

2015-A

301255916

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS  
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS DE LA SALUD  
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL



EFFECTO DE LA EXPOSICIÓN MATERNO INFANTIL AL PLAGUICIDA  
HEXACLOROCICLOHEXANO Y SU RELACIÓN CON OBESIDAD INFANTIL (2 A  
5 AÑOS) EN CHAPALA, JOCOTEPEC Y EL MOLINO, JALISCO, MÉXICO. 2014-  
2015

TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
PRESENTA

C.D. DIANA CITLALLI GARCÍA RAMÍREZ

ZAPOPAN, JALISCO, SEPTIEMBRE 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero, quiero agradecer a mis padres, por su apoyo incondicional durante toda mi vida, por enseñarme a vivir con valores y a luchar siempre por lo que quiero.

A Javier, por ser orientador, compañero, terapeuta, almohada, bar tender y pilar importante en esta etapa de mi vida.

A mi director de tesis, el Dr. Felipe Lozano Kasten por ser ese árbol que con su gran ramaje me cobijó, gracias por todas sus enseñanzas.

A la Dra. Silvia León, Dr. Aarón Peregrina y Mtra. Karina García por el apoyo brindado durante la realización de esta tesis.

A mis maestros de la maestría, por que sin ellos la culminación de esta etapa no hubiera sido posible, a CONACyT, y a todos aquellos que contribuyeron de una manera u otra a mi formación.

Gracias amigas, Ari, Becks, Isa y Yaye, por el apoyo moral y por compartir estos dos años sus alegrías y tristezas. ¡Sobrevivimos!

Quiero agradecer al Dr. Leonardo Trasande de la Universidad de Nueva York, así como al Dr. Francisco Martínez, Dr. Roberto Muñoz y Carolina Bejarano de la Universidad de Colima por el apoyo financiero y de laboratorio, que fue muy importante para el desarrollo de la investigación. A las Maestras Karen Herrera y Margarita Soto por el tiempo dedicado a mi trabajo.

Gracias a todas las mujeres del estudio, por su disposición y el tiempo brindado, así como a los centros de salud de Chapala, Jocotepec y El Molino, en especial a Gemma, Irene Inclán, Martha Lauriano y Milagro Jiménez.

Muchas gracias a todos.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
1 INTRODUCCIÓN .....	3
2 JUSTIFICACIÓN .....	8
3 OBJETIVOS .....	11
3.1 Objetivo general .....	11
3.2 Objetivos específicos .....	11
4 HIPÓTESIS .....	12
5 MARCO TEÓRICO.....	13
5.1 Definiciones y conceptos .....	13
5.2 Antecedentes .....	14
5.3 Esquema general de los compuestos orgánicos persistentes .....	16
5.4 Plaguicidas organoclorados .....	18
5.5 Plaguicida hexaclorociclohexano .....	19
5.5.1 Características físicas y químicas .....	20
5.5.2 Usos y producción en México .....	21
5.5.3 Marco legal.....	21
5.6 Exposición materno infantil .....	23
5.7 Disruptores endocrinos .....	23
5.7.1 Relación de la obesidad con los disruptores endocrinos .....	24
5.8 Sobrepeso y obesidad en la infancia .....	25
5.8.1 Obesidad, epidemia global y su importancia para la salud .....	25
5.8.2 Prevalencia del sobrepeso y obesidad infantil .....	26
6 MATERIALES Y MÉTODOS .....	27
6.1 Tipo de estudio.....	27
6.2 Universo .....	27
6.3 Muestra .....	27
6.4 Criterios.....	27
6.4.1 Criterios de inclusión.....	27

