuos sólidos en el Estado de Morelos.

En el Estado de Morelos, cada municipio se hace cargo de manera independiente del manejo de los residuos sólidos generados por su población. En 2008, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) registró, que en el estado se manejaron 160 mil toneladas de residuos sólidos urbanos en sitios controlados y 389 mil en sitios no controlados, esto significa un promedio de generación de 1.09 kg/habitante/día⁹.

En la tabla 1-2 se detallan las características de producción de residuos sólidos en relación con la población y superficie de los municipios con mayor producción. Cautla es el segundo municipio con mayor razón de volumen de basura recolectada y el cuarto en cuanto al número de hectáreas utilizadas para la disposición final de residuos sólidos municipales y, su sitio de disposición final, es uno de los dos terrenos en el Estado que está registrado como relleno sanitario y el cual ha sido seleccionado para desarrollar el presente estudio. Para fines del proyecto que se propone en este

documento, se asume que al ser un relleno sanitario de acceso controlado, se encontrarán menos problemas que en los demás sitios que funcionan como tiraderos de basura a cielo abierto.

Tabla 1-2. Registro de sitios de disposición final de residuos sólidos en algunos municipios del Estado de Morelos y su relación con la recolección de residuos sólidos municipales. Fuente: (CONAPO, 1994)¹⁰, CEAMA, 2006¹¹, INEGI, 2008¹².

Municipio	Has. utilizadas para DFRSM		Extensión territorial (Km ²)	VBR	Habitantes	Razón VBR Kg anual /habitante	Razón VBR Ton / Has DFRSM
				(Miles de toneladas)			
Estado	147.4		4,958.23	642.8	1,612,899	398.5	4,360.92
Cuernavaca	-		207.8	188.4	349,102	539.7	-
Jiutepec	-		49.24	78.4	181,317	432.4	-
Yautepec	2.0	b/	202.94	37.3	39,861	935.8	18,650.00
Cuautla	12.0	a/	153.65	73.0	160,285	455.4	6,083.33
Yecapixtla	1.0	b/	169.74	9.3	39,859.0	233.3	387.5
	23.0	a/					
Tlaltizapan	34.0	b/	236.66	12.8	44,773	285.9	376.47
Temixco	17.0	b/	87.69	29.2	98,560	296.3	1,717.65
Emiliano Zapata	4.8	b/	64.98	24.3	69,064	351.8	5,062.50
Xochitepec	-		89.14	12.6	53,368	236.1	
Tetecala	5.0	b/	53.26	1.2	6,473	185.4	240.00
Mazatepec	8.0	b/	45.92	2.3	8,766	262.4	287.50

a/ Registradas como Relleno Sanitario

b/ Registradas como Tiraderos de basura a Cielo abierto

DFRSM: Disposición final de residuos sólidos municipales

VBR: Volumen de basura recolectada

En un estudio realizado por Gómez y Cols.,¹³ en Colombia, se define que el área de influencia de un sitio de disposición de residuos sólidos municipales puede abarcar un radio de 3 km. Se han generado indicadores para caracterizar los residuos que se depositan en los sitios de disposición final^{14,15,16,17}, y se ha encontrado que la distancia de las viviendas al tiradero de basura a cielo abierto, repercute en las concentraciones ambientales de los contaminantes, sobre todo en la calidad del aire.

Los rellenos sanitarios son espacios dedicados al acumulamiento de basura usualmente localizados en las afueras de las ciudades. El suelo apropiado para un relleno sanitario debe tener una estructura de arcilla en razón de detener los escurrimientos hacia los acuíferos. Al fondo se alinean gruesas hojas de plástico soldadas entre sí (*geomembrana* o *HDPE* por sus siglas en inglés) para aislar el suelo de la basura. La basura se va colocando en capas las cuales al alcanzar cierta altura se cubren con material seco, hasta arriba de cada capa se coloca más basura y así sucesivamente hasta que el sitio se llena. Un relleno sanitario bien construido contará con una red de pipas perforadas para recolectar los líquidos generados por la lluvia que se infiltra entre la basura y disuelve parte de esta. Tales líquidos (lixiviados), son conducidos por la tubería hacia una planta de tratamiento de agua para su posterior

descarga. Consecuentemente, la tierra termina siendo no productiva para otros usos, y reconociendo como en un futuro estas áreas serán incorporadas a la estructura urbana y siendo rodeada por casas, uno puede apreciar la magnitud del problema¹⁸; sin embargo, es menor que la que representa un tiradero de basura a cielo abierto, ya que implica el acumulamiento de los residuos sólidos sin sistemas de mitigación de ningún tipo ni infraestructura de aislamiento para el control de los contaminantes.

El presente estudio, nace de una necesidad social sentida en el estado de Morelos, en un momento histórico cuando el problema del manejo de residuos sólidos en el municipio se sale del control de las autoridades y la sociedad se manifiesta en desacuerdo de la forma del manejo y en defensa de sus derechos constitucionales (art. 115.III.c)¹⁹, así como la expectativa de contaminación y efectos en la salud.

1.2 MARCO DE REFERENCIA

1.2.1 Enfoque Ecosistémico

El enfoque ecosistémico se ha tomado como punto de partida del presente proyecto, ya que se centra en las interacciones entre las dimensiones ecológicas y socio-económicas de una situación dada y su influencia en la salud humana, así como el impacto de las personas en la calidad de los ecosistemas y la sustentabilidad de los mismos; es un campo cada vez más internacional de investigación, educación y práctica que se nutre de ideas innovadoras para construir comunidades más sanas y mejores ambientes en los países en desarrollo²⁰. Se caracteriza por incluir tres características de manera sustancial: es **transdisciplinario**, se define **un lenguaje común** por la participación comunitaria y se incluye el **análisis de inequidades** (estudios con perspectiva de género con miras a la igualdad de sexos, por ejemplo); la intención del enfoque ecosistémico es dar igual importancia al manejo ambiental, los factores económicos y las aspiraciones de la comunidad, como se puede observar en la **figura 1.2**²¹, teniendo como pilares la sustentabilidad y la traducción del conocimiento en programas y políticas públicas²². De tal manera que entre las políticas de sustentabilidad urbana se involucran tres factores importantes: económicos, sociales y ambientales²³.

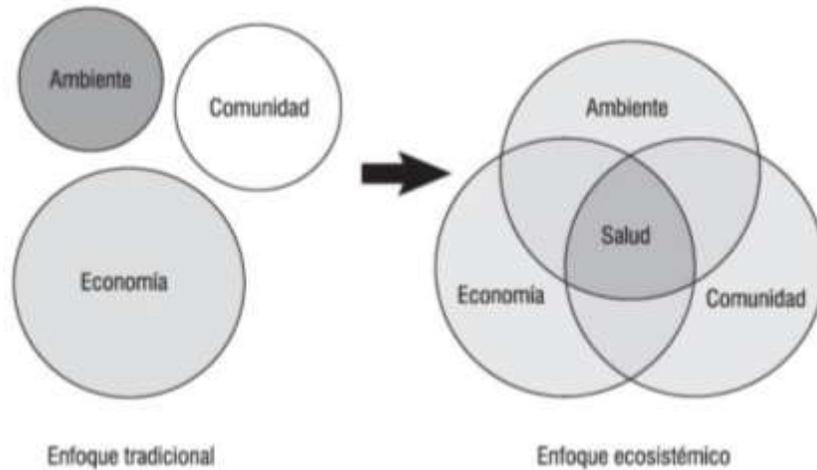


Figura 1.2. Diferencia gráfica entre el enfoque tradicional y el enfoque ecosistémico²⁰

En la figura 1.3, se parte de que el enfoque ecosistémico comprende la salud humana como parte del bienestar comunitario, donde se toman en cuenta las condiciones sociales y políticas, el sistema social, las interacciones con el entorno natural, factores que se convierten en determinantes junto con las condiciones biofísicas de la salud colectiva²⁴.

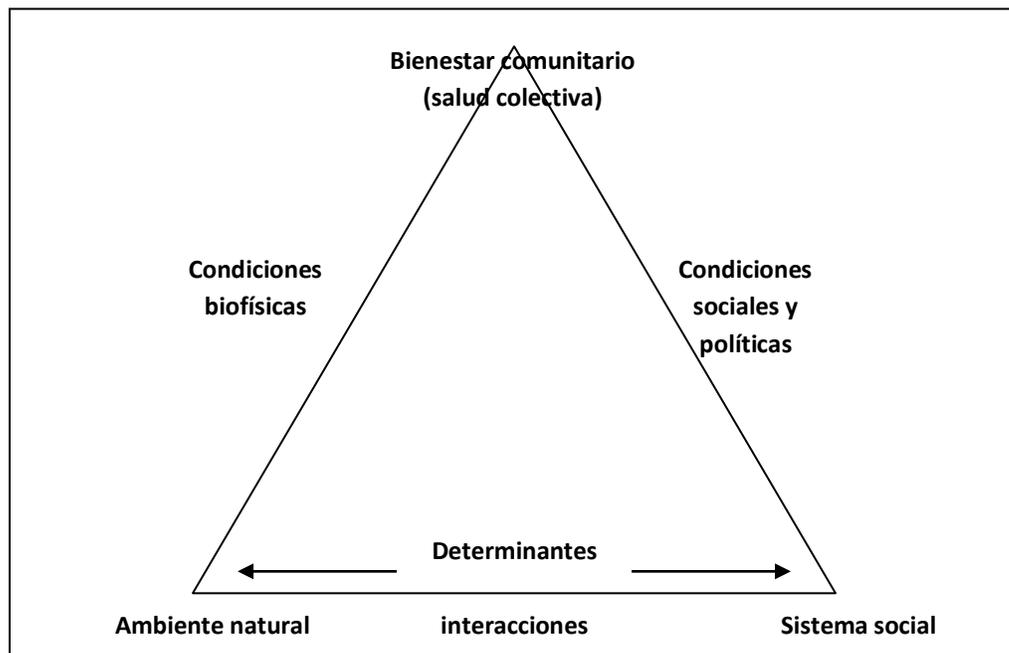


Figura 1.3. Esquema de interacciones y determinantes que se consideran en el enfoque ecosistémico para lograr el bienestar comunitario²⁵

Los primeros aspectos del enfoque comienzan con el abordaje sistémico y la investigación transdisciplinaria, tomando en cuenta la participación social, de tal manera que se busque la sustentabilidad ambiental y la equidad de género, esperando llegar a la interfase de investigación –

acción y óptimamente a la participación comunitaria. La relación de lo anterior espera obtener resultados tales como:

- Nuevos conocimientos
- Mejora de las condiciones de salud humana
- Ecosistemas más saludables (gestión de los determinantes sociales, culturales, económicos? y ambientales)
- Empoderamiento de los afectados
- Fortalecimiento de capacidades institución / individuo
- Avances metodológicos y de los equipos
- Uso de los resultados en programas y políticas
- Cambios en el comportamiento de los actores

A partir de la transdisciplinariedad, se implica la visión de la relación de la salud y el ecosistema, este enfoque considera los diferentes aspectos del problema, de tal manera que las soluciones que se planteen al final, sean socialmente sustentables al tomar en cuenta la complejidad de las interacciones entre los componente económicos, sociales y ambientales con estrategias que vayan más allá de la investigación inter

disciplinaria; la intención es desarrollar una perspectiva común desde las respectivas áreas del conocimiento. Con la participación “se pretende lograr consenso y cooperación”, no solo de quienes toman las decisiones sino de la comunidad y los investigadores. Mientras que la equidad “comprende el análisis de los respectivos papeles de hombres y mujeres y de los diferentes grupos sociales”. El enfoque común de estos elementos, puede darse progresivamente durante el desarrollo del proyecto, considerando a la comunidad como parte del proyecto y no solo como sujetos de estudio²⁶.

La investigación basada en el enfoque de eco-salud busca generar nuevos conocimientos a partir del estudio de las interacciones entre las dimensiones ambientales, sociales, y biológicas de la salud, a través de un enfoque ecosistémico, junto a los actores locales, a través de múltiples dimensiones e interacciones a distintos niveles²⁷. El crecimiento urbano se acompaña de un aumento en la huella ecológica de las ciudades que incrementan el uso y la extracción de recursos, asociado a una mayor liberación de desechos (sólidos, líquidos y contaminación del aire). Si no se gestiona el crecimiento de manera correcta, las zonas urbanas mientras más grandes y concurridas sean, podrían ejercer presiones excesivas sobre su entorno y los ecosistemas más lejanos²⁸.

1.2.2 Esquema conceptual

Con el enfoque ecosistémico se procura el bienestar y la salud humana, a partir del conocimiento sobre la interacción e impacto de los factores ambientales, sociales y biológicos. La información revisada en relación al manejo de los residuos sólidos municipales o urbanos (MRSU) y su disposición final, incluye aspectos que deben ser abordados de manera integral, con miras a la sustentabilidad; las consecuencias del manejo desintegrado de los residuos sólidos, es una problemática que incluye desde la legislación, organización social y cultura ambiental, hasta los riesgos a la salud generados por el MRSU, tomando en cuenta, aspectos sociales y posibles factores de confusión ocasionados por otras fuentes de emisión de contaminantes y otros aspectos relacionados con los daños a la salud de la población, tal como se presenta en la figura 1.4., misma en la que se representa la información y su relación con los rellenos sanitarios y que se toma en cuenta para el desarrollo de este proyecto.

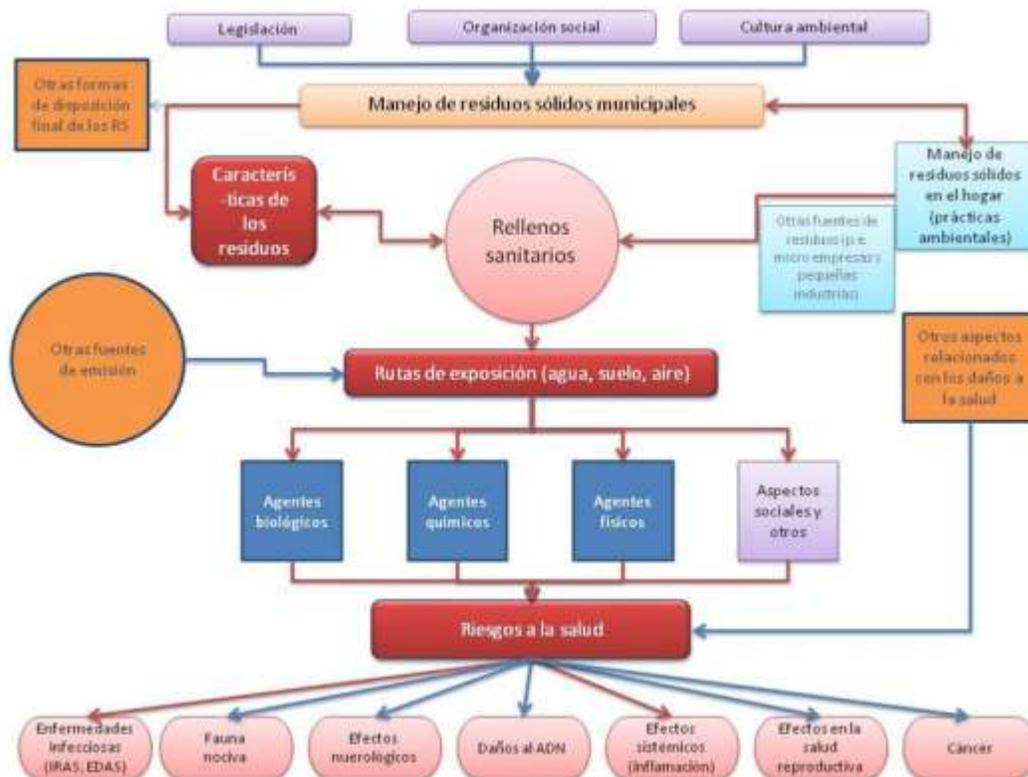


Figura 1.4. Esquema de conceptos relacionados con el Manejo de Residuos Sólidos Municipales en sitios de disposición final a cielo abierto (tiraderos de basura y rellenos sanitarios)

El manejo de los residuos sólidos municipales, como ya mencionamos anteriormente, debe realizarlo el gobierno municipal, para lo cual utilizan sus propios recursos y resulta muy variada su aplicación en los municipios, estados, en el país y a nivel global. Cada municipio define los reglamentos propios, la forma de organización social local y de cultura ambiental de la comunidad, por lo cual no todos los municipios en México, procesan los residuos sólidos de la misma manera²⁹. En Morelos, se cuenta con una Ley de Residuos Sólidos para el Estado³⁰ y hasta el momento, como se mencionó en el apartado 1.1.2, solo hay dos formas de disposición final de los residuos municipales, en rellenos sanitarios (7%) y en tiraderos de basura a cielo abierto (93%, ver tabla 1-2), sin que se considere la regulación para evitar la tira de basura clandestina en ríos y barrancas, así como otras formas de disposición final como la quema de basura de traspatio.

1.2.3 Rutas de exposición ambiental en rellenos sanitarios

Dada la naturaleza del problema, se hace necesario evaluar si los sitios de disposición final de residuos sólidos representan un problema para la salud pública, tanto a nivel ocupacional como poblacional.

Problemas similares se han analizado con métodos de evaluación de riesgos en sitios contaminados, misma que consiste en utilizar datos y observaciones sobre los efectos nocivos que pueden generar sustancias tóxicas o situaciones peligrosas hacia el medio ambiente y la salud, y valorar los riesgos que implican desde una perspectiva integral, tomando en cuenta que hay evidencia de que los productos generados a partir de la disposición final de los residuos sólidos por acumulación, pueden ser más dañinos que los productos originales³¹.

Los rellenos sanitarios, así como otros sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, son fuente de contaminación ambiental que se producen por realizar las actividades de la vida moderna, mejorar los procesos de producción y el desarrollo de los nuevos estilos de vida. Se conoce que la manera de deshacernos de los residuos no es la mejor, debido a que la acumulación de basura afecta al suelo, aire y mantos de agua, superficiales y subterráneos. Dentro de los riesgos potenciales de la disposición final de los residuos sólidos urbanos, se pueden incluir incendios y peligrosas explosiones, daño a la vegetación local, desagradables olores, contaminación de aire, suelos y aguas superficiales, así como una creciente contribución con el calentamiento global³².

La difusión de los contaminantes desde los rellenos sanitarios, se da a través del agua, suelo y aire, ya sea por el ingreso de lixiviados a las corrientes de agua superficial, la infiltración de éstos en el suelo

llegando a los mantos freáticos, por la evaporación de gases o por la emisión de humos por la quema de basura.

Exposición a contaminantes por agua.

González-Herrera y Cols., realizaron un estudio en el basurero municipal de la ciudad de Mérida, Yucatán³³, identificaron el comportamiento de la contaminación del agua subterránea afectada por los lixiviados de los desechos domiciliarios que se depositaban en el lugar, el cual no cuenta con recubrimiento impermeable en la base. Al cerrarse el sitio, en abril de 1998, se implementó un programa con la finalidad de identificar mecanismos de atenuación de contaminantes en el acuífero kárstico local, cuyo nivel freático se encuentra a escasos cinco metros debajo del nivel del terreno. Este programa dio como resultado una metodología para identificar si el monitoreo de la atenuación natural es efectivo o no en este ambiente, ya que se identificó una pluma de contaminantes en el sentido del flujo del agua subterránea la cual se extendía a menos de un kilómetro.

En el estudio conducido por Aluko y cols., en 2005, se describe un relleno sanitario en Nigeria, su funcionamiento, las características de los lixiviados y los afluentes de agua cercanos y sugiere que la emisión de lixiviados provenientes de los rellenos sanitarios, son una de las mayores fuentes de contaminación de las superficies y las aguas subterráneas en el mundo. Algunos de los problemas de salud que se han relacionado, han sido problemas en la producción agrícola, anomalías en el desarrollo, bajo peso al nacer, incidencia de leucemias y otros cánceres que se han presentado en las comunidades cercanas a estos sitios. Esto aunado a la presencia de riesgos al ambiente, pérdida de la biodiversidad y contaminación de las fuentes de agua³⁴.

En un estudio donde se utilizó el análisis y evaluación de riesgos, se demostró que el principal riesgo para la población era la ingesta de agua de pozo contaminada por los lixiviados generados en un relleno sanitario, en particular por el contenido de Cd en las aguas de la quebrada Tiquirani. Tal contaminación implica probables efectos adversos para los organismos que crecen en el agua y para la cadena trófica suelo-lombrices-aves de presa/mamíferos³⁵.

Exposición a contaminantes por suelo

Nduka y Cols., colectaron muestras de suelo de 5 sitios cercanos a tiraderos de basura en Awka, Nigeria y analizaron metales, encontrando en 2 sitios, niveles elevados de As y Pb y en otro, altas concentraciones de Fe y Na. Los niveles encontrados excedieron los límites establecidos por la USEPA.

El estudio sugiere que los tiraderos de basura en Awka pueden incrementar los niveles de metales pesados en el ambiente de Nigeria³⁶.

Goorah y cols.³⁷, en un estudio realizado en la República de- Mauricio, confrontan las enfermedades reportadas entre los pobladores vecinos de un relleno sanitario, en relación con una población control; en general, encontraron diferencias significativas en enfermedades específicas tales como: bronquitis, EPOC, síntomas de asma, irritación de la piel, nariz y ojos, problemas gastrointestinales y neurológicos; sugieren, a través de las razones de momios calculadas, diferencias en los efectos a la salud por género, sobre todo en lo que respecta a náuseas y dolor abdominal.

Bejar (2006) aisló *Escherichia coli enteropatógena*, *Salmonella typhi*, *Shigella flexneri* y *Yersinia enterocolitica* y estableció una relación directa entre el hallazgo de bacterias enteropatógenas y zonas de mayor grado de infestación (>20 moscas/hora de observación), las moscas fueron capturadas en basurales, mercados y periferias en Lima y Callao, Perú; de los trece distritos estudiados 61.5% resultó positivo con algún agente enteropatógeno bacteriano. Concluye, que las moscas ejercen el papel de **vector mecánico** en la transmisión de bacterias patógenas al humano y que ha sido un concepto que ha generado controversia, a pesar de existir ensayos que demuestran la contaminación de los insectos y su posterior recuperación a partir de ellos.

Exposición a contaminantes por aire.

Los estudios realizados en rellenos sanitarios, sugieren que la disposición de los residuos sólidos incrementa la frecuencia de enfermedades infecciosas. Do Nascimento (2002)³⁸ evalúa los principales aspectos ambientales y cadenas epidemiológicas de agentes infecciosos. Realiza una caracterización microbiológica de la basura sólida y establece criterios para la selección de los indicadores para evaluar la contaminación, entre los patógenos encontrados, menciona: *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Enterococos*, *Staphylococcus aureus*, *Mycobacterium tuberculosis* y *Hepatite*.

La basura municipal producida en los hogares, contiene aproximadamente el 30% de materia orgánica, lo cual constituye un excelente sustrato para el desarrollo de la vida de muchos microorganismos, tales como virus, bacterias, hongos y sus productos de descomposición: endotoxinas y $\beta(1\rightarrow3)$ -D-glucan mismos que pueden ser peligrosos para la salud.³⁹

En un estudio cuyo propósito fue determinar las concentraciones de endotoxina en aerosol a favor del viento de un sitio de la aplicación de biosólidos, encontraron que en sitios en los que el suelo estaba aerosolizado, se tuvo una mayor concentración de endotoxina con o sin biosólidos, lo que

sugiere que el origen de la mayoría de la endotoxina puede ser el suelo y demostró que los niveles encontrados estaban dentro de los rangos de preocupación sugerido por otros estudios y que esta área de investigación necesita más investigación⁴⁰.

Las emisiones evaluadas en el Botadero de Navarro, -sitio de disposición final de residuos sólidos en Cali, Colombia-, indican que el metano y el benceno se dispersan por acción del viento y que las concentraciones encontradas en la zona expuesta (mediana=2.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) superaron 48% de las veces el nivel máximo permitido para prevenir afectación en la salud y fueron mayores que en la zona control (mediana=1.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) donde sólo 22% de las veces se superó la norma. El metano presentó también un gradiente con concentraciones más altas en la zona expuesta que en la zona control, y hay evidencia de una mayor concentración de material particulado menor a 5 micras en la zona expuesta⁴¹.

Butt y cols., concluyen, en una revisión del estado del arte sobre las metodologías de evaluación de riesgos en rellenos sanitarios, que estos instrumentos han podido llegar a establecer relaciones concluyentes sólo en lo referente al estudio de los lixiviados, sin embargo, los rellenos sanitarios siguen siendo una de los principales medios de disposición de residuos, por lo que es importante desarrollar y aplicar metodologías de evaluación de riesgos de manera integral, que permitan la cuantificación del daño, tanto ambiental como poblacional; de tal forma que se logre identificar el conocimiento y las bases para desarrollar un marco teórico metodológico para el análisis de riesgos de manera integral⁴².

1.2.4 Efectos en la salud de la población

La toxicidad potencial de los residuos sólidos se ha evaluado a través de la caracterización de los lixiviados⁴³. En un estudio realizado en Yucatán, se identificó una pluma de contaminantes en el sentido del flujo del agua subterránea la cual se extiende a menos de un kilómetro⁴⁴. Se ha demostrado que los sitios de incorrecta disposición final de los residuos sólidos pueden abrigar parásitos que llegan a infestar los hogares de las poblaciones cercanas⁴⁵. Del mismo modo, se ha encontrado que dentro de los sitios de disposición de residuos a cielo abierto, se generan aerosoles biológicos⁴⁶ y que las mismas bacterias transportadas por moscas, existen en los basureros y en los alimentos que la población consume⁴⁷, así también se ha identificado infección por leptospira en perros⁴⁸ y la frecuencia de enfermedades diarreicas entre los pepenadores⁴⁹.

Se han realizado estudios en trabajadores de la basura (pepenadores, recicladores, recolectores)⁵⁰ y concuerdan en que esta población está en riesgo permanente de contraer enfermedades relativas a

su ocupación (infecciosas, toxicológicas, entre otras). En un estudio realizado en Nueva York en trabajadores de rellenos sanitarios, encontraron alta prevalencia de problemas respiratorios, dermatológicos, neurológicos y del oído⁵¹.

Boadi (2005)⁵², examina el manejo de la basura domiciliar y las prácticas de disposición en el Área Metropolitana de Accra, en Ghana, donde la infraestructura es inadecuada y más del 80% de la población no cuenta con el servicio de recolección domiciliar; la mayoría coloca sus residuos en espacios abiertos tales como barrancas. Entre los resultados de su estudio, encontró que el acumulamiento de basura en el hogar se asoció con la presencia de mosca casera en la cocina ($r=0.17$, $p<0.0001$). La presencia de mosca casera en la cocina durante la preparación de alimentos se correlacionó con la incidencia de diarrea infantil ($r=0.36$, $p<0.0001$). La inadecuada disposición de los residuos sólidos, resulta en indiscriminada quema y entierro de éstos. Se encontró asociación entre la quema de basura y la incidencia de síntomas respiratorios entre adultos ($r=0.25$, $p<0.0001$) y niños ($r=0.22$, $p<0.05$). Menciona que el pobre manejo y mala disposición de los residuos, es la mayor causa de contaminación ambiental, que es fuente de criaderos de organismos patógenos y del esparcimiento de enfermedades infecciosas.

Dentro de las investigaciones en salud pública, se ha observado que la inadecuada disposición de la basura, contribuye a la posibilidad de adquirir enfermedades infecciosas. Los sitios de incorrecta disposición final de los residuos sólidos, pueden abrigar parásitos que pueden llegar a infestar los hogares⁵³. Varios estudios epidemiológicos han mostrado un aumento en el riesgo de presentar problemas de salud entre las personas que habitan cerca de los rellenos sanitarios y en general de los sitios de de disposición final de los residuos sólidos urbanos.

1.2.5 Efectos a la salud por exposición a partículas

En México, se han realizado estudios que evalúan los efectos a la salud por contaminación del aire y la exposición a partículas suspendidas así como las características de su contenido y se han encontrado asociaciones importantes con la presencia de síntomas respiratorios, asma y disminución de la función pulmonar en niños^{54,55,56}.

Entre los efectos potenciales para la salud derivados por la exposición humana a las emisiones de los rellenos sanitarios, se encuentran las enfermedades de las vías respiratorias, así como los mecanismos gastrointestinales y los efectos en la piel. Se han realizado estudios para caracterizar las partículas que se suspenden durante el manejo de los residuos sólidos y se han encontrado diversos efectos a la salud, entre otros síntomas e inflamación de las vías respiratorias^{57,58}.

Koshy y cols.⁵⁹, mencionan la posibilidad de incremento en los efectos adversos a la salud entre las personas que habitan en las cercanías de los rellenos sanitarios. Estudia la exposición potencial a las emisiones de los rellenos sanitarios por mecanismos respiratorios, digestivos y dérmicos, específicamente en un relleno sanitario del Reino Unido en el que evalúa la emisión de PM₁₀ y partículas menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5})⁶⁰ y sus características fisicoquímicas, así como la bioreactividad de las partículas en comparación con otros ambientes urbanos; mediante un ensayo con una colección de micropartículas urbanas, de manera preliminar, indicaron que las PM₁₀ del vertedero por sus características geobiológicas y las PM₁₀ de zonas urbanas afectan de manera similar el tejido traqueobronquial del ser humano.

De Meer y cols.⁶¹, desarrollan uno de los primeros estudios que evalúan la salud de trabajadores de residuos en relación con la exposición a endotoxinas. Sus resultados son consistentes con experimentos *in vivo* que han demostrado un aumento en la respuesta de las vías respiratorias después de la exposición a endotoxinas, en particular en sujetos asmáticos, los trabajadores están expuestos a altos niveles de endotoxinas que pueden resultar en efectos sobre la salud respiratoria; este estudio describe los cambios en la función pulmonar y vías respiratorias durante una semana de trabajo en trabajadores de residuos domésticos orgánicos.

El estudio conducido por Liu⁶², observó como resultado principal una asociación entre la exposición a mayores concentraciones de endotoxinas en el aire y la inducción de citocinas y sugiere que los resultados encontrados pueden ayudar a la evaluación de los impactos en la salud por la endotoxina ambiental.

Se han realizado estudios en los que se relaciona la exposición a endotoxinas provenientes de residuos sólidos y la presencia de inflamación en vías respiratorias. Widmeier y Cols., realizaron un estudio que tuvo como objetivo examinar si la exposición a bioaerosoles y endotoxinas aumenta la concentración del valor de la proteína surfactante A (SPA) en el suero de los trabajadores de las aguas residuales y los recolectores de basura. Un propósito secundario fue examinar si los factores no ocupacionales, especialmente fumar y las enfermedades no ocupacionales pulmonares, son capaces de confundir los resultados de los estudios sobre las concentraciones séricas de SPA. Por último, se investigó la asociación entre la SPA y la espirometría. Menciona que es el primer estudio epidemiológico en el que se buscan tales asociaciones y encuentra mayor la exposición a endotoxinas en los trabajadores de aguas residuales que en los trabajadores de basura.

A continuación se explica cómo es el proceso por lo que las partículas pueden alterar las concentraciones de los marcadores de inflamación:

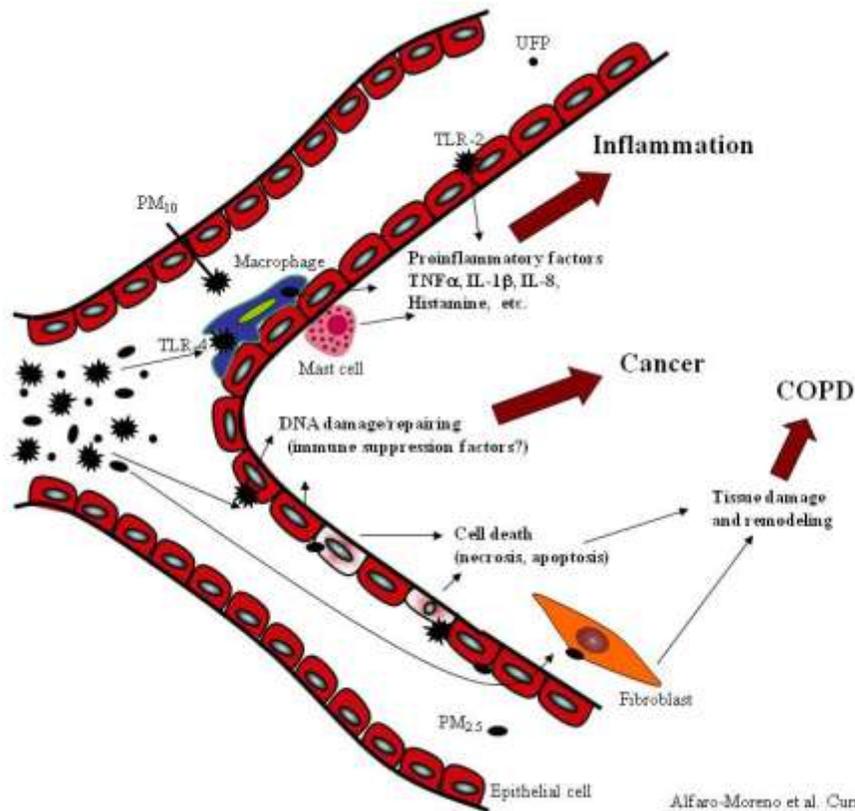
Inflamación

La inflamación es parte de las defensas inespecíficas internas que regulan la resistencia inespecífica que brinda protección contra una amplia gama de microorganismos patógenos y sustancias extrañas. Los mecanismos de protección de este tipo de respuesta funcionan siempre de la misma manera, a través de las barreras físicas y químicas externas (piel y mucosas) y de las defensas inespecíficas internas (proteínas antimicrobianas, células asesinas naturales y fagocitosis, inflamación y fiebre).

Existen diferentes mediadores que participan en los procesos inflamatorios y actúan en procesos de dilatación, constricción, aumento de la permeabilidad, estimulación para la adhesión y quimiotaxis, entre ellos podemos mencionar la histamina, la interleucina 8 (IL-8), interleucina 1 (IL-1), factor de necrosis tumoral alpha (TNF α), entre otros. Los leucocitos se unen a las células endoteliales y se dirigen al sitio de inflamación a través de la quimiotaxis. Cuando los agentes tóxicos ingresan al organismo, comienza la respuesta que convenga para la eliminación o degradación del agente.

En otro estudio realizado en Europa⁶³, estudiaron la prevalencia de síntomas respiratorios y la inflamación de vías aéreas altas en una población de colectores de basura doméstica y controles. Midió mediadores de inflamación en lavado nasal antes y después de una semana de trabajo, para evaluar efectos agudos asociados con exposición a polvo, endotoxinas y glucán. Muestran que puede haber un incremento en la inflamación de vías aéreas altas y síntomas respiratorios en los colectores de basura en comparación con la población control; sobre todo por el incremento de IL8 al final de la semana, misma que presenta una asociación positiva con la presencia de síntomas respiratorios.

La figura 1.7 muestra un esquema de cómo las partículas desde PM₁₀ o PM_{2.5} promueven el proceso inflamatorio. La exposición a material particulado puede tener diferentes resultados, incluyendo el deterioro de la función pulmonar, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), enfermedades alérgicas e incluso, cáncer pulmonar⁶⁴.