6.4.2	Criterios de exclusión .....	28
6.4.3	Criterios de eliminación .....	28
6.5	Variables .....	28
6.6	Recolección de datos .....	28
6.6.1	Instrumentos .....	28
6.6.1.1	Historia clínica ambiental .....	28
6.6.1.2	Encuesta de 24 horas .....	28
6.6.1.3	Registro de peso y talla.....	29
6.7	Material .....	29
6.7.1	Territorio.....	29
6.7.2	Sujetos de estudio.....	29
6.7.3	Material de laboratorio y muestras biológicas.....	29
6.7.4	Material para conservación y tratamiento de muestras .....	30
6.7.5	Instrumentación analítica .....	30
6.7.6	Antropometría y nutrición .....	31
6.8	Métodos .....	31
6.8.1	Localización de mujeres.....	32
6.8.2	Estado nutricional de los niños .....	33
6.8.3	Análisis de laboratorio .....	34
6.8.4	Extracción de muestras.....	34
6.8.4.1	Fase I. Activación de columna de separación.....	34
6.8.4.2	Fase II. Limpieza de muestra.....	35
6.8.5	Preparación de la muestra para el análisis .....	35
6.8.6	Análisis de muestras .....	36
6.8.7	Determinación de lípidos.....	36
6.9	Análisis estadístico.....	37
6.10	Consideraciones éticas .....	38
7	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	39
7.1	Chapala.....	39
7.1.1	Situación .....	39
7.1.2	Delimitación.....	39
7.2	Jocotepec.....	41
7.2.1	Situación .....	41
7.2.2	Delimitación.....	41

8	RESULTADOS .....	43
8.1	Características socio-demográficas de las mujeres embarazadas.....	43
8.2	Características demográficas infantiles .....	47
8.3	Exposición materna. HCH en suero.....	48
8.3.1	Presencia de hexaclorociclohexano (HCH) en las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino .....	48
8.3.2	Presencia de HCH por localidad .....	49
8.3.3	Concentraciones de HCH en suero de las mujeres embarazadas de las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino.....	53
8.4	Ajuste de lípidos en suero de mujeres embarazadas .....	57
8.5	Estado nutricional infantil .....	60
8.5.1	Índice de Masa Corporal (IMC) en los niños de las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino. ....	60
8.6	Correlación no paramétrica.....	64
8.6.1	Rho de Spearman .....	64
8.7	Estadística inferencial paramétrica .....	67
8.7.1	Prueba de coeficiente de correlación de Pearson .....	67
9	DISCUSIÓN .....	69
10	CONCLUSIONES.....	75
11	BIBLIOGRAFÍA .....	77
12	ANEXOS .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Frecuencia de mujeres embarazadas por localidad, 2010 .....	43
Tabla 2.	Distribución porcentual por edades y localidad, 2010 .....	44
Tabla 3.	Grado de estudios de las mujeres embarazadas por localidad, 2010.....	44
Tabla 4.	Mínimo y máximo de años viviendo en la Ribera de Chapala.....	45
Tabla 5.	Años de residencia en la Ribera de Chapala de las mujeres embarazadas por localidad, 2010.....	45
Tabla 6.	Ocupación de las mujeres embarazadas por localidad, 2010 .....	46

Tabla 7. Sexo de los infantes por localidad, 2014 .....	47
Tabla 8. Edad en años de infantes por localidad, 2014.....	47
Tabla 9. Presencia de HCH en mujeres embarazadas de Chapala, Jocotepec y El Molino, 2014 .....	49
Tabla 10. Concentración (ppb) de isómeros en las mujeres embarazadas de Chapala, Jocotepec y El Molino, 2014 .....	53
Tabla 11. Estadísticos descriptivos del Índice de Masa Corporal de infantes en Chapala, Jocotepec y El Molino, 2014 .....	60
Tabla 12. Estado nutricional por edad en las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino, 2014 .....	61
Tabla 13. Estado nutricional de niños, hijos de mujeres estudiados en Chapala, Jocotepec y El Molino, 2014.....	61
Tabla 14. Estado nutricional por edad. Chapala, 2015.....	62
Tabla 15. Estado nutricional por edad. Jocotepec, 2015.....	62
Tabla 16. Estado nutricional por edad. El Molino, 2015 .....	63
Tabla 17. Análisis global, prueba de Spearman para HCH y estado nutricional de los niños de las tres localidades (n=42).....	65
Tabla 18. Prueba de Spearman para HCH y estado nutricional por localidad (Chapala y Jocotepec).....	66
Tabla 19. Análisis global, correlación de Pearson para HCH e IMC de los niños de las tres localidades (n=42).....	67
Tabla 20. Correlación de Pearson para HCH e IMC por localidad (Chapala y Jocotepec) .....	68

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Principales grupos de plaguicidas organoclorados .....	19
Figura 2. Usos del HCH.....	21
Figura 3. Comparativo de la prevalencia de sobrepeso y obesidad en población menor de cinco años en Jalisco .....	26
Figura 4. Mapa de Chapala .....	40

Figura 5. Mapa de Jocotepec .....	42
-----------------------------------	----

## **ÍNDICE DE GRÁFICAS**

Gráfica 1. HCH en las mujeres embarazadas de Chapala, Jocotepec y El Molino	48
Gráfica 2. Frecuencia de isómeros de HCH en la Ribera de Chapala. ....	49
Gráfica 3. Porcentaje de isómeros de HCH según la localidad .....	50
Gráfica 4. Isómeros de HCH en Chapala .....	51
Gráfica 5. Isómeros de HCH en Jocotepec .....	51
Gráfica 6. Isómeros de HCH en El Molino .....	52
Gráfica 7. Concentraciones (ppb) de la población de Chapala .....	54
Gráfica 8. Concentraciones (ppb) de la población de Jocotepec .....	55
Gráfica 9. Concentraciones (ppb) de la población de El Molino .....	56
Gráfica 10. Concentraciones de grasa (pg/g) de las mujeres de la población de Chapala .....	57
Gráfica 11. Concentraciones de grasa (pg/g) de la población de Jocotepec .....	58
Gráfica 12. Concentraciones de grasa (pg/g) de la población de El Molino .....	59

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo principal correlacionar la exposición materno infantil al plaguicida hexaclorociclohexano (HCH), con el aumento del índice de masa corporal de los niños (2 a 5 años) que habitan en la Ribera del Lago de Chapala, en las localidades de Chapala, Jocotepec, y El Molino. Para tal fin se analizó la exposición al HCH en muestras de suero materno por cromatografía de gases con espectrometría de masas. Se tomaron medidas antropométricas para calcular el índice de masa corporal de los niños; todo bajo consentimiento informado.

Los resultados muestran la presencia de los cuatro isómeros principales del plaguicida (alfa-, beta-, gamma-, y delta-hexaclorociclohexano) en el suero de las mujeres embarazadas. Se observa una correlación significativa en la localidad de Chapala con el isómero gamma y el índice de masa corporal, con una  $p= 0.039$ .

Se establece que, bajo las condiciones de este estudio, existe una correlación entre la exposición al hexaclorociclohexano y el índice de masa corporal.



## **ABSTRACT**

The main objective of this study was to correlate the maternal and child hexachlorocyclohexane pesticide exposure, with the body mass index of children (2-5 years) who live on the shore of Lake Chapala, in the localities of Chapala, Jocotepec, and El Molino. For this purpose, maternal serum samples were analyzed by gas chromatography mass spectrometry. Furthermore, anthropometric measurements were taken to calculate body mass index of children, all under informed consent.

The results of this study show the presence of the four main isomers of the pesticide (alpha-, beta-, gamma-, and delta-hexachlorocyclohexane) in the serum of pregnant women. In Chapala a significant correlation with the gamma isomer and BMI, with  $p = 0.039$  was also indicated.

It is established that, under the conditions of this study, we found a correlation between exposure to hexachlorocyclohexane and body mass index.

# 1 INTRODUCCIÓN

Las personas tenemos una vulnerabilidad diferente dependiendo de factores diversos, como los determinantes sociales, la edad, la raza o ciertas condiciones. Los grupos de población con mayor vulnerabilidad son los que se encuentran en etapa fetal, infantiles, juveniles, mujeres (embarazadas y lactantes), adultos mayores, minorías étnicas y enfermos crónicos. La población infantil engloba a tres de los grupos más vulnerables a las amenazas del ambiente, ya que abarcan las dos primeras décadas de vida y tienen condiciones especiales que los sitúan en el grupo más vulnerable. (PEHSU, 2015.)