1.5 Diagrama de los posibles blancos y efectos en las vías aéreas por el material particulado (PM). Muerte celular (necrosis, apoptosis), secreción de factores proinflamatorios, daño al ADN, daño al tejido y remodelación. EPOC (COPD), generación de interleucinas (IL), receptor del tipo Toll (TLR), Factor de necrosis tumoral (TNF), partículas ultra finas (UFP)

En una revisión sistemática publicada a finales del año 2009 por Porta y Cols.⁶⁵, se encontró que la mayoría de la evidencia no era suficiente para establecer una relación contundente entre el manejo de residuos y los efectos a la salud. Dentro de los resultados, se describen situaciones que afectan la medición de los efectos en este tipo de estudio, como es el que la definición de los diferentes tipos de residuos está lejos de ser estándar alrededor del mundo; no hay un consenso de cómo medir la exposición, ni en como evaluar los resultados y se observa la presencia de confusión residual. Sin embargo, menciona que hay estudios que muestran datos interesantes y que deben ser tomados en cuenta.

2 JUSTIFICACIÓN

El estudio de los signos y síntomas de enfermedades respiratorias y de marcadores de inflamación no han sido estudiados de manera suficiente en México y en el mundo, no hay suficiente evidencia por lo que existe un vacío en el conocimiento. Se propone este estudio porque no queda clara la distancia

segura para la ubicación de los rellenos sanitarios y de las poblaciones, sobre todo en lo que se refiere a las características de las biopartículas, la dispersión en el aire y los efectos a la salud que ocasionan.

A nivel mundial, se han estudiado los efectos que la disposición final de los residuos sólidos urbanos tiene sobre el medio ambiente y se han hecho esfuerzos para establecer asociaciones entre la generación de contaminantes de estos sitios y la salud de las poblaciones; sin embargo, al ser un problema complejo para su estudio, la normatividad no se ha establecido en concordancia con los resultados. Tal es el caso de la NOM-083-SEMARNAT-2003⁶⁶, que en 1997 indicaba que no se podía establecer un sitio de disposición final de residuos sólidos a menos de 1.5 km de distancia de una población, mientras que la modificación de la misma NOM para el año 2004, cambió a medio kilómetro. Aun cuando hay estudios que demuestran que el área de influencia de un relleno sanitario, va desde 1 hasta 3 km.

La mayoría de los estudios en rellenos sanitarios han evaluado los riesgos ambientales y a la salud por los escurrimientos de lixiviados a las aguas superficiales y la evidencia que hay sobre contaminación por metales pesados ha sido por contaminación del agua y de suelo. La potencial contaminación generada por los rellenos sanitarios no siempre puede ser medida, sin embargo se coincide, tanto empírica como científicamente, que la basura puede resultar en emisiones peligrosas, no solo por la degradación natural de los residuos orgánicos, sino por la combinación de reacciones con plásticos, metales y compuestos orgánicos que son liberados al agua, suelo y aire.

El manejo de basura puede incrementar el riesgo de exposición a bioaerosoles y hay estudios que han demostrado que esto se asocia a efectos en la salud tales como síntomas respiratorios, de influenza y gastrointestinales. La contaminación por aire, se torna importante por el manejo que se da a los residuos sólidos en los sitios de disposición final, sea por resuspensión o incineración; existe una escasa evidencia sobre las características del material particulado generado en un relleno sanitario, la mayoría de los estudios se abocan a microorganismos (principalmente viables) y metales, sin embargo, es importante estudiar los microorganismos no viables, así como otros materiales como compuestos orgánicos y plásticos, entre otros; más que nada, por la composición de la basura desde su origen, la cual generalmente es desconocida (proveniente de viviendas, pequeñas industrias, etc.).

Se tiene contemplado evaluar algunas características de las partículas para determinar si las concentraciones de PM₁₀, endotoxinas y/o $\beta(1\rightarrow3)$ -D-glucan, puede utilizarse como un indicador de la exposición al manejo de los residuos sólidos, comparándolo con las zonas aledañas a los sitios de disposición final (relleno sanitario en este caso).

Hemos seleccionado a población (hombres y mujeres) de 18 a 40 años, debido a que, es la población en edad reproductiva; de su salud individual, dependerá la salud de las generaciones venideras y es la población a cargo de la manutención del resto de la población. Aunado a lo anterior, los investigadores participantes, consideramos que es importante en Salud Pública, iniciar una línea de investigación en torno a los daños a la salud de la población provocados por el manejo de los residuos sólidos, de una manera interdisciplinaria, ya que se observa un vacío en el conocimiento en lo relativo a la salud ambiental.

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Si bien se tiene información sobre los riesgos por exposición a contaminantes provenientes de los rellenos sanitarios y sus efectos subclínicos por exposición crónica. Según los estudios previamente revisados, la dispersión de contaminantes procedentes de los rellenos, se extiende desde uno hasta tres kilómetros de distancia, dependiendo de la dirección de los vientos y las fuentes de agua; sin embargo, la normatividad ha disminuido sus exigencias hasta permitir asentamientos humanos a medio kilómetro. Hay evidencia clara del problema ambiental que conlleva el manejo inadecuado de los lixiviados en cuanto a la contaminación de las aguas superficiales y en algunos casos, de las aguas subterráneas.

La evidente contaminación del suelo por la disposición final de los residuos sólidos y la resuspensión de partículas y generación de bioaerosoles, durante el manejo de los mismos, conlleva a la contaminación del aire local que logra dispersarse por la acción del viento. Al no existir suficiente información en México sobre los contenidos de las partículas que se generan en los rellenos sanitarios, es importante su estudio, incluyendo su componente de endotoxinas y $\beta(1\rightarrow3)$ -D-glucan.

El problema que se plantea en este estudio es, primeramente, determinar si las concentraciones de endotoxinas y $\beta(1\rightarrow3)$ -D-glucan se modifican por la distancia al relleno sanitario y si ésta última se relaciona con las concentraciones de los marcadores de inflamación de la población, así como con la incidencia de síntomas respiratorios.

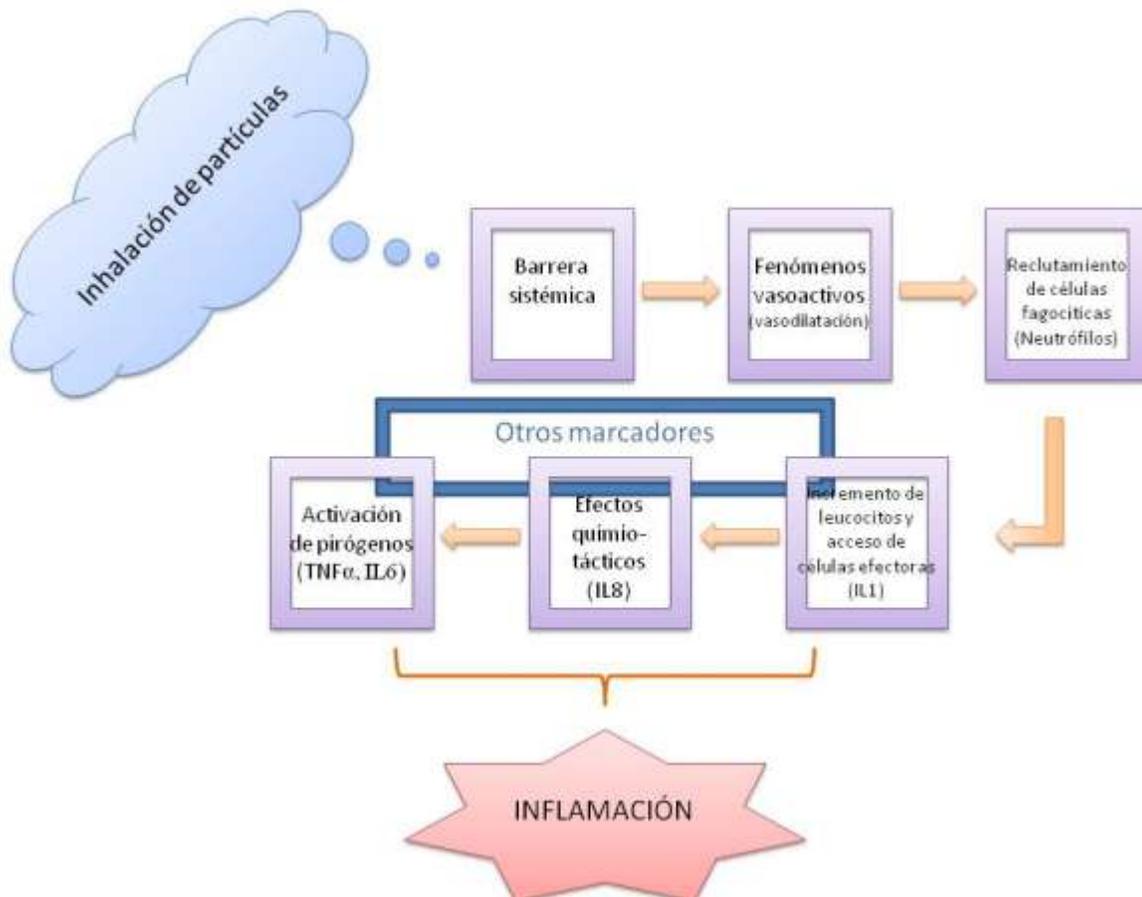
Ya que no encontramos suficiente evidencia, nos interesa dar respuesta a las siguientes preguntas.

3.1 Preguntas de Investigación

- ¿Qué características tienen los residuos sólidos (biológicas y químicas) que se depositan en el relleno sanitario “La Perseverancia” del Municipio de Cuautla, Morelos?

- ¿Qué características tienen las partículas (biológicas) que se suspenden por el manejo de los residuos sólidos en el relleno sanitario y en que concentraciones?
- ¿Existen diferencias en los marcadores de inflamación (TNF α , IL1 β , IL6 e IL8) entre las poblaciones en estudio en relación con la distancia al relleno sanitario?
- ¿Existe diferencia en la incidencia de síntomas respiratorios entre las poblaciones en relación con la distancia al relleno sanitario?

3.2 Esquema del problema



4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Estimar la asociación que existe entre el análisis gravimétrico de las partículas suspendidas PM_{10} y su contenido de endotoxinas y $(1\rightarrow3)\text{-}\beta\text{-glucán}$ con las concentraciones de marcadores de inflamación ($TNF\alpha$, $IL1\beta$, $IL6$ e $IL8$), así como en la incidencia de síntomas respiratorios en los trabajadores y en poblaciones aledañas a diferentes distancias del relleno sanitario “La Perseverancia” en Cuautla, Mor., desde una perspectiva de ecosalud.

4.2 Objetivos específicos

- 4.1 Realizar la caracterización ambiental del sitio: relleno sanitario “La Perseverancia” con una metodología de evaluación de riesgos
- 4.2 Analizar las concentraciones de las partículas suspendidas (PM_{10}) que se generan durante el manejo de los residuos sólidos en el relleno sanitario y colonias en estudio, incluyendo la cuantificación y diferenciación de esporas
- 4.3 Estimar si existen diferencias entre los marcadores de inflamación en las poblaciones en estudio en relación con la distancia al relleno sanitario
- 4.4 Estimar las diferencias en la incidencia de síntomas respiratorios en relación con la distancia al relleno sanitario

5 HIPÓTESIS

Con base en el estado del arte del problema planteado en los apartados anteriores, se derivan las siguientes hipótesis.

- I. Mientras más cercanas estén las viviendas al relleno sanitario, se incrementa la incidencia de síntomas respiratorios en la población.
- II. La distancia de la vivienda al relleno sanitario “La Perseverancia”, se asocia con las concentraciones de los marcadores de inflamación de los participantes, como son: neutrófilos, $IL-1\beta$, $IL6$, $IL8$ y $TNF\alpha$.
- III. Las concentraciones de endotoxinas y $(1\rightarrow3)\text{-}\beta\text{-glucán}$ en las partículas suspendidas en el aire evaluadas, son diferentes en las colonias ubicadas a menos de 2 Km de distancia del Relleno Sanitario que en las ubicadas a más de 2 Km del sitio.

6 CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente protocolo será sometido a evaluación por las comisiones de bioética, bioseguridad e investigación del INSP. Además de que, es parte del proyecto INSP #907 RIESGOS A LA SALUD EN MUJERES DE 18 A 39 AÑOS POR CONTAMINACIÓN GENERADA EN EL RELLENO SANITARIO “LA PERSEVERANCIA” EN CUAUTLA, MORELOS, el cual ya ha sido evaluado y aprobado por las comisiones mencionadas y cuyos oficios se muestran en el ANEXO A.

El manejo de residuos peligrosos biológico infecciosos, se manejarán de acuerdo a lo establecido en las normas vigentes⁶⁷.

En lo que se refiere a los resultados obtenidos sobre la caracterización del sitio, y la evaluación integral del riesgo en cuanto a la exposición de metales procedentes del relleno sanitario, se entregarán a las autoridades sanitarias y ambientales tanto del ámbito municipal como estatal. Al concluir el proyecto, los resultados reportados en el documento final, se presentarán ante las autoridades pertinentes tanto de la Secretaría de Salud del Gobierno del Estado como de los Servicios de Salud, así como la entrega en archivo PDF del reporte del trabajo final para incluirlo en la biblioteca virtual de los Servicios de Salud y en caso de encontrar algún riesgo para la salud en la comunidad, se notificará a la Comisión para la Protección Contra Riesgos Sanitarios del Estado de Morelos (COPRISEM), institución encargada de la comunicación de riesgo.

Para obtener la información de los participantes, como son las muestras de sangre y las entrevistas, se tomarán en cuenta las consideraciones éticas internacionales, solicitando consentimiento de la población participante, de manera informada y libre.

Se solicitará consentimiento informado a las personas que se inviten a participar como sujetos de estudio. Se mantendrá la conducta del grupo de trabajo de acuerdo con los principios éticos fundamentales definidos en el código ético para las enfermeras y enfermeros en México (SSA, 2001). Se seguirá como política del grupo, el devolver la información y eliminar de la base de datos a todo aquel sujeto en estudio que así lo solicite, la participación será libre y voluntaria.

La información recabada, sin nombres ni datos de identificación, de manera resumida y generalizada, será entregada a las autoridades de los Servicios de Salud de Morelos y del municipio de Cuautla. De manera particular, se entregará a las mujeres los resultados que se obtengan inmediatamente, tales como peso, talla, colesterol, glucosa, presión arterial y de los resultados de daño renal y funciones neurológicas, se les harán llegar cuando se encuentren fuera de rangos normales; si alguna

participante desea conocer otros de sus resultados, podrá solicitarlos por escrito y se les entregarán en cuanto sea posible.

Cuando se encuentren mediciones anormales en las/los participantes en el estudio, se enviará una carta a los servicios de salud del estado, con copia a los locales, para que estén en conocimiento de los hallazgos que se estén presentando durante el estudio. Es importante mencionar, que las autoridades de salud ya están en conocimiento de los objetivos del proyecto y han solicitado estar al tanto de los resultados.

Debido a que se ha solicitado la anuencia de la realización del proyecto ante la Secretaría de Salud del Gobierno del Estado; en caso de encontrar sujetos cuyos niveles de contaminantes rebasen los establecidos en la norma, se solicitará el apoyo de la COPRISEM para que conjuntamente se defina la estrategia que se deberá de seguir para notificar los parámetros encontrados, así como, hacerles la invitación para que acudan a la Unidad Médica correspondiente de la Jurisdicción No. III, para lo cual, con anterioridad se realizará la gestión pertinente para solicitar el apoyo en la atención médica de los sujetos cuyos niveles de colesterol y/o presión arterial, y/o funciones neurológicas, y/o funciones renales, y/o mediciones de peso y talla se encuentren fuera de los rangos normales establecidos. La notificación se les haría llegar, lo antes posible, una vez que hayan sido analizadas las muestras.

7 MÉTODOS

7.1 Diseño del estudio

Este estudio epidemiológico, tiene dos componentes. Primero, un estudio transversal para evaluar las concentraciones de marcadores de inflamación y otros factores bioquímicos, antropométricos y de estilo de vida de los sujetos en estudio, y segundo, un estudio longitudinal en el que se medirá la incidencia de síntomas respiratorios en relación con la exposición a partículas suspendidas y la distancia de las viviendas al relleno sanitario “La Perseverancia”.

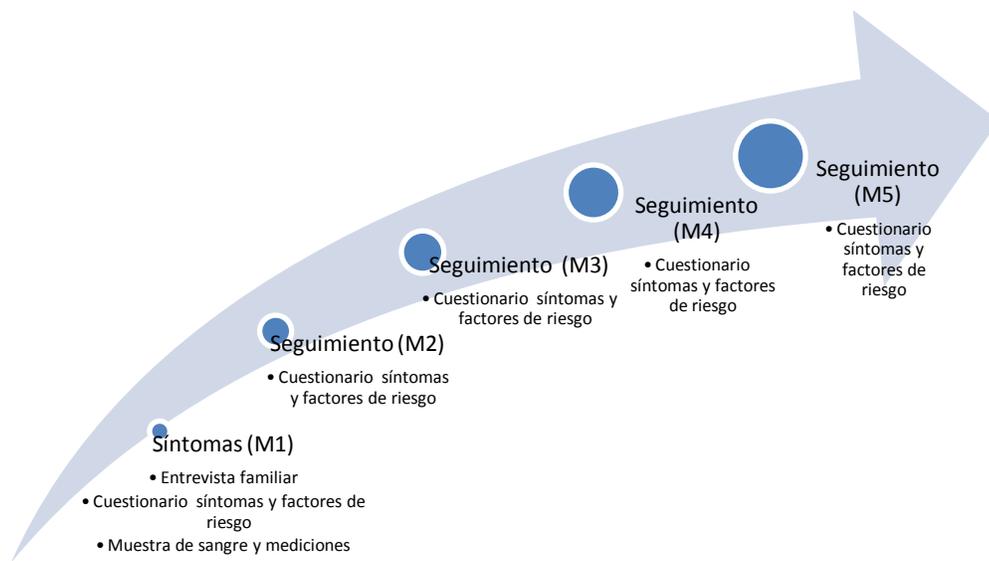


Figura 7.1. Diseño del seguimiento e instrumentos de medición

El estudio transversal se realizará en aquellos participantes que acepten que se les tome muestra de sangre; a éstos participantes y a los que acepten responder hasta completar el tamaño de muestra estimada, se les aplicará un cuestionario de presencia de síntomas respiratorios y otros factores de riesgo. Posteriormente, se realizará el seguimiento de la presencia de síntomas respiratorios de tres a cinco ocasiones con 4 a 6 semanas de diferencia cada uno, de la manera que se define en la figura 7.1, siendo que sólo en la primera medición se tomará muestra de sangre y antropometría.