Frente al medio ambiente y a los factores que los hacen vulnerables a éste, los niños frecuentemente son tratados como “adultos pequeños”, y ello impide el conocimiento sobre los efectos del medio ambiente en la infancia. Existen 6 etapas en la población infantil que se deben considerar: feto, recién nacido, infante, preescolar, escolar, y adolescente. Cada una de estas etapas tiene una susceptibilidad única a los tóxicos que se encuentran en el ambiente. Una misma exposición puede afectar diversos órganos y tejidos, dependiendo de la etapa de desarrollo en que éstos se encuentren, a esto se le llama ventana crítica de vulnerabilidad, ya que todos sus sistemas se encuentran en diversas fases de crecimiento, desde que están en el útero, hasta el final de la adolescencia. Se considera que la etapa fetal y primera infancia son las más críticas a cualquier contaminante, pudiendo existir una variedad de efectos negativos a la salud por estas exposiciones a corto, mediano, y largo plazo. (American Academy of Pediatrics Council on Environmental Health, 2012a; Organización Panamericana de la Salud, 2010b, col. 28)

Durante el embarazo, el feto tiene una barrera que los protege de ciertos químicos, esta barrera es la placenta que está compuesta de varias capas de

células y protege al feto en desarrollo, no obstante, muchos tóxicos pueden cruzar fácilmente la placenta, estos compuestos incluyen los que tienen bajo peso molecular y los solubles en grasa. Por otro lado, además de la vulnerabilidad única a los riesgos ambientales que tienen los niños, existen factores propiciatorios individuales a los tóxicos ambientales como pueden ser la susceptibilidad genética, nutricional, fisiológica o social. (American Academy of Pediatrics, 2012)

Las manifestaciones de las exposiciones a contaminantes *in útero* durante la ventana de susceptibilidad pueden expresarse en el nacimiento, al igual que durante la infancia, y también se llegan a advertir durante la adolescencia o etapa adulta. Los eventos *in útero* son capaces de alterar permanentemente la función de diferentes órganos y sistemas durante la infancia o la vida adulta. (Organización Panamericana de la Salud, 2010a)

En la actualidad existen más de 80,000 químicos sintéticos con licencia de comercialización, casi todos descubiertos desde los años 50's. Además, cada año se producen alrededor de 2,800 químicos, y lamentablemente menos de la mitad han sido estudiados para conocer la capacidad tóxica que representa para el adulto o peor aún, para el niño en su estado de desarrollo. En la vida cotidiana existen mezclas de los químicos que pueden ser riesgosas para los humanos, no sabemos con certeza cuántos de éstos pueden cruzar la barrera placentaria, es por lo que las mujeres embarazadas o en edad reproductiva deben tener un mayor cuidado ante estas posibles exposiciones. (Organización Panamericana de la Salud, 2010a, Capítulo 6)

El ambiente puede afectar y ejercer de manera negativa el crecimiento y desarrollo de los niños. Se debe señalar la importancia del impacto de los disruptores endocrinos sobre las próximas generaciones por los mecanismos de expresión génica; la Organización Mundial de la Salud venía citándolos, especialmente si se trataba de compuestos con actividad estrogénica,

particularmente con el efecto directo sobre la diferenciación y fisiología de las células grasas, sobre su metabolismo y sobre las alteraciones en las vías que controlan el tejido adiposo desde los puntos de vista hormonal y neurológico. (Landrigen, Garg, & DB, 2003)

Se acepta que los organismos en desarrollo son más susceptibles a la acción de los disruptores endocrinos, especialmente durante la gestación ya que dichos compuestos por ser lipofílicos atraviesan la barrera placentaria y pueden afectar al feto siendo el blanco principal del riesgo cuando se exponen a nuevos agentes de naturaleza ambiental. (Román González & Alfaro Velásquez, 2005)

La actividad de los disruptores endocrinos se puede caracterizar en el espacio de la endocrinología infantil de cuatro maneras fundamentales: 1. anomalía temprana en la diferenciación de las células germinales fetales con expresión neonatal y postpuberal; 2. exposición durante períodos críticos del desarrollo como durante la gestación y la peripubertad; 3. efecto potencial sobre el desarrollo y la expresión del tejido reproductor en ambos sexos y finalmente; 4. potencial carcinogénico (Román González & Alfaro Velásquez, 2005).