7.2 Población en estudio

Se ha definido abordar una población de 18 a 40 años en el municipio de Cuautla, Morelos; los asentamientos humanos que se tomarán en cuenta como población expuesta, serán los ubicados a menos de 2 mil metros del relleno sanitario “La Perseverancia”, así como los trabajadores formales e informales del relleno, y se buscará como población control, aquella ubicada en un radio entre 2 mil y 6 mil metros⁶⁸. Las colonias de las cuales se seleccionarán a los pobladores que participarán en el estudio, se seleccionaron con apoyo de los datos meteorológicos, de acuerdo con la dirección predominante del viento, definida en la figura 6.2, en la cual se observa, con ayuda de la rosa de los vientos, las zonas que pudieran tener influencia de los vientos provenientes del relleno sanitario y las que no. La rosa de los vientos indica la dirección de donde provienen los vientos predominantes, que es del suroeste en su gran mayoría, por lo que se considera que la zonas más afectadas por la

transportación de las partículas a través del viento, es la ubicada al noreste a menos de 2 kilómetros de distancia lineal al relleno sanitario (cuarto círculo dibujado en la figura 6.2).

7.2.1 Definición de la población

Se definirá como población expuesta aquellas colonias seleccionadas cercanas al relleno sanitario (menos de 2 Km ubicadas en la dirección predominante de los vientos) y población control, las colonias lejanas (más de 2 km), en dirección predominante de los vientos, en contra y con orientación diferente a la frecuente. No se incluye una población control en contra de la dirección de vientos ya que por ser una zona agrícola, no hay asentamientos humanos en esa dirección.

Las poblaciones se seleccionarán dentro de un radio de 6 km a partir de la ubicación geográfica del relleno sanitario "la Perseverancia". De acuerdo al censo de población y vivienda del INEGI 2005, teniendo como centro el relleno sanitario, hay 55 colonias de las cuales hemos elegido cinco, mismas que se describen en la **Tabla 7-1**.

Básicamente se elegirán seis poblaciones de acuerdo con la dirección y velocidad de los vientos predominantes, siendo la distribución de la siguiente manera (en el mapa Fig. 7.2. se representan con una estrella azul para las colonias expuestas y verde para las colonias de la población control):

Población expuesta:

GRUPO I: Trabajadores del relleno sanitario (formales e informales)

GRUPO II: Habitantes de la colonia Ampliación Hermenegildo Galeana donde se encuentra el relleno (menos de 1.5 km)

GRUPO III: Habitantes de la colonia Empleado Municipal (menos de 1.5 Km, ubicada al noreste del relleno sanitario, en la dirección hacia donde soplan los vientos predominantes en esa zona)

Población control:

GRUPO IV: Habitantes de la colonia Ampliación Iztaccíhuatl de Cuautla, Mor., y Mixtlalcingo del Mpio. de Yecapixtla, Mor., (más de 2 Km, ubicada al noreste del relleno sanitario, en la dirección hacia donde soplan los vientos predominantes en esa zona)

GRUPO V: Habitantes de la colonia Benito Juárez, Cuautla, Mor., (más de 2 Km, ubicada al noroeste del relleno sanitario, en la dirección en la que casi no soplan los vientos en esa zona)

GRUPO VI: Habitantes de la colonia Niños Héroes, Ayala, Mor., (más de 2 Km, ubicada al suroeste del relleno sanitario, en la dirección opuesta a donde soplan los vientos predominantes en esa zona).

Como se mencionó anteriormente, no existe una población a menos de dos kilómetros en la dirección suroeste, que es la dirección en contra de los vientos predominantes.

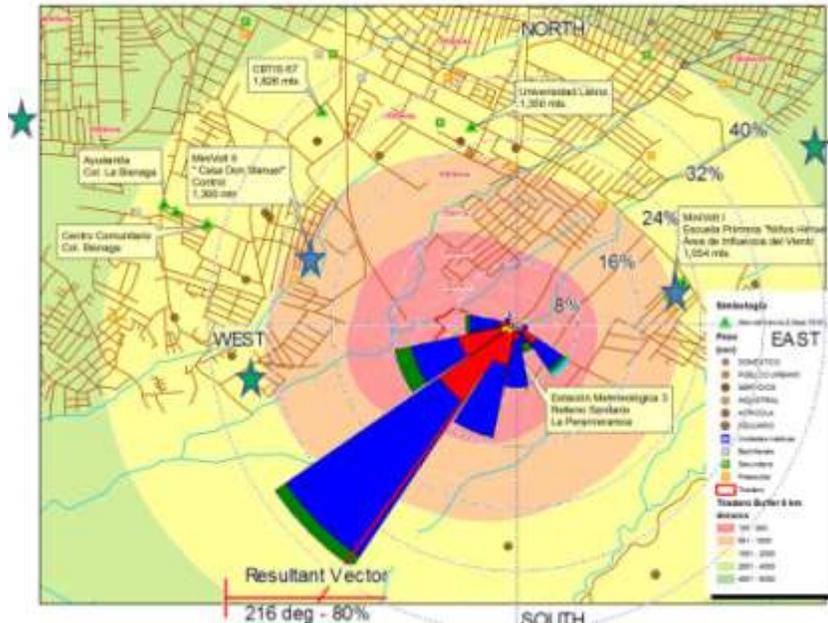


Figura 7.2. Ubicación del sitio y dirección de procedencia de los vientos predominantes (mapa elaborado por Ing. René Santos, INSP, Rosa de los vientos de propia creación con datos obtenidos durante el proyecto piloto)

Tabla 7-1. Datos relativos a poblaciones en los municipios y colonias seleccionadas de Morelos. Fuente: INEGI, 2005 y 2010^{*,†}.

Mpio	Población			Población de 18 a 59 años		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Ayala	78,866	38,186	40,680	45,652	19,267	26,074
Niños Héroes	546	269	277	271	119	152
Cuautla	175,207	83,676	91,531	107,182	43,360	62,100
Empleado Municipal	557	281	276	296	142	154
Ampliación Galeana Sur	86	46	40	41	18	23
Amp. Iztaccíhuatl	469	255	214	251	136	115
Total	254,073	375,935	132,211	152,834	74,512	88,174
Total colonias	1,658	851	807	859	415	444

* INEGI. Biblioteca digital. II Censo de población y vivienda 2005. En: <http://www.inegi.org.mx>

† Catalogo de localidades SEDESOL. En: <http://cat.microrregiones.gob.mx/catloc>

7.2.2 Proceso de muestreo

El mecanismo de reclutamiento, se realizó a partir de un censo familiar (como parte del diagnóstico de salud, planteado más adelante en otro apartado) mismo que se realizará en cada colonia seleccionada. A partir de éste, se identificarán las familias que integren a hombres y mujeres en la edad elegida. Con una técnica de muestreo estratificado se seleccionarán los posibles participantes del listado que se genere con el censo; en caso de no encontrar a las personas elegidas con los números aleatorios, se buscará población similar (rango de edad entre 18 y 39 años) en las casas vecinas, el número de habitantes seleccionados será proporcional al tamaño de las colonias elegidas.

Se visitará a la población seleccionada para ser invitada al proyecto cuando cumplan con los criterios de selección, para lo cual se utilizará un cuestionario de invitación; se les dará la información relativa al proyecto por escrito y se les explicará en caso de tener alguna duda. Serán registradas en el proyecto una vez que hayan firmado la carta de consentimiento informado. El cuestionario de invitación nos servirá también para identificar diferencias entre la población que participe en el estudio, la que no acepte participar y la que abandone o quede eliminada durante el desarrollo del proyecto.

La unidad elemental será la persona a encuestar de acuerdo con los criterios de selección establecidos, la invitación consistirá en darles una cita para acudir al centro de salud o lugar que corresponda en cada colonia, para que se le tomen sus datos antropométricos, presión arterial y la muestra sanguínea previa explicación, lectura y firma de la carta de consentimiento informado. Como beneficio inmediato se les entregará una hoja con sus datos antropométricos y de presión arterial y de ser posible, se les tomará glucosa capilar. Los resultados de la biometría hemática (BH) y química sanguínea (QS), se les hará llegar en la siguiente visita a su hogar, cuando se levante el segundo cuestionario de seguimiento o cuando estén listos los resultados y serán entregados por el personal de enfermería previamente capacitados para ello.

7.2.3 Criterios de selección

Tabla 7-2 Criterios de inclusión y exclusión de la población a estudiar.

INCLUSIÓN	EXCLUSIÓN
➤ Hombres y mujeres entre 18 y 39 años de edad cumplidos	➤ Tengan alguna situación mental que les impida participar en el estudio (no puedan decidir por sí mismos su participación)
➤ Habiten en una área dentro de 6 km de radio del relleno sanitario “La	➤ Padezcan alguna enfermedad neurológica y/o psiquiátrica clínicamente diagnosticada

INCLUSIÓN	EXCLUSIÓN
Perseverancia”	
➤ Sean sanas	➤ Estén embarazadas
➤ Firmen la carta de consentimiento	
Para el seguimiento (además de los anteriores)	
➤ Hayan participado en la medición basal	

7.2.4 Cálculo del tamaño de la muestra poblacional

De acuerdo con las variables de respuesta que se buscan, se hicieron los cálculos para establecer tamaño de muestra por tres técnicas: 1) cálculo del poder estadístico por regresión lineal simple para los marcadores de inflamación, 2) cálculo del tamaño de la muestra para estudios de cohorte con resultados dicotómicos para evaluar la presencia de síntomas respiratorios, y 3) cálculo del poder estadístico por regresión Poisson para evaluar la razón de riesgos por la comparación de las medias de ocurrencia del evento en dos poblaciones, a continuación se detalla cada uno de los procesos estadísticos mencionados.

1) Cálculo del poder estadístico por regresión lineal simple

Entre noviembre del 2011 y marzo del 2012, se realizó un estudio piloto para verificar si se encontrarían diferencias entre las poblaciones en los marcadores de inflamación. Se realizaron las mediciones en 37 varones de 18 a 39 años, aparentemente sanos, quienes quedaron distribuidos de la siguiente manera: 14 trabajadores y pepenadores del relleno sanitario, 13 habitantes de una colonia en la zona expuesta (a menos de 2 kilómetros de distancia del relleno sanitario) y 10 habitantes de una colonia en la zona control (a más de 2 kilómetros de distancia).

En las tablas (7.3, 7.4, 7.5 y 7.6), se describen los datos obtenidos de los marcadores de inflamación de interés y de donde se obtuvieron los datos para el cálculo del tamaño de muestra.

Tabla 7-3 Estadísticas descriptivas del proyecto piloto para el marcador de inflamación iL1β total y por sitio de evaluación con prueba de significancia estadística de Kruskal-Wallis.

Min	0.56	0.56	1.28	2.15	
Max	10.61	7.97	10.61	10.39	

iL1-β (pg/ml)	Totales	Sitio			Sig. Kruskal-Wallis
		Trabajador del relleno	Hab. col. Amp. Galeana	Hab. col. Benito Juárez	
N	36	13	13	10	0.018
Media	3.91	2.57	4.32	5.10	
D. Est.	2.68	2.14	2.82	2.61	

Tabla 7-4 Estadísticas descriptivas del proyecto piloto para el marcador de inflamación iL8 total y por sitio de evaluación con prueba de significancia estadística de Kruskal-Wallis.

Sitio

IL8 (pg/ml)	Totales	Trabajador del relleno	Hab. col. Amp. Galeana	Hab. col. Benito Juárez	Sig. Kruskal- Wallis
N	37	14	13	10	0.265
Media	17.75	15.80	19.56	18.11	
D. Est.	5.48	3.77	7.22	4.39	
Min	10.61	11.02	11.35	10.61	
Max	35.94	24.42	35.94	22.70	

Tabla 7-5 Estadísticas descriptivas del proyecto piloto para el marcador de inflamación iL6 total y por sitio de evaluación con prueba de significancia estadística de Kruskal-Wallis.

Sitio					
IL6 (pg/ml)	Totales	Trabajador del relleno	Hab. col. Amp. Galeana	Hab. col. Benito Juárez	Sig. Kruskal- Wallis
N	37	14	13	10	0.196
Media	4.98	2.62	5.91	7.09	
D. Est.	6.06	1.06	8.07	6.61	
Min	1.13	1.47	1.13	1.88	
Max	24.74	5.88	24.74	21.25	

Tabla 7-6 Estadísticas descriptivas del proyecto piloto para el marcador de inflamación TNF α total y por sitio de evaluación con prueba de significancia estadística de Kruskal-Wallis.

Sitio					
TNF α (pg/ml)	Totales	Trabajador del relleno	Hab. col. Amp. Galeana	Hab. col. Benito Juárez	Sig. Kruskal- Wallis
N	37	14	13	10	0.298
Media	25.69	24.79	26.18	26.33	
D. Est.	2.36	2.87	1.86	1.93	
Min	21.08	21.08	23.50	22.80	
Max	30.28	30.28	30.12	29.58	

De las muestras de sangre se obtuvo la biometría hemática (BH), química sanguínea (QS), glucosa en sangre y marcadores de inflamación (TNF α , IL1, IL6 e IL8), adicionalmente se evaluó la antropometría, presión arterial, cuestionario de invitación y síntomas respiratorios y entrevista familiar, previa explicación, lectura y firma de la carta de consentimiento informado.

Se calculó el poder estadístico con el programa **PS Power and Sample Size Calculations** Version 3.0, January 2009 Copyright © 1997-2009 by William D. Dupont and Walton D. Plummer.

Se seleccionó la opción para el cálculo de poder en estudios para ser analizados con regresión lineal simple, donde los grupos de comparación para cada biomarcador, fueron:

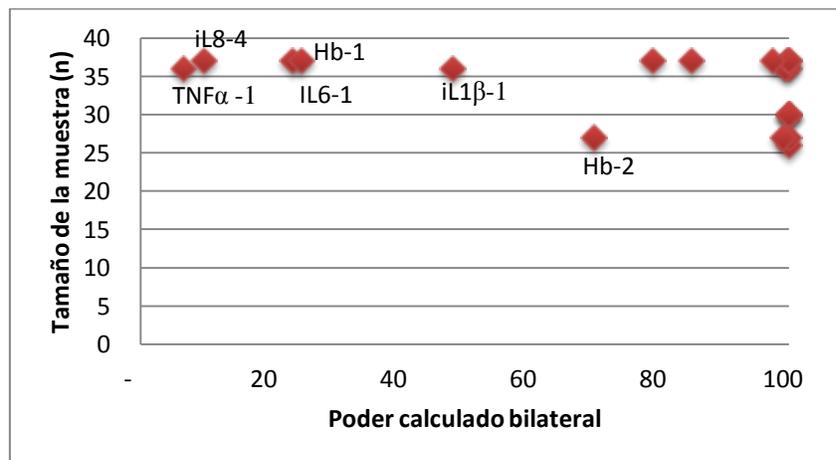
1: Colonia expuesta vs colonia control

2: Trabajadores vs colonia expuesta

3: Trabajadores vs colonia control

4: Trabajadores y colonia exp vs control

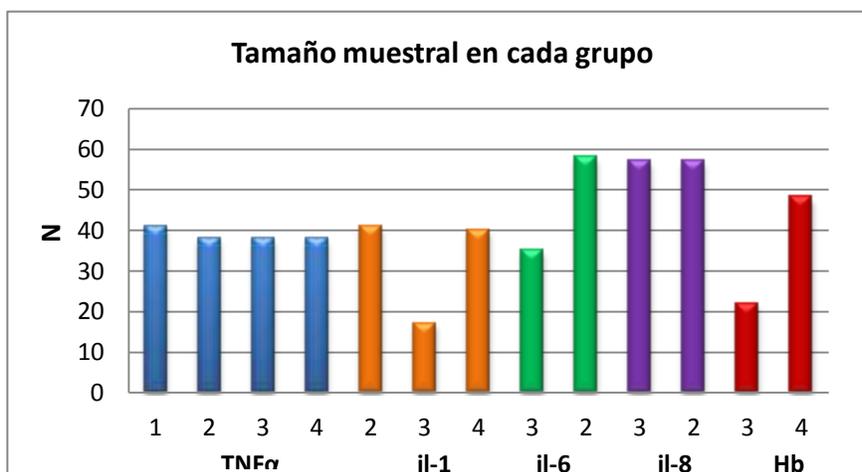
En la gráfica 7.1 se muestran los grupos que al ser comparados, siendo menores a n=40, obtendrán una potencia para el contraste de hipótesis mayor a 0.8. Se indica el biomarcador y grupo de comparación cuando el valor de 1- β es menor al .8 que se requiere para tener la capacidad de rechazar una hipótesis nula cuando esta sea falsa.



Gráfica 7-1 Tamaño de la muestra para estudios para ser analizados con regresión lineal simple con PS Power and Sample size calculation de acuerdo al poder estadístico calculado.