Pocas cuestiones en el campo de la salud pública han tenido tanta relevancia en los últimos años en los medios masivos de comunicación y reportes científicos, como es la obesidad. Sin embargo, dicho incremento no es exclusivo del mundo económicamente desarrollado, como inicialmente se especuló, sino que también afecta a otros países con menor desarrollo socioeconómico. En la revisión realizada por Popkin, se exponen datos epidemiológicos en el ámbito mundial, demostrando que en países como Brasil, India y China se han producido incrementos en los porcentajes de sobrepeso y obesidad en la población y, a medida que se va disponiendo de información de otros países del Tercer Mundo, se comprueba que la epidemia de la obesidad

es ya un fenómeno universal. (Fausto Guerra, Valdez López, Aldrete Rodríguez, & López Zermeño, 2006).

La epidemia de obesidad ha generado la interesante propuesta de que puede haber una asociación etiológica entre la exposición uterina a ciertos compuestos químicos y la obesidad postnatal (Heindel, 2003); dentro de ellos destacan principalmente los plaguicidas y específicamente, el hexaclorociclohexano por conocerse sin duda alguna como disruptor endocrino.

Los datos más recientes con los que contamos son los que provienen de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2012), cuyos resultados mostraron que la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad para el grupo de escolares (niños y niñas entre 5 y 11 años) fue de 34.4%; lo que significa que más de uno de cada tres niños mexicanos tiene un problema de sobrepeso lo que nos permite inferir la multitud de enfermedades y sufrimientos en su vida inmediata y futura. También, y por primera vez, se alcanzaron cifras que superan el 9% de sobrepeso y obesidad combinados en menores de 5 años, o sea, para el grupo en edad preescolar, un evento a todas luces preocupante.

Los datos aportados de las tres últimas encuestas nacionales (Instituto Nacional de Salud Pública, 2001, 2006, 2012) nos revelan que en los últimos 12 años (2000 a 2012), la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad en la población infantil aumentó en grados impresionantes, que colocan a México entre los primeros países del mundo que sufren estos padecimientos.

Aunado a lo anterior resultados reportados también por la Asociación Internacional para el Estudio de la Obesidad (2013) indican que en México, las tasas de sobrepeso infantil están entre las más altas del mundo. Estos resultados nos confirman que casi uno de cada tres niños en México padece sobrepeso, es decir el 30%, en contraste con el 23% de los niños y 21% de las

niñas, en promedio, de los países afiliados a la OCDE (Organization for Economic Co-operation and Development, 2014).

Las poblaciones ubicadas en la Ribera de Chapala tienen como principal fuente de trabajo la agricultura, y en los cultivos presentes en la zona se utilizan plaguicidas para diversos cultivos.

En estudios previos fue encontrada la presencia de hexaclorociclohexano al analizar muestras de sangre en mujeres embarazadas que habitaban en la zona (Lozano, 2012). Dado que este plaguicida ha sido relacionado con la presencia de obesidad infantil, se planteó la presente investigación para demostrar científicamente que los niños de las madres expuestas a este plaguicida sufren de obesidad infantil.

## 2 JUSTIFICACIÓN

La agricultura en México es más que un sector productivo importante. Más allá de su participación en el PIB nacional, que es de apenas 4%, las múltiples funciones de la agricultura en el desarrollo económico, social y ambiental determinan que su incidencia en el desarrollo sea mucho mayor de lo que ese indicador implicaría. (Food and Agriculture Organization, 2009; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, 2007)

En Jalisco, el uso del suelo predominante es el agrícola, en el Municipio de Chapala es del 41.1% y en el Municipio de Jocotepec el 50.2% de la superficie (Sistema de Información Estadística y Geográfica de Jalisco, 2012a, 2012b). En Jocotepec, la agricultura es el sector que genera mayor número de empleos. Es conocido que en todos los cultivos de estas zonas como en todo México, de manera indiscriminada y hasta despreocupada se utilizan plaguicidas para el control y manejo de lo que consideran fauna nociva al cultivo en cuestión.