En la Gráfica 7.2 se definen los resultados del cálculo de poder para la comparación de dos medias⁶⁹, de acuerdo con la N calculada mínima para obtener un poder estadístico de al menos $1-\beta=0.80$, se estratificó la población en:

- grupo expuesto: (I, II y III) trabajadores del relleno sanitario y colonias seleccionadas que se encuentran a menos de 2 Km;
- grupo control: (IV, V y VI) colonias seleccionadas a más de 2 Km.



Gráfica 7-2 Tamaño muestral en cada grupo por biomarcador de acuerdo al cálculo propuesto por Pértega y Cols.

En el Anexo C, se describen los métodos que se utilizarán para el análisis de los marcadores de inflamación, ahí se explica que los kits que se utilizarán, nos permitirá analizar un máximo de 90 muestras, ya que se prepara la curva de calibración con al menos 16 pozos. Los cálculos efectuados, nos permiten suponer que en algunos casos, podremos obtener resultados con más del 80% de poder para comparar los grupos propuestos, sobre todo para los marcadores IL-8 e IL6. Sin embargo, es probable que no tengamos un poder suficiente para los otros biomarcadores, a menos que la asociación entre las variables sea mayor a la que propusimos en el cálculo.

2) Cálculo del tamaño de la muestra para estudios de cohorte con resultados dicotómicos

Se calculó el tamaño de la muestra para estudios de cohorte con resultados dicotómicos con el programa **PS Power and Sample Size Calculations** (Version 3.0, January 2009 Copyright © 1997-2009 by William D. Dupont and Walton D. Plummer), usando una continuidad con corrección estadística chi-cuadrado para evaluar la hipótesis nula. La variable respuesta que se consideró fue la presencia o

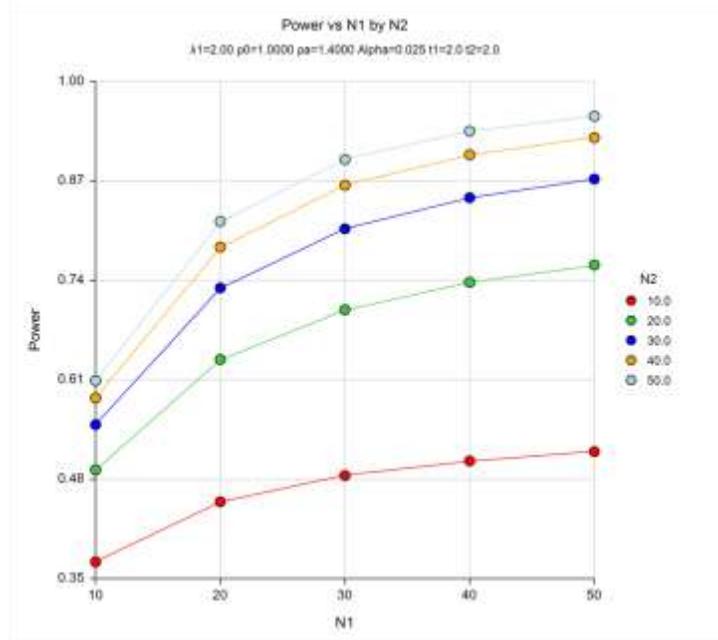
ausencia de síntomas respiratorios, la cual se pretende construir cuando la persona entrevistada indique haber tenido al menos un síntoma, por lo menos dos síntomas y tres o más síntomas.

Los datos que se indicaron al programa fueron: con un valor de $\alpha=.05$, un poder $(1-\beta)=.8$, una probabilidad de que se presenten síntomas respiratorios en la población control de $p_0=0.5$, una razón de 1.33 entre la población expuesta y control y un riesgo relativo probable de 1.5. El resultado obtenido fue una n de 58 sujetos para la población expuesta y de 78 para población control, tomando en consideración una tasa de no respuesta del 20%, tendremos que reclutar 70 personas entre la población clasificada como expuesta y 94 en la población control, lo que nos da un total de 164 sujetos para realizar el estudio de seguimiento.

3) Análisis de poder de la razón de dos medias con distribución Poisson

La prueba de poder se realizó con el programa PASS 11 (en versión de evaluación), los datos que se integraron al programa fueron los siguientes: la hipótesis nula es: $\lambda_2 / \lambda_1 = \rho_0$ y la hipótesis alterna: $\lambda_2 / \lambda_1 = \rho_a > \rho_0$, λ_2 el promedio de eventos en el grupo dos y λ_1 el promedio de eventos en el grupo 1; $\rho_0 = 1$ se refiere a la razón de λ_2 / λ_1 que se asume como hipótesis nula y ρ_a de 1.25 hasta 1.4, la que se asume como hipótesis del estudio o alterna. Se consideró una longitud en el tiempo de 2 para ambos grupos de comparación, los grupos que se tomaron en cuenta, fueron los mencionados en el apartado anterior. El valor asumido para λ_1 fue de 1 a 5 síntomas en promedio y el tamaño de la muestra N_1 y N_2 para cada grupo fue de 10 hasta 50 en intervalos de 10. El nivel de significancia fue de $\alpha=.025$ usando una prueba de una sola cola.

En la gráfica 7.3 se observa que para obtener un poder de $1-\beta \geq .8$, se requiere al menos una $n=30$ para cada grupo de comparación, teniendo un promedio de frecuencia de 2 síntomas respiratorias evaluados en 2 momentos en el tiempo.



Gráfica 7-3. Cálculo del poder con regresión Poisson con el programa PASS 11

Por los cálculos anteriores, consideramos que con una muestra $n_1=45$ y n_2 de 45 para el estudio transversal, será suficiente para rechazar la hipótesis nula de igualdad entre los grupos dado que sea falsa, mientras que para el estudio de seguimiento se obtendrán una n_1 y n_2 mínimas de 80. Tal situación no solo por el cálculo, ya que son varias las hipótesis que se han planteado, sino por las propias limitantes logísticas y presupuestales del estudio.

7.3 Medición del evento de estudio

7.3.1 Marcadores de inflamación

Muestras de Sangre

Se tomará una muestra total de 16 ml de sangre, con el sistema Vacutainer; se recolectarán 4 ml en 1 tubo vacutainer con EDTA (tapa morada) para la Biometría Hemática (BH) y 2 tubos para serología, sin anticoagulante, con gel separador, en plástico, transparencia cristal, con el interior recubierto de silicona y activador de coágulo, con un volumen aproximado de aspiración de 5.0 ml, de 13 x 100 mm, con tapa de seguridad HEMOGARD y tapón siliconado hemorrepeleante (tapa amarilla) para procesar los sueros en los cuales se procesarán la química sanguínea (QS) y los marcadores de inflamación. Los tubos con EDTA, se agitarán de 8 a 10 veces y se deberán refrigerar a -4°C para su envío al laboratorio en las siguientes 24 horas, ya que deben procesarse dentro de las primeras 48 horas.

Los tubos sin anticoagulante se deberán centrifugar en campo, durante 15 minutos a 1500 RPM[‡]; con ayuda de una pipeta plástica estéril, se colocará el suero en un vial de plástico de 1.5 ml. Las muestras destinadas al análisis de los marcadores de inflamación, deberán almacenarse a -70°C para posteriormente enviarse al Laboratorio del INCAN para su análisis.

Análisis

Las muestras serán analizadas en el Laboratorio de Diagnóstico Clínico de la Facultad de Farmacia de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (FF-UAEM) para los marcadores de biometría hemática (BH) y química sanguínea (QS), así como las concentraciones de glucosa en sangre. Los marcadores de inflamación (TNF α , IL1, IL6, IL8 e IL10) serán procesados para su análisis en el Laboratorio de Toxicología del Instituto Nacional de Cancerología (INCAN) por medio de ELISA con kits marca *invitrogen* específicos para cada biomarcador.

7.3.2 Incidencia de síntomas respiratorios

Se aplicará una batería de cuestionarios con preguntas abiertas, estructuradas y semi- estructuradas para reconocimiento de características socioeconómicas, de prácticas ambientales, características heredo-familiares, actividad laboral y física, características personales que incluyen factores de exposición a diversas fuentes de contaminantes. El cuestionario de riesgo que se aplicará a hombres y mujeres, incluirá los factores de confusión conocidos, de acuerdo con los antecedentes mencionados en este documento.

- 1) **Carta de consentimiento**
- 2) **Entrevista familiar**
- 3) **Cuestionario individual de seguimiento de síntomas respiratorios**

Se aplicará un cuestionario inicial a los participantes para determinar la prevalencia de síntomas respiratorios en la población. Se procurará que los participantes en el estudio sean los mismos que participarán en el estudio transversal. Se aplicará un cuestionario de variables confusoras y de síntomas respiratorios de las semanas previas (específicamente 15 días), una vez cada cuatro o cinco semanas, para determinar la incidencia acumulada de síntomas respiratorios.

7.3.3 Otras variables

Antropometría

Mediciones

[‡] Revoluciones por minuto

Las mediciones que se realizarán a la población, las efectuará el personal de enfermería, previamente estandarizado mediante el método de Habbitch⁷⁰, se utilizará para la medición de la estatura en centímetros (cm), un estadímetro portátil marca Seca con precisión de 0.1 cm y para la medición del peso corporal en kilogramos (Kg) una báscula solar digital marca Tanita con incrementos de peso de 0.1 Kg.

Interpretación

Una vez obtenidas las mediciones se calculará el índice de masa corporal (IMC=peso/talla cuadrada Kg/m²) estado nutricional de los participantes, siendo: emaciación (<17), peso bajo(<20), normal (entre 20 y 25), sobrepeso(>25), obesidad en tres niveles (>30, 35 y 40).

7.4 Medición de la exposición

7.4.1 Partículas PM₁₀, Endotoxinas y (1→3)-β-glucán

El muestreo de partículas menores de 10 μm (PM₁₀) se realizó con el equipo portátil Mini-Vol (Airmetrics, Springfield Oregon, USA) (Fig. 3). La técnica de muestreo utilizada por el Mini-Vol es una modificación del método de referencia estándar para PM₁₀ descrito en el Código de Regulación Federal.

El análisis gravimétrico de PM₁₀, PM_{2.5} se realizará con variación diaria-estacional, los filtros se estabilizarán en el laboratorio a 50% HR[§] y temperatura de 20-22°C y se pesarán antes y después del muestreo.

Para el análisis de Endotoxinas y Glucán se utilizará el equipo Pyros KinetixR Flex y el PyrosR EQS Software, los cuales se combinan para completar el sistema 21 CFR Part 11, para eficientar y precisar las pruebas de endotoxinas.

7.4.2 Caracterización de esporas y densidad óptica

Las placas para evaluar las concentraciones de partículas por densidad óptica se tomarán utilizando equipo Burkhard Para el análisis de aeropartículas no cultivables (esporas y pólenes), se realizarán lecturas en un densitómetro que permitirá evaluar la variación diurna-nocturna, así como la diurna y estacional, la cual se realiza por conteo al microscopio óptico.

[§] Humedad relativa

7.4.3 Partículas viables

Para el análisis microbiológico, se determinó la concentración de propagulos fúngicos (EMA), bacterias totales (TSA), gram negativas y se seleccionaron muestras para su identificación a género o especie. Las colonias que se desarrollaron en los medios fueron reportadas como UFC/m³^{71,72}.

7.4.4 Mediciones ambientales de lixiviados, suelo, agua

Durante ésta primera etapa, se elegirán los puntos de muestreo ambiental en los diferentes medios: lixiviados, suelo, agua y aire. En la figura 7.2, podemos observar los mecanismos potenciales de contaminación ambiental tomando como fuente de exposición el relleno sanitario; se indican las rutas potenciales de exposición, así como las vías por las que ingresan los contaminantes a los receptores potenciales.

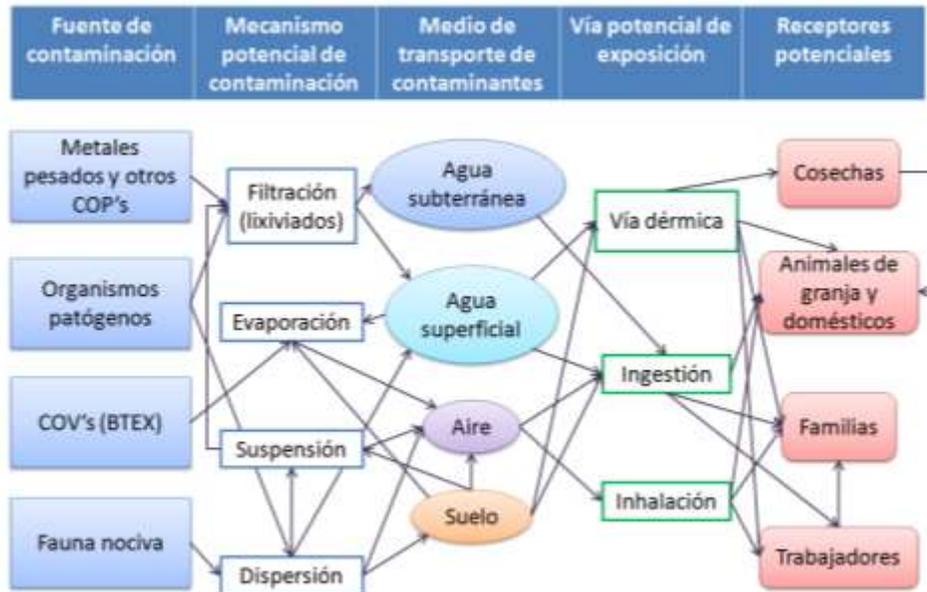


Figura 7-3. Esquema que representa un modelo de exposición general de contaminantes derivados de depósitos de basura a cielo abierto⁷³.

Lixiviados

Muestreo

Se coleccionarán muestras de lixiviados en diferentes puntos previamente seleccionados, contemplando la laguna de evaporación de lixiviados, los efluentes y escurrimientos encontrados. El muestreo de lixiviados se hará para su caracterización, tanto en el período de estiaje como de lluvias.

Se colectarán muestras del lixiviado en diferentes sitios alrededor del relleno sanitario en envases de polietileno previamente lavados con agua acidulada y enjuagados con agua desionizada. En caso de que se requiera realizar análisis de compuestos orgánicos se tomarán también muestras en envases de vidrio tapados con papel aluminio, previamente enjuagados con alcohol. En campo se determinará la temperatura, el pH y la conductividad eléctrica al momento del muestreo. Las muestras se conservarán a < 4° C hasta su procesamiento en laboratorio.

Análisis

Para la caracterización de los lixiviados se medirán los parámetros contemplados en la NOM-083-SEMARNAT-2003 para su monitoreo: potencial de hidrógeno (pH) demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DBO) y metales pesados⁷⁴. Así como, los recomendados en el Manual Técnico-Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal⁷⁵ y los que se establecen la NOM-001-ECOL-1996 para los contaminantes de las descargas de aguas residuales y bienes nacionales⁷⁶.

Los análisis microbiológicos se harán en el Instituto de Ecología y los físicos y químicos en el laboratorio del Instituto de Geofísica de la UNAM. Se hará análisis microbiológico en el laboratorio del instituto de ecología de la UNAM, donde se caracterizarán los microorganismos. Dentro del análisis fisicoquímico se medirán: ph, temperatura y conductividad; los metales se medirán con ICP-MS en el laboratorio del Instituto de geofísica de la UNAM. En laboratorio de determinarán los parámetros enlistados en el **cuadro 7.1** con los métodos ahí descritos.

Suelo

Se colectarán muestras compuestas de la superficie del suelo y de horizontes más profundos con una barrena en áreas aledañas al sitio, siguiendo transectos y muestreando a distintas distancias de la fuente en dirección dominante del viento así como en contra de la dirección dominante del viento. En laboratorio, previo secado al aire, tamizado (< 2mm) y molido fino (molino con envase de ágata) se determinarán las concentraciones de metales pesados (extracción ácida con aqua regia, método ISO 11466) con horno de microondas y determinación por ICP-MS o por espectroscopía de absorción atómica de flama, según las concentraciones en las muestras. También se ubicarán sitios control, fuera del área de influencia del tiradero, cuidando que correspondan a unidades de suelo comparables, para establecer los niveles de fondo de la zona.

Tabla 7-7. Métodos para determinar los contaminantes inorgánicos en las muestras de lixiviados y suelos.

Parámetro	Método
-----------	--------

	Muestras de lixiviados	Muestras de suelo
pH	Potenciómetro WTW Instruments	Extracto acuoso relación sólido:solución 1:2.5 y medido con potenciómetro
Conductividad eléctrica	Electrométrico (Conductímetro WTW Instruments)	Extracto acuoso relación sólido:solución 1:2.5 y determinación electrométrica
Metales solubles	Espectrometría de masas Agilent 7500CE con fuente de ionización por plasma inductivamente acoplado (ICP-MS). Método EPA 6020 A (SW-846, versión 2007).	Espectrometría de absorción atómica Perkin Elmer 3010 en extracto acuoso 1:2.5
Metales totales	Espectrofotometría de absorción atómica Perkin Elmer 3010 en muestra total digerida en horno de microondas MARS HNO ₃ , H ₂ O ₂ y HCl concentrado (método EPA 3050b).	Espectrofotometría de absorción atómica en muestra digerida con agua regia (método ISO 11466)
Carbono y nitrógeno	Determinación en muestras líquida directa usando un determinador elemental de C, N, H S (Perkin Elmer)	Determinación en muestra sólida directa usando un determinador elemental de C, N, H S (Perkin Elmer)
Aniones mayores	Determinación en muestras líquida directa usando un cromatógrafo de líquidos (iones) WATERS	Determinación en extracto acuoso relación 1:2.5 usando un cromatógrafo de líquidos (iones) WATERS
Cationes mayores	Determinación en muestra líquida directa usando espectrofotometría de absorción atómica	Determinación en extracto acuoso relación sólido:solución (1:2.5) usando espectrofotometría de absorción atómica (Perkin Elmer)

Agua

Muestreo

Los puntos de muestreo se determinarán en conjunto con el grupo de trabajo.

Para la detección de virus se tomarán muestras de 100 L de agua directamente en pozos de extracción y en tomas domiciliarias. Las muestras serán transportadas al Laboratorio de Ecología Química de la UNAM, donde se procesarán.

Se coleccionarán muestras en los afluentes que corren por las dos barrancas que circundan al relleno sanitario en diferentes épocas del año, aguas arriba y abajo del relleno en envases de polietileno previamente lavados con agua acidulada y enjuagados con agua desionizada. En caso de que se requiera realizar análisis de compuestos orgánicos se tomarán también muestras en envases de vidrio tapados con papel aluminio previamente enjuagados con alcohol. En campo se determinará la temperatura, el pH y la conductividad eléctrica al momento del muestreo. Las muestras se conservarán a < 4° C hasta su procesamiento en laboratorio.

También se colectarán muestras de agua de pozo dentro del área de influencia del relleno sanitario. Para ello se determinará la dirección del flujo del agua subterránea en la zona y se estudiará la estructura del acuífero. Se consultarán los inventarios de pozos de agua de la zona y se seleccionará a aquellos que pudieran encontrarse influenciados por el relleno así como pozos que se encuentren claramente alejados de la zona de influencia del relleno. Se tomarán muestras en diferentes épocas del año. Previo a la toma de muestra se dejará correr al agua durante por lo menos 15 minutos. Las muestras se colectarán en envases de polietileno previamente lavados con agua acidulada y enjuagados con agua desionizada. Una submuestra se filtrará en campo a través de filtros de membrana $<0.22 \mu\text{m}$ y se estabilizará añadiendo 1 ml de ácido nítrico ultrapuro.

Análisis

En campo se determinará la temperatura, el pH y la conductividad eléctrica al momento del muestreo en una submuestra independiente.

La concentración se realizará por medio de ultrafiltración en dos etapas; el volumen del concentrado de la primera etapa será de 150 mL y de la segunda etapa 2 mL.

Para contar con información básica de la calidad microbiológica del agua muestreada con respecto a lo establecido por la NOM-127 SSA1-1994⁷⁷, se determinaran conteos de bacterias indicadoras por métodos estandarizados de filtración por membrana (APHA, 2005. Standard Methods).

La caracterización química de las muestras de agua se realizará en el Instituto de Geología de la UNAM. Para la determinación de metales traza, se utilizará un ICP de masas.

La detección de virus se realizará de la siguiente manera:

- *Extracción de RNA y RT-PCR*

El RNA viral será extraído de las muestras concentradas utilizando el QIAmp viral RNA mini Kit (Qiagen) de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Una vez extraído el RNA y con el propósito de evitar pérdidas por degradación, inmediatamente se sintetizará cDNA a partir de la reacción de la transcriptasa reversa (Invitrogen).

Los segmentos que se amplificaran por PCR corresponden a las regiones conservadas que codifican para VP7 en el caso de rotavirus, VP1 para hepatitis A y la región 5' no codificante para enterovirus.

- *Secuenciación*

Los productos de PCR serán purificados y se enviarán a secuenciar al Instituto de Fisiología Celular o al Instituto de Biología, ambos de la UNAM. En estos Institutos se ofrece el servicio de secuenciación de fragmentos de DNA utilizando métodos de secuenciación automática capilar (ABI PRISM).

○ *Detección de bacteriófagos*

La detección de bacteriófagos se realizará por el método de doble capa de agar utilizando como base el método estandarizado ISO 10705. Las cepas bacterianas que se infectarán son *Escherichia coli* K12, *Escherichia coli* HS y *Salmonella thyphimurium* WG49.

7.4.5 Inventario de los residuos sólidos que se reciben en el relleno sanitario.

Para realizar el inventario de residuos sólidos, se tomará en cuenta la metodología para la determinación de la composición física de los residuos sólidos, establecida por Cantanhede (2005)⁷⁸, se tomarán aleatoriamente unidades de basura en las que se determinará la composición física, misma que consiste en lo siguiente:

1. Los residuos se colocan en una zona pavimentada sobre un plástico
2. Se forma un montón y se revuelve y trozan los residuos mayores a fin de homogeneizar la muestra, a fin de que quede de una altura de 15 cm para que sea manipulable
3. Se divide el montón en cuatro partes (método de cuarteo) y se escogen las dos partes opuestas para formar un nuevo montón más pequeño. Se vuelve a mezclar la muestra menor y se divide en cuatro partes nuevamente, luego se escogen dos opuestas y se forma otra muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra de 50 kg de basura o menos.
4. Entonces se separarán y clasificarán en:
 - ❖ papel y cartón
 - ❖ madera y residuos de
 - ❖ plantas
 - ❖ restos de alimentos
 - ❖ plásticos
 - ❖ metales
 - ❖ vidrio
 - ❖ otros (caucho, cuero, tierra, etc.)
5. Se clasifican los componentes en recipientes pequeños de 50 litros. Se pesan los recipientes pequeños vacíos en una balanza de menos de 10 kg antes de empezar la clasificación. Los

recipientes se pesan con los diferentes componentes una vez concluida la clasificación y por diferencia se determina el peso de cada uno de los componentes.

6. Se calcula el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en un día (Wt) y el peso de cada componente (Pi)
7. Se calcula un promedio simple para determinar el porcentaje promedio de cada componente, es decir, se suman los porcentajes de todos los días de cada componente y se dividen entre el total de los siete días de la semana.

Esta información se contrastará con la revisión de las bitácoras (que se manejan desde noviembre de 2009) para clasificar el origen de los residuos que se reciben en el relleno sanitario.

7.5 Componente social

7.5.1 Diagnóstico de salud poblacional

Definiciones

Como fundamento para desarrollar el diagnóstico, se toman en cuenta las siguientes definiciones:

Diagnóstico de la situación de salud (DSS): Es aquella forma de diagnóstico en que el objetivo básico es la identificación de los problemas principales de salud de la comunidad, su priorización y el análisis de sus mecanismos causales. El DSS es el proceso interdisciplinario mediante el cual se describe y analiza la situación concreta de salud-enfermedad de una comunidad, se identifican sus problemas, estableciéndose prioridades, todo ello como pasos previos para lograr el propósito fundamental del DSS que es el de permitir adoptar un plan de intervención que, perspectivamente con medidas específicas y a plazos determinados, permita mejorar el estado de salud de la comunidad en que se ejecuta⁷⁹.

El diagnóstico de la comunidad: En un área programática sirve como punto de partida para:

- La programación;
- El entendimiento de las prioridades de la comunidad (necesidades de salud) y los problemas de salud mas graves/frecuentes;
- Poder establecer una colaboración continua entre la comunidad y el servicio de salud (participación comunitaria)
- Adaptar el comportamiento del personal de salud y la tecnología médica utilizada a las características específicas de la comunidad⁸⁰.

Evaluación de la salud de la comunidad: Identificación de las fuerzas positivas y negativas en la salud social.

Salud de la comunidad: es función de la energía, la individualidad y la relación de la comunidad como un todo, así como de la relación entre las personas y los grupos dentro de esa comunidad. La salud de los individuos se refleja en la salud de la comunidad, y la salud de la comunidad se refleja en la salud de sus miembros⁸¹.

Evaluación de la comunidad: La evaluación de la salud en la comunidad es el proceso de definir a la misma como un sistema, identificando los atributos de sus componentes y describiendo los patrones y la organización de ésta en referencia a su nivel de buena salud⁸².

Valoración familiar: identificación del estado de salud de cada uno de los miembros de la familia, mediante la aplicación del formulario "Valoración familiar" directamente donde reside la familia y cuyo informante será la madre, la pareja o cualquier miembro de la familia, mayor a 15 años.

Familiograma: Instrumento que permite identificar el tipo de familia, la composición familiar, almacenar datos sobre fechas de nacimiento, muerte, matrimonios, problemas familiares repetidos, triangulaciones, herencias entre otros.

El diagnóstico de salud familiar, es una tarea que ofrece la base para la construcción del perfil epidemiológico en la población afiliada en determinada localidad, como herramienta fundamental para la identificación de la morbilidad, mortalidad y demás aspectos que determinan el estado de salud de la población, pero este enfoque, no puede confundirse con un simple listado de causas de la enfermedad y muerte. El perfil señala y orienta sobre el conjunto de procesos que condicionan la salud y la enfermedad, lo cual permite optar por acciones de intervención en los aspectos de promoción, educación, prevención, atención, remisión para tratamiento y recuperación⁸³.

Diagnosticar significa conocer la situación real de la salud, conocimiento que se obtiene después de interrelacionar los elementos que intervienen en forma directa o indirecta y que se expresa en forma de conclusión derivada del sujeto o sujetos que lo elaboran⁸⁴

Obtención de la información

Previa capacitación de los encuestadores en el levantamiento de croquis y la aplicación de la entrevista familiar, se visitarán las viviendas de las colonias seleccionadas. Las entrevistas se aplicarán a los adultos que acepten responder las preguntas. No se encuestarán menores de edad ni personas que no tengan la capacidad e independencia para responder las preguntas. A partir de las entrevistas se asignarán los números de folios y se tomará como censo para seleccionar a la población participante en los estudios transversal y longitudinal.

7.6 *Análisis de la información*

El análisis estadístico, es un componente primordial dentro del estudio, ya que se irá realizando paralelamente con el proyecto. Es importante precisar que se hará de diferentes maneras: En primer lugar se hará la descripción de la caracterización del sitio; posteriormente, se analizarán los datos del sistema de información geográfica, en tercer lugar se hará el análisis descriptivo de la información de la población en estudio para el estudio transversal y para el estudio longitudinal, y por último, se realizarán los modelos de regresión, lineal, logística y Poisson que apliquen dependiendo de la variable respuesta. En los apartados siguientes se detallan los procedimientos que se realizarán.

7.6.1 *Caracterización del sitio*

Una vez determinados los posibles contaminantes, se procesarán estadísticamente de manera descriptiva y se realizarán análisis bivariados por zonas de muestreo contrastando con los datos meteorológicos. Para el procesamiento estadístico se utilizarán los programas Excel, WRPlot View, ArcGIS, Stata V.11 y SPSS V15.

Se generará una base de datos por fecha con los datos meteorológicos, de aire, agua, lixiviados y suelo, a partir de esa base se revisarán, en primer lugar, los datos de referencia de cada elemento analizado para evaluar si existen riesgos ambientales específicos. En segundo lugar se harán las correlaciones pertinentes para ver si existe influencia entre las rutas de exposición. A partir de la información ambiental obtenida dentro del relleno sanitario, se evaluará la información ambiental obtenida fuera del relleno sanitario para identificar las áreas de influencia.

Áreas de influencia

Básicamente, las áreas de influencia ambiental del relleno se deberán limitar a aire, suelo y agua.

Aire

Para determinar las áreas de influencia por aire, se compararán las concentraciones de partículas en el relleno sanitario y en dos sitios en diferentes direcciones cercanas al relleno sanitario. Se identificarán los vientos predominantes en el sitio (vientos con frecuencia mayor al 40% durante el día) y estratificados por horarios (0:30 a 6:00, 6:30 a 12:00, 12:30 a 18:00 y 18:30 a 24:00) de tal manera que se pueda establecer el horario en que ocurren las mayores concentraciones de partículas. Para hacer esto, se tomarán los picos máximos de densidad óptica obtenidos con las partículas impactadas obtenidas con el equipo Burkard.

Agua

A partir de las muestras de lixiviados, se revisarán los datos de las muestras de agua tanto en pozos como en las barrancas aledañas al relleno sanitario, que, aun cuando no son perennes, en la temporada de lluvias acarrearán cierta cantidad de agua que puede ser importante para las actividades agrícolas de la zona. Se tomará como marcador de influencia el pH y la salinidad, además que de otros marcadores tales como metales pesados y concentración de coliformes en relación a la NOM.

Suelo

Los datos obtenidos de las muestras de suelo, se correlacionarán con las de agua para ver si existe influencia del suelo en el agua y con las de aire para evaluar si existe resuspensión del suelo hacia el aire y viceversa.

7.6.2 Definición de la variable de exposición

Como se ha mencionado, la principal exposición que se tomará en cuenta en este estudio es la distancia, así como las concentraciones de PM₁₀, endotoxinas y $\beta(1\rightarrow3)$ -D-glucan, por lo que se generarán variables de exposición en relación a estos elementos.

En primer lugar se tomará la distancia de cada ubicación al relleno sanitario, de manera continua en metros. En segundo lugar, se estratificará por zona de impacto (seis zonas, mencionadas anteriormente), una tercera variable que se comparará será por zona expuesta y zona control (a menos de 2 km o a más de 2 km) incluidos en la zona expuesta los trabajadores del relleno sanitario.

Una cuarta variable será un índice de exposición generado con las variables distancia, dirección del viento predominante y horario. Una quinta variable se generará con el índice de exposición y la concentración de partículas de cada grupo y una variable más se generará con la concentración de partículas PM₁₀, endotoxinas y $\beta(1\rightarrow3)$ -D-glucan por zona de impacto. Este último dato se asignará de manera individual a cada sujeto en estudio para la correspondiente evaluación individual.

7.6.3 Estudio transversal

Conforme se vaya obteniendo la información, se irán construyendo las bases de datos. Se establecerán códigos para foliar las muestras ambientales y de caracterización del sitio, así como para las familias y los participantes en el estudio. Se integrará una base de datos que incluya la información obtenida de la población, de los análisis de las muestras ambientales y del monitoreo

biológico. Para control de calidad se hará doble captura de los cuestionarios en el programa Microsoft Office Access 2007 y se llevará un registro controlado de los datos de laboratorio.

El plan de análisis de los datos se realizará en tres momentos: 1) descriptivo, 2) exploratorio, 3) ajuste de modelos para inferir asociaciones entre las variables de respuesta y de exposición, ajustadas por covariables y confusores definidos de acuerdo a los aspectos teóricos estudiados.

1) Exploratorio

Una vez obtenidos los datos, se hará doble captura de los cuestionarios en una base de datos con máscara de captura en el programa Access de Microsoft. La comparación de la doble captura de las bases se hará en Excel. La descripción general de los datos se realizará en el programa SPSS y se calcularán las incidencias acumuladas. Se generarán mapas, tabulados y gráficas de todas las variables ambientales, poblacionales y de salud con apoyo de los programas ArcGIS, Stata v11 y SPSS v15. Una vez revisado el comportamiento de las variables se procederá al análisis bivariado y multivariado, para lo cual se decidirán las pruebas estadísticas que apliquen para la exploración de las relaciones y la comprobación de las hipótesis del estudio.

2) Análisis bivariado y ajuste de los modelos necesarios para establecer asociaciones

Análisis bivariado

Se realizará un análisis bivariado con los marcadores de inflamación como variables de respuesta, a saber: $TNF\alpha$, $IL1-\beta$, $IL6$ e $IL8$. Se analizarán las diferencias de medias, medianas y se ejecutarán las transformaciones que resulten necesarias para cumplir con los supuestos de normalidad de acuerdo con la distribución de los datos. Se harán las comparaciones con el resto de las variables en general y estratificando por grupo de exposición y por colonia.

De igual manera, se realizará un promedio de síntomas respiratorios y se clasificará a la población con variables para los que presentan al menos un síntoma, al menos dos síntomas y tres síntomas o más de forma dicotómica, y se realizará el análisis bivariado también con estas variables como variable respuesta para la primera medición (basal), considerando solo las mediciones que incluyan muestra de sangre.

Modelo de regresión lineal múltiple para evaluar los marcadores de inflamación

Las variables respuesta continuas que se medirán, son los marcadores de inflamación (en pg/ml $TNF\alpha$, $IL1\beta$, $IL6$, $IL8$ y porcentaje de neutrófilos), ambas en relación a la distancia con el sitio de

estudio y con el sitio de medición de la exposición como variables independientes. Se verificarán los supuestos para proponer un modelo de regresión lineal múltiple.

El modelo de regresión lineal múltiple que se propone tendría la siguiente forma:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1(d)_i + \beta_2(f)_i + \beta_3(s)_i + \beta_4(imc)_i + \beta_5(sr)_i + \beta_6(os)_i + \beta_7(inse)_i + \beta_8(endtx)_i + \beta_9(gluc)_i + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \varepsilon_i$$

Donde: y_i representa al marcador de inflamación correspondiente (TNF α , IL1- β , IL6 o IL8);

(d) es la distancia al sitio medida en metros lineales (calculada con el programa ArcGIS) correspondiente a cada sujeto

(f) fumar

(s) sexo

(imc) índice de masa corporal

(sr) la suma de síntomas respiratorios presentes en los últimos quince días

(os) la suma de otros síntomas presentes en los últimos quince días

(inse) nivel socioeconómico⁸⁵

(endtx) será el contenido promedio de endotoxinas correspondiente al individuo

(gluc) será el contenido promedio de $\beta(1\rightarrow3)$ -D-glucan correspondiente al individuo

$(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta})$ es una matriz de covariables relativas a las condiciones de la familia obtenidas con la Entrevista Familiar

Y , ε_i se refiere al término de error, la cual es una variable aleatoria con media 0 y varianza $\sigma^2=1$ común a la variable independiente Y .

La selección de las variables que integren el modelo se hará primeramente, considerando todas las variables medidas que se relacionen con el marcador de inflamación que se esté evaluando, de tal manera que haremos al menos 5 modelos, uno para cada marcador de inflamación estudiado; con el conjunto de predictores que optimicen el ajuste del modelo y/o la proporción de varianza explicada de la variable dependiente (R^2). Una vez seleccionadas las variables de ajuste, se seleccionarán sólo aquellas con valor de significancia estadística menor a .05 para conformar el modelo a evaluar (en caso necesario se evaluarán posibles interacciones entre las variables de ajuste).

La evaluación del modelo consistirá en comprobar los supuestos de normalidad de los valores de Y para cada valor de X , a partir de la estimación de los errores (cálculo de residuos); de homoscedasticidad, al corroborar que todas las distribuciones poblacionales tienen la misma varianza; la linealidad, al evaluar si las medias \bar{Y} de las distintas poblaciones están relacionadas linealmente con X , y la independencia. En caso de que el modelo de regresión no ajuste correctamente a los datos, aún cuando se transforme la variable, se utilizará algún otro método que se considere adecuado.

Modelo de regresión logística para evaluar la frecuencia de síntomas respiratorios

Otra variable de interés en esta propuesta, es la incidencia de síntomas respiratorios; por ser un evento intermitente, todas las personas a evaluar se consideran en riesgo de presentar síntomas de enfermedades respiratorias agudas, tales como tos, gripe **, escurrimiento nasal, irritación de ojos, nariz y/o garganta, entre otros. Para evaluarlos, se generarán tres variables: una, que representará a aquellas personas que presentaron al menos un síntoma respiratorio durante los últimos quince días; otra, que representará a los que hayan presentado dos síntomas o más y finalmente la que representará a aquellas personas que presentaron 3 síntomas o más. Cada una de estas variables será dicotómica y se evaluará a través de un modelo de regresión logística para calcular las razones de momios ajustadas por otras covariables. La variable independiente será evaluada de dos maneras, como variable continua (la distancia del sitio de exposición a la vivienda del participante) y otra, como variable que defina la situación de ser población expuesta (por vivir en la zona de exposición: a menos de 2 Km) o población control (por vivir en la zona control: a más de 2 Km). La estimación de la probabilidad de que una persona expuesta, con determinadas características controladas, presente uno, dos o tres síntomas respiratorios serán evaluadas por separado, y se representará de la siguiente manera:

$$p = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1(d)_i + \beta_2(f)_i + \beta_3(s)_i + \beta_4(inse)_i + \beta_5(os)_i + \beta_6(endtx)_i + \beta_7(gluc)_i + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1(d)_i + \beta_2(f)_i + \beta_3(s)_i + \beta_4(inse)_i + \beta_5(os)_i + \beta_6(endtx)_i + \beta_7(gluc)_i + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})}$$

Donde: p representa a la probabilidad de presentar síntomas respiratorios

(d) es la distancia al sitio medida en metros lineales (calculada con el programa ArcGIS) correspondiente a cada sujeto

(f) fumar

(s) sexo

(os) la suma de otros síntomas presentes en los últimos quince días

(inse) nivel socioeconómico⁸⁶

(endtx) será el contenido promedio de endotoxinas correspondiente al individuo

(gluc) será el contenido promedio de $\beta(1\rightarrow3)$ -D-glucan correspondiente al individuo

$(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta})$ es una matriz de covariables relativas a las condiciones de la familia obtenidas con la Entrevista Familiar

Sabiendo que \exp es el inverso del logaritmo natural. Posteriormente se evaluará el modelo con la prueba de devianza, que mide la discrepancia entre el modelo propuesto y el saturado. También se

** Nombre comúnmente utilizado en relación a la bronquitis febril y al resultado del ataque de virus de Influenza. (Diccionario Terminológico de Ciencias Médicas. (1963) SALVAT, Madrid, España.)

observará la bondad de ajuste de Hosmer –Lemshow para evaluar el grado en que la probabilidad predicha coincide con la observada; se evaluará caso por caso mediante el análisis de los residuos del modelo en relación con su influencia en la estimación del vector de los parámetros: con residuos de Pearson y de devianza; también se evaluará la medida de apalancamiento de Leverage para detectar la observaciones que tienen gran impacto en los valores predichos del modelo.

7.6.4 Estudio longitudinal

Los datos longitudinales, se analizarán con modelos de regresión Poisson para datos longitudinales, ya que es una técnica que describe datos de conteo como una función de una serie de variables predictivas. Su aplicación principalmente es para comparar cohortes expuestas y no expuestas y para evaluar el curso clínico de la enfermedad en un sujeto. También es útil para estimar las tasas de incidencia en estudios de cohorte y en investigaciones de tipo ecológico⁸⁷. Algunas variantes de ésta, tienen el propósito de cuantificar la sobredispersión (cuando la varianza excede a la media⁸⁸) en datos observados. Siendo también el objetivo, determinar cuáles de las k covariables son significativas a la hora de explicar la tasa r (razón de riesgos) y, una vez estimados los coeficientes b_j de las covariables, finalmente consideradas significativas, realizar predicciones con el modelo ajustado⁸⁹. Con la regresión de Poisson podemos calcular una estimación del Riesgo Relativo⁹⁰.

Se pretende estimar el riesgo relativo de los síntomas respiratorios entre la población que habita en zona expuesta en comparación con la incidencia de síntomas en la zona control, para lo cual se propondrá un modelo como el que se refiere a continuación:

$$\log(\lambda_{it}) = \beta_0 + \beta_1(d)_i + \beta_2(f)_{it} + \beta_3(s)_i + \beta_4(inse)_i + \beta_5(os)_{it} + \beta_6(endtx)_{it} + \beta_7(gluc)_{it} + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}$$

Donde λ es la tasa de incidencia de síntomas respiratorios que ocurren debido a los factores seleccionados en el modelo y otros factores desconocidos (β_0).

(d) es la distancia al sitio medida en metros lineales (calculada con el programa ArcGIS) correspondiente a cada sujeto

(f) fumar

(s) sexo

(os) la suma de otros síntomas presentes en los últimos quince días

(inse) nivel socioeconómico⁹¹

(endtx) será el contenido promedio de endotoxinas correspondiente al individuo

(gluc) será el contenido promedio de $\beta(1\rightarrow3)$ -D-glucan correspondiente al individuo

$(X\beta)$ es una matriz de covariables relativas a las condiciones de la familia obtenidas con la Entrevista Familiar

Una vez seleccionado el mejor modelo predictor de la incidencia de síntomas respiratorios, evaluaremos el modelo mediante el diagnóstico de los residuos del modelo, el análisis de devianza y el estudio de la sobredispersión, en caso de que exista. Para decidir si el modelo elegido es el mejor, se comparará con el criterio de información Aikaike (AIC); con el cual podremos corroborar si el modelo de regresión es el mejor o si tendremos que utilizar un modelo de regresión de otro tipo (como una binomial negativa, por ejemplo).

7.6.5 Análisis cualitativo del componente social en relación al enfoque ecosistémico

De acuerdo con el mapa conceptual original, se realizarán diagramas con los datos obtenidos al final, para realizar discusiones al interior del grupo de trabajo, de tal manera que se discuta la información que debemos entregar a las autoridades locales, de salud, estatales y a la población. Para esta actividad se organizarán reuniones a nivel grupal y con las autoridades y gestores del relleno sanitario.

Se generarán las presentaciones pertinentes para cada grupo de acuerdo con los resultados obtenidos por el grupo de trabajo.

La información obtenida por medios cualitativos, se analizará a partir de otro proyecto sobre percepción de riesgos a la salud en comunidades adyacentes al relleno sanitario “La Perseverancia”, mismo que se está desarrollando por otros integrantes del proyecto eje que integra también a este proyecto, el #907 del INSP intitulado “Riesgos a la salud en tiraderos de basura a cielo abierto en el Estado de Morelos”.

8 LIMITACIONES POTENCIALES DEL ESTUDIO

Se pueden mencionar como limitaciones, las inherentes a los estudios transversales, como pueden ser: los problemas que se presentan por la selección de la población, que haya mayor aceptación en la participación en razón de la exposición, sesgo de información porque se obtendrá la información de exposición y evento al mismo tiempo, por tanto la temporalidad no quedará establecida a cabalidad; otra limitación importante es que algunos factores que se estudiarán dependen del tiempo en que el sujeto ha estado expuesto, y al ser un estudio transversal, no tendremos la capacidad de definir esta

característica. Sin embargo, se procurará medir primero la exposición y después el evento en salud (niveles de exposición en biomarcadores), para no presuponer que la exposición sería la misma todo el tiempo y por lo tanto el evento tenga que ver con una medición que no sabemos si en el pasado existió. Adicionalmente, tenemos una parte longitudinal, la cual puede ser susceptible de sesgo de selección por pérdidas durante el seguimiento.

Particularmente, al ser un tema estudiado de manera muy variada. La información existente está dividida entre impacto ambiental y efectos a la salud, por lo que hemos tenido que plantear la hipótesis con esta limitación. En cuanto a las mediciones ambientales, estaremos limitados al presupuesto, ya que idealmente deberíamos medir la mayor cantidad de contaminantes posibles, pero tendremos que limitarnos a los que, en la caracterización basal, encontremos en mayor cantidad y a los metales que hemos elegido como principales precursores de daño a la salud.

Por limitaciones en el presupuesto, no podemos evaluar todos los efectos a la salud relacionados con los contaminantes provenientes del relleno, por lo que hemos tenido que elegir solo dos, sin embargo, la caracterización del sitio y las rutas de exposición, también generarán resultados relevantes para la salud pública.

En cuanto a la población elegida, no existen estudios previos, por lo que el tamaño de muestra fue realizado tomando estudios aislados para los efectos a la salud. Esperamos poder detectar diferencias entre la población expuesta y no expuesta, ya que calculamos el tamaño de muestra con un poder estadístico sea mayor al 85%, que dependerá de la respuesta que obtengamos de la población. Es posible que al tomar mediciones de hombres y mujeres, al analizar los datos de manera estratificada, encontremos diferencias, sin embargo, al ser un muestreo aleatorio simple, esperamos que estas diferencias se comporten de la misma manera entre los grupos expuesto y no expuesto de tal manera que no nos afecte el poder estadístico ni nos encontremos con un sesgo de selección.

En relación a la medición de la exposición, al no tener de manera específica un marcador de exposición individual, y que generalizaremos la exposición local a los datos individuales, es posible que nos encontremos con un error de Berkson, que se manifiesta cuando de manera ecológica se asigna una medición ambiental a cada individuo, sin embargo, esto será de la misma manera en los grupos expuesto y no expuesto, por lo que solo nos limitará en la precisión de la medición.

Adicionalmente, el tema de los residuos sólidos es de manejo común, por lo que podríamos tener un sesgo de información por el hecho de que nuestra población expuesta se encuentra a una distancia menor del sitio, sin embargo, incluiremos variables de conocimientos generales sobre el manejo de

residuos sólidos para tratar de verificar las diferencias en la cultura ambiental de las poblaciones. De igual manera, el estudio puede estar influido por la vida política y social de la comunidad. La diferencia de manejo entre una administración y otra, el manejo que el municipio le da de manera autónoma y con la administración particular, los intereses particulares de la empresa que lo administra en la actualidad, la historia sociopolítica de la región, el apoyo y participación de los habitantes de las comunidades, el interés o desinterés que demuestren las poblaciones expuestas y no expuestas.

Otro sesgo que podría presentarse, es el del trabajador sano, ya que las características de los pepenadores, trabajadores formales y las poblaciones en estudio, podrían ser diferentes por las actividades propias que se desarrolla en el relleno sanitario en estudio. Por tanto, de primera instancia se analizarán las variables entre las poblaciones de manera estratificada.

Sin embargo, todas las actividades relacionadas con los métodos de levantamiento de la información, así como de análisis estadístico, se cuidarán de cumplir con el rigor metodológico necesario para llevar a cabo con la calidad requerida para un estudio epidemiológico que pueda ser útil para la salud pública, tanto científica como política y normativamente.

9 Resultados

Los resultados de este estudio, se han documentado en 2 artículos para publicarse en revistas científicas.

El primero es el artículo intitulado: Endotoxin associated to particulate matter (PM10) and inflammation markers in workers of a landfill facility in Cuautla, Morelos, Mexico

Mismo que se enviará a la revista: International Archives of Occupational and Environmental Health

El segundo es el artículo intitulado: Endotoxins and glucan like components of particulate matter (PM10) related with inflammation markers and self-reported health outcomes nearest a landfill in Morelos, México

El cual se enviará a la revista: Environmental Research

Artículo 1. Endotoxin associated to particulate matter (PM10) and inflammation markers in workers of a landfill facility in Cuautla, Morelos, Mexico

Artículo 2. Endotoxins and glucan like components of particulate matter (PM10) related with inflammation markers and self-reported health outcomes nearest a landfill in Morelos, México

10 CRONOGRAMA

ACTIVIDAD	2010										2011											
	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	
ETAPA 1.1																						
Acercamiento a la comunidad																						
Mediciones meteorológicas																						
Proyecto piloto (mediciones ambientales)																						
Proyecto piloto (mediciones poblacionales)																						
Selección de puntos de muestreo																						
Selección población expuesta y control																						
Informe etapa																						
ETAPA 1.2																						
Mediciones ambientales																						
Aplicación de cuestionarios familiares																						
Diagnóstico situacional																						
Mediciones individuales																						
Envío de muestras a análisis																						
Informe etapa																						
ETAPA 2.1																						
Análisis de muestras ambientales																						
Análisis de muestras poblacionales																						
Captura de cuestionarios																						
Análisis estadístico																						
Resultados preliminares																						
Informe etapa																						
ETAPA 2.2																						
Devolución de resultados a la comunidad y entrega de datos a autoridades																						
Presentación en foros, publicación de resultados e informe final																						

ACTIVIDAD	2012												2013							
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
ETAPA 1.1																				
Acercamiento a la comunidad																				
Mediciones meteorológicas																				
Proyecto piloto (mediciones ambientales)																				
Proyecto piloto (mediciones poblacionales)																				
Selección de puntos de muestreo																				
Selección población expuesta y control																				
Informe etapa																				
ETAPA 1.2																				
Mediciones ambientales																				
Aplicación de cuestionarios familiares																				
Diagnóstico situacional																				
Mediciones individuales																				
Envío de muestras a análisis																				
Informe etapa																				
ETAPA 2.1																				
Análisis de muestras ambientales																				
Análisis de muestras poblacionales																				
Captura de cuestionarios																				
Análisis estadístico																				
Resultados preliminares																				
Informe etapa																				
ETAPA 2.2																				
Devolución de resultados a la comunidad y entrega de datos a autoridades																				
Presentación en foros, publicación de resultados e informe final																				

11 FINANCIAMIENTO

Proyecto financiado por CONACyT #115486 “RIESGOS A LA SALUD POR CONTAMINACIÓN GENERADA EN TIRADEROS DE BASURA A CIELO ABIERTO EN EL ESTADO DE MORELOS” Aprobado en la convocatoria FOSSIS 2009.

Protocolo registrado en el SIID #907 “RIESGOS A LA SALUD EN MUJERES DE 18 A 39 AÑOS POR CONTAMINACIÓN GENERADA EN EL RELLENO SANITARIO “LA PERSEVERANCIA” EN CUAUTLA, MORELOS”

12 INSTITUCIONES PARTICIPANTES

1. Dirección de Salud Ambiental del Centro de Investigación en Salud Poblacional del Instituto Nacional de Salud Pública
2. Escuela de Enfermería de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
3. Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México
4. Laboratorio de Aerobiología de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México
5. Laboratorio de Edafología Ambiental. Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México
6. Facultad de Farmacia de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
7. Laboratorio de Toxicología del Instituto Nacional de Cancerología
8. Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias

REFERENCIAS BIBLIOHEMEROGRÁFICAS

¹ Guidotti TL, Weiping C. La contaminación del suelo. Pág 53.14. En: Stellman JM. (2001) Enciclopedia de Salud y seguridad en el trabajo. Tomo II-53. Yassi A, Kjellström T. Riesgos Ambientales para la salud. Organización Internacional del trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones. Madrid, España.

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/53.pdf>

² Lebel J. (2005). Salud. Un enfoque ecosistémico. En_foco. Edit. Alfa-Omega. IDRC, Canadá – Colombia. En: <http://web.idrc.ca/openebooks/174-4/>

³ EPA. Chapter II. Managing Nonhazardous Solid Waste. En: <http://www.epa.gov/osw/inforesources/pubs/orientat/rom2.pdf> [21 de Agosto, 2008]

-
- ⁴ Frykman, C. The Power of Waste. A Study of Socio-Political Relations in Mexico City's Waste Management System. Master Thesis in Cultural Anthropology. Department of Cultural Anthropology and Ethnology - Uppsala University, Sweden 2006.
- ⁵ Riojas-Rodríguez H, Romero-Franco M. El deterioro de los ecosistemas y de la biodiversidad: sus implicaciones para la salud humana. En: Galvão LA, Finkelman J, Henao S. (2010). Determinantes ambientales y sociales de la salud. OPS-OMS: McGraw-Hill Interamericana, México.
- ⁶ Zurbrügg C. Urban Solid Waste Management in Low-Income Countries of Asia How to Cope with the Garbage Crisis. Presented for: Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) Urban Solid Waste Management Review Session, Durban, South Africa, November 2002.
- ⁷ Estrada-Núñez R, Carmona-Morales R, Tregoning-Gutiérrez H. Criterios técnicos para el diseño de sistemas de almacenamiento de residuos sólidos por tipo de fuente generadora. Dirección Técnica de Desechos Sólidos. Dirección General de Servicios Urbanos. D.D.F. En: <http://www.itescham.com/Syllabus/Doctos/r1383.pdf> [consultado el 11 de Marzo de 2009].
- ⁸ INEGI. México de un vistazo. 2009. Consultado En: <http://www2.inegi.org.mx:1212/inegi/contenidos/espanol/avantgo/mexicoc/1t6.asp?proyecto=2&tema=1&subtema=6> [7 de junio, 2009]
- ⁹ INEGI. Generación de residuos sólidos urbanos por entidad federativa, 1998 a 2008. En: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/soc/sis/sisept/default.aspx?t=mamb58&s=est&c=6120>
- ¹⁰ Consejo Nacional de Población y Vivienda, La población de los municipios de México 1950 - 1990. Ed. UNO Servicios Gráficos, México, Nov., 1994
- ¹¹ CEAMA. Superficie de los tiraderos de basura a cielo abierto y de los rellenos sanitarios, volumen de recolección de basura y vehículos recolectores por municipio y localidad, 2006. Comisión Estatal del Agua y Medio Ambiente. Subsecretaría Ejecutiva de Ecología y Medio Ambiente; Dirección General de Planeación y Protección Ambiental; 2006. En: www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/soc/int/nav/ae/08/mor/c17_02.xls [consultado el 2 de febrero 2008]
- ¹² INEGI. Agenda Estadística 2006-2007. CTREIG Morelos. 2008. En: <http://www.morelos.gob.mx/10finanzas/files/ae2007all.pdf> [Consultado el 14 de marzo de 2009]
- ¹³ Gómez R, Filigrana P, Méndez F. Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del Botadero de Navarro, Cali, Colombia. (Spanish). Colombia Médica [serial on the Internet]. (2008, July), [cited January 31, 2009]; 39(3): 245-252. Available from: MedicLatina.
- ¹⁴ Del C. Espinosa Lloréis M, López Torres M, Álvarez H, Pellón Arrechea A, García J, Escobedo Acosta R, et al. Caracterización de los Residuos Sólidos Urbanos en Ciudad de La Habana, un aporte a la solución de un problema medioambiental. (Spanish). Revista CENIC Ciencias Biologicas [serial on the Internet]. (2005, Dec 02), [cited January 31, 2009]; 36: 1. Available from: MedicLatina.
- ¹⁵ Lloréns M, Torres M, Arrechea A, Navarro R, Colomina A. La fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos como fuente potencial de producción de biogás. (Spanish). Revista CENIC Ciencias Biologicas [serial on the Internet]. (2007, Apr), [cited January 31, 2009]; 38(1): 33-37. Available from: MedicLatina.
- ¹⁶ Lavoie J, Alie R: Determining the characteristics to be considered from a worker health and safety standpoint in household waste sorting and composting plants. Ann Agric Environ Med 1997; 4: 123-128
- ¹⁷ Midtgård U, Poulsen OM: Occupational safety and health in waste collection and recycling: the CORE research program. Ann Agric Environ Med 1997, 4, 21-26.

-
- ¹⁸ Munier N. Urban Wastes Management. En: Munier N.(2006). Hadbook on Urban Sustainability. Springer, Sevilla Spain.
- ¹⁹ Constitución de los Estados Unidos Mexicanos. Última reforma DOF 25-06-2012. CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis
- ²⁰ Charron D. Ecohealth: Origins and Approach. En: Charron D. (2012). Ecohealth Research in Practice. Innovative Applications of an Ecosystem Approach to Health. IDRC-CRDI. Springer, Ontario, Canadá.
- ²¹ Lebel J. (2005). Salud. Un enfoque ecosistémico. En_foco. Edit. Alfa-Omega. IDRC, Canadá – Colombia.
- ²² Riojas-Rodríguez H, Rodríguez-Dozal S. An Ecosystem Study of Manganese Mining in Molango, Mexico. En: Charron D. (2012). Ecohealth Research in Practice. Innovative Applications of an Ecosystem Approach to Health. IDRC-CRDI. Springer, Ontario, Canadá.
- ²³ De Esteban-Alonso A, Curiel-Díaz J, Perelló-Oliver S. Economy of the city and its región. En: Munier N.(2006). Hadbook on Urban Sustainability. Springer, Sevilla Spain.
- ²⁴ Noronha L. 2000. www.idrc.ca
- ²⁵ Noronha L. 2000. Referido En: Bzzani R. Enfoque de Ecosalud. Perspectivas del IDRC. Montevideo, 2010. www.idrc.ca
- ²⁶ Lebel J. (2005). Salud. Un enfoque ecosistémico. En_foco. Edit. Alfa-Omega. IDRC, Canadá – Colombia.
- ²⁷ Bazzani R. Enfoque de Ecosalud. Perspectivas del IDRC. Montevideo, 20 de setiembre de 2010. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo – Canadá. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. En: www.idrc.ca/lacro/ www.idrc.ca/ecohealth.
- ²⁸ Sánchez A. Introduction. Building Community Health into City Living. En: Charron D. (2012). Ecohealth Research in Practice. Innovative Applications of an Ecosystem Approach to Health. IDRC-CRDI. Springer, Ontario, Canadá.
- ²⁹ Bernache-Perez G. Los ayuntamientos y la Gestión Ambiental. Diccionario Temático CIESAS. En: <http://www.ciesas.edu.mx/Publicaciones/diccionario/fderecho.htm>.
- ³⁰ Gobierno del Estado. Poder Legislativo. Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Morelos. Periódico oficial Tierra y Libertad, Cuernavaca, Mor., 17 de octubre de 2007.
- ³¹ Giusti L. A review of waste management practices and their impacto n human health. Waste Manag 2009; 29(8): 2227-2239.
- ³² El-Fadel M, Sadek S, Chahine W. "Environmental management of quarries as waste disposal facilities." Environmental Management, 2001; 27(4): 515-531. MEDLINE with Full Text, EBSCOhost (accessed January 31, 2009).
- ³³ González_Herrera R, Rodríguez-Castillor, Coronado-Peraza V. Atenuación natural en el Acuífero Yucateco. Rev. Int. Contam. Ambient. 23 (1) 5-15, 2007
- ³⁴ Aluko OO, Sridhar MK. Application of constructed wetlands to the treatment of leachates from a municipal solid waste landfill in Ibadan, Nigeria. Journal Of Environmental Health [J Environ Health], ISSN: 0022-0892, 2005 Jun; Vol. 67 (10), pp. 58-62
- ³⁵ ARRIETA PATTON, Jorge y LUJAN PEREZ, Marcos. Caracterización de la generación y evaluación de riesgos de las pilas y baterías en desuso en la Ciudad de Cochabamba. RevActaNova., 2007, vol.3, no.4, p.627-659. ISSN 1683-0789.

-
- ³⁶ Nduka J, Orisakwe O, Ezenweke L, Abiakam C, Nwanguma C, Maduabuchi U. Metal contamination and infiltration into the soil at refuse dump sites in Awka, Nigeria. *Archives Of Environmental & Occupational Health* [serial on the Internet]. (2006, Sep), [cited May 11, 2010]; 61(5): 197-204
- ³⁷ Goorah SS, Esmiyot ML, Boojhawon R. The health impact of nonhazardous solid waste disposal. *Journal Of Environmental Health* 2009, Jul-Aug; Vol. 72 (1), pp. 48-54
- ³⁸ Do Nascimento-Silva AC, Silveira-Bernardes R, Santos-Moraes LR, Parente dos Reis JD. Critérios adotados para seleção de indicadores de contaminação ambiental relacionados aos resíduos sólidos de serviços de saúde: uma proposta de avaliação. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 2002; 18(5):1401-1409.
- ³⁹ Buczyńska A, Cyprowski M, Szadkowska-Stańczyk I. Indoor Disposal of Household Waste as a Source of Environmental Biohazard Exposure. *Polish Journal Of Environmental Studies* [serial on the Internet]. (2011, July), [cited October 7, 2012]; 20(4): 851-856. Available from: Academic Search Premier.
- ⁴⁰ Brooks JP, Tanner BD, Gerba CP, Pepper IL. The measurement of aerosolized endotoxin from land application of Class B biosolids in Southeast Arizona. *Can. J. Microbiol*; 2006(52): 150–156
- ⁴¹ Idem 32. Gómez R, Filigrana P, Méndez F. Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del Botadero de Navarro, Cali, Colombia. (Spanish). *Colombia Médica* [serial on the Internet]. (2008, July), [cited January 31, 2009]; 39(3): 245-252. Available from: MedicLatina.
- ⁴² Butt TE, Lockley E, Oduyemi KO. Risk assessment of landfill disposal sites--State of the art. *Waste Manag.* 2008;28(6):952-64. Epub 2007 Oct 30
- ⁴³ Shoji R, Nakayama H, Sakai Y, Mohri S, Yamada M. Evaluation of the ecotoxicity of solid wastes using rapid leaching test and bioassays. *Journal of Environmental Science and Health Part A* (2008) 43, 1048–1053
- ⁴⁴ Ibid 33. González_Herrera R, Rodríguez-Castillor, Coronado-Peraza V. Atenuación natural en el acuífero yucateco. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 23 (1) 5-15, 2007
- ⁴⁵ Krieger J, Higgins DL. Housing and Health: Time Again for Public Health Action. *Am J Public Health.* 2002;92:758–768
- ⁴⁶ Rosas I., Calderón C., Salinas E., y Lacey J. (1996) Airborne microorganisms in a domestic waste transfer station In: *Aerobiology* (Muilenberg M. and Burge H. eds)8:89-99. Lewis Publishers, USA
- ⁴⁷ Béjar V, Chumpitaz J, Pareja E, Valencia E, Huamán A, Sevilla C, Tapia M, Saez G. *Musca domestica* como vector mecánico de bacterias enteropatógenas en mercados y basurales de Lima y Callao. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* 23(1), 2006: 39-43.
- ⁴⁸ Rodríguez AL, Ferro BE, Varona MX, Santafé M. Leptospirosis en perros callejeros de Cali. *Biomédica* 2004;24:291-5
- ⁴⁹ Rita de Cássia Franco Rêgo, Maurício L. Barreto, Cristina Larrea Killinger. What is garbage, anyway? The opinions of women from an outlying neighborhood in a large Brazilian city. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro 2002; 18(6):1583-1592.
- ⁵⁰ Athanasiadou M, Cuadra SN, Marsh G, Bergman A, Jakobsson K. Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) and Bioaccumulative Hydroxylated PBDE Metabolites in Young Humans from Managua, Nicaragua. *Environ Health Perspect*, 2008;116:400–408
- ⁵¹ Gelberg KH. Health study of New York city department of Sanitation landfill employees. *Journal of Occup Environ med* 1997, 39: 1103-1110
- ⁵² KO B, M K. Environmental and health impacts of household solid waste handling and disposal practices in third world cities: the case of the Accra Metropolitan Area, Ghana. *Journal Of Environmental Health*, 2005; 68(4): 32-36.

-
- ⁵³ Krieger J, Higgins DL. Housing and Health: Time Again for Public Health Action. *Am J Public Health*. 2002;92:758–768
- ⁵⁴ Escamilla-Nuñez MC, Barraza-Villarreal A, Hernandez-Cadena L, Moreno-Macias H, Ramirez- Aguilar M, Sienna-Monge JJ, Cortez-Lugo M, Texcalac JJ, del Rio-Navarro B, Romieu I. Traffic-related air pollution and respiratory symptoms among asthmatic children, resident in Mexico City: the EVA cohort study. *Respiratory Research* 2008, 9:74-85
- ⁵⁵ Barraza-Villarreal A, Sunyer J, Hernández-Cadena L, Escamilla-Nuñez MC, Sienna-Monge JJ, Ramírez-Aguilar M, Cortez-Lugo M, Holguin F, Diaz-Sanchez D, Olin AC, Romieu I. Air pollution, airway inflammation and lung function in a cohort study of México City Schoolchildren. *Env Health Persp* 2008, 116(6): 832-838.
- ⁵⁶ Barraza-Villarreal A, Escamilla-Nuñez MC, Hernández-Cadena L, Texcalac-Sangrador JL, Sienna-Monge JJ, Del Río-Navarro BE, Cortez-Lugo M, Sly PD, Romieu I. Elemental carbón exposure and lung function in schoolchildren from México City. *Eur Respir J*, 2011; 38: 548-552.
- ⁵⁷ Wouters IM, Spaan S, Douwes J, Doekes G, Heederik D. Overview of personal occupational exposure levels to inhalable dust, endotoxin, $\beta(1\rightarrow3)$ -Glucan, and fungal extracellular polysaccharides in the waste management chain.
- ⁵⁸ Widmeier S, Bernard A, Tschopp A, Jeggli S, Dumont X, Hilfiker S, Oppliger A, Hotz P. Surfactan Protein A, exposure to endotoxin, an asthma in garbage collectors and in wastewater workers.
- ⁵⁹ Koshy L, Jones T, BéruBé K. Characterization and bioreactivity of respirable airborne particles from a municipal landfill. *Biomarkers* [serial on the Internet]. (2009, July 2), [cited April 29, 2012]; 1449-53. Available from: Academic Search Premier.
- ⁶⁰ DOF. MODIFICACION a la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a material particulado. *Diario Oficial de la Federación*. México, D.F; 26
- ⁶¹ De Meer G, Heederik D, Wouters I. Change in airway responsiveness over a workweek in organic waste loaders. *Int Arch Occup Environ Health* (2007) 80:649–652.
- ⁶² Liu J, Pankhurst LJ, Deacon LJ, Abate W, Hayes ET, Drew GH, Longhurst PJ, Pollard S, Longhurst J, Tyrrel S, Jackson SK. Evaluation of Inflammatory Effects of Airborne Endotoxin emitted from Composting Sources. *Environ. Toxicol. Chem.* 2011;30:602–606.
- ⁶³ Wouters IM, Hilhorst SKM, Kleppe P, Doekes G, Douwes J, Peretz C, Heederik D. Upper airway inflammation and respiratory symptoms in domestic waste collectors. *Occup Environ Med* 2002;59:106–112
- ⁶⁴ Alfaro-Moreno E, Nawrota TS, Nemmara A, Nemery B. Particulate matter in the environment: pulmonary and cardiovascular effects. *Current Opinion in Pulmonary Medicine* 2007, 13:98–106
- ⁶⁵ Porta D, Milani S, Lazzarino AI, Perucci CA Forastiere F. Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. *Environmental Health* 2009, 8:60-74
- ⁶⁶ DOF, 20 de Octubre de 2004. Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
- ⁶⁷ NORMA Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002, Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo.

⁶⁸ Gómez R, Filigrana P, Méndez F. Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del Botadero de Navarro, Cali, Colombia. (Spanish). Colombia Médica [serial on the Internet]. (2008, July), [cited January 31, 2009]; 39(3): 245-252. Available from: MedicLatina.

⁶⁹ Pertega-Díaz S, Pita-Fernandez S. Cálculo del poder estadístico de un estudio. Atención Primaria en la Red. En: www.fisterra.com

⁷⁰ Habicht, J.P. (1974). Estandarización de Métodos Epidemiológicos Cuantitativos sobre el Terreno, Bol. de la Oficina Sanitaria Panamericana, Vol. LXXVI, No. 5, p. 375-384

⁷¹ Andersen Sampler. Inc. 1984. Operating Manual for Andersen Sampler. Atlanta, GA.

⁷² Niemela, S. I., P. Vaatanen, J. Mentu, A. Jokinen, P. Jappinen, and P. Sillanpaa. 1985. Microbial incidence in upper respiratory tracts of workers in the paper industry. Applied and Environmental Microbiology. 50(1):163-168

⁷³ Health Canada. Federal contaminated site risk assessment in Canada part V: guidance on complex human health detailed quantitative risk assessment for chemicals (DQRACHEM). Contaminated Sites Division Safe Environments Programme. 2009.

⁷⁴ Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Diario oficial. México, Miércoles 20 de octubre de 2004.

⁷⁵ Secretaría de Desarrollo Social. Manual Técnico-Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal. SEDESOL. México. 2001.

⁷⁶ Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. México, D.F.; DOF 06-01-1997: 6-19.

⁷⁷ DOF. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, "salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización" 18 enero 1996. Última modificación 20 de junio 2000.

⁷⁸ Cantanhede A, Sandoval-Alvarado L, Monge G, Caycho-Chumpitaz C. Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos. CEPIS/OPS, Hojas de divulgación técnica, 2005; Num. 97.

⁷⁹ Toledo-Curbelo GJ. Catauro de Términos de Salud Pública. [aut. libro] Jorgelina Apao Díaz, y otros. Introducción a la Salud Pública. La Habana, Cuba : Editorial Ciencias Médicas, 2004, pág. 495.

⁸⁰ Kroeger, Axel y Luna, Ronaldo. Atención primaria de salud. México, D.F. : OPS / Editorial Pax México, 1992. ISBN 968-860-416-X.

⁸¹ (Downs, Florence. Personal Communication, 1974) En:

⁸² Hanchett, Effie. Salud de la comunidad. Conceptos y evaluación. México, D.F. : Limusa, 1981. ISBN 968-18-1396-0

⁸³ Jauregui Reyna, Cesar Alberto y Suarez Chavarro, Paulina. Promoción de la Salud y Prevención de la Enfermedad. Enfoque en salud familiar 2da. Edición. Bogotá, Colombia : Editorial Medica Panamericana, 2004. ISBN 958-9181-89-9.

⁸⁴ González Carbajal, Eleuterio. Diagnóstico de la Salud en México. México, D.F. : Trillas, 1998. ISBN 968-24-3963-9.

⁸⁵ Bronfman,

⁸⁶ Bronfman,

⁸⁷ Parodi S, Bottarelli E. Poisson regression model in Epidemiology - an Introduction. Ann. Fac. Medic. Vet. di Parma (Vol. XXVI, 2006) pag. 25 - pag. 44

⁸⁸ Colin-Cameron A, Trivedi PK. (1998). Regression analysis of count data. Econometric Society Monographs No. 30. Cambridge University Press

⁸⁹ En: <http://www.uned.es/experto-metodos-avanzados/03.HTM> Fecha de consulta: 21 agosto 2012.

⁹⁰ Puppo, T. UNIDAD DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN: su importancia institucional. SALUD MILITAR – Vol.28 Nº 1 – Marzo 2006

⁹¹ Bronfman,