En el año agrícola de 2013, Jocotepec tuvo el lugar número 35 en superficie sembrada y Chapala el lugar número 80. En cuanto a valor de producción Jocotepec tiene el lugar número 20 con \$265,618 de pesos y Chapala el 48 con \$119,784 de pesos. (Pequera, 2015).

En el periodo de 1997 a 2002 la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST), autorizó la importación a México de 963 toneladas de lindano. Hasta el año 2003, existían 11 empresas autorizadas para la comercialización del plaguicida en el país (Instituto Nacional de Ecología, 2004).

Ciertos químicos, incluyendo al plaguicida hexaclorociclohexano operan como disruptores endocrinos en el organismo, los cuales son compuestos ajenos al cuerpo que actúan de manera tal que imitan la función de las hormonas, afectando diferentes sistemas y organismos que trabajan a base de estas, tal es el caso del sistema reproductivo, la tiroides, así como el metabolismo, ya que la saciedad y el control de la acumulación de grasas se lleva a cabo por la acción de las hormonas. Está ampliamente demostrado que cuando un químico ajeno al cuerpo, entra en contacto con el sistema endocrino, puede interferir con el funcionamiento normal de ciertos sistemas. (American Academy of Pediatrics Council on Environmental Health, 2012c, Capítulo 28)

Todas las clases de disruptores endocrinos son objeto de preocupación y se requieren acciones urgentes para reducir la exposición de los seres humanos y la fauna silvestre. Un informe reciente de la OMS y el PNUMA (2012b) afirma que una medida para salvaguardar la exposición a éstos y sus posibles efectos en la salud de las mujeres y de los niños, es la reducción al mínimo de la exposición a sustancias químicas antes de la concepción y a través de la gestación.

La epidemia de obesidad mundial y nacional genera la duda y las preguntas que sustentan la presente propuesta en que se explora la presencia de plaguicidas en la mujer embarazada, así como la asociación etiológica entre la exposición uterina a plaguicidas y la obesidad infantil; (Heindel J, 2003) por lo que es necesario establecer la correlación que existe entre el uso del plaguicida hexaclorociclohexano específicamente, y su relación con la preocupante obesidad infantil en Chapala, Jocotepec y El Molino, Jalisco, lo cual permitirá reconocer la relevancia de la exposición a este compuesto en zonas agrícolas y el posible efecto que pueden tener sobre esta problemática en la salud de los niños a largo plazo. De igual manera el presente trabajo posibilitará que a futuro se puedan fortalecer los procesos de intervención interdisciplinaria desde la promoción, prevención y de manera integral, así como la generación de



políticas públicas que puedan dar un abordaje y posible solución a la problemática estudiada.

La factibilidad de este proyecto requirió del apoyo y coordinación de la Secretaría de Salud, los Servicios Médicos Municipales, las autoridades de los municipios de Chapala y Jocotepec. La Escuela de Medicina de la Universidad de Nueva York, la Universidad de Harvard, la Universidad de Guadalajara, y la Universidad de Colima. A todos ellos nuestra gratitud y respeto por su interés.

En el inicio fue difícil, pero afortunadamente, gracias a las instancias involucradas, pudimos contar con los recursos humanos, materiales, pruebas de laboratorio y reactivos, y apoyo por parte de expertos en las determinaciones de compuestos químicos en el organismo.

Lo anterior plantea la siguiente pregunta de investigación:

- ∇ ¿Qué relación existe entre la exposición materno infantil al plaguicida hexaclorociclohexano y la obesidad en la infancia en las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino?

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general**

Correlacionar la exposición materno infantil al plaguicida hexaclorociclohexano con el aumento del índice de masa corporal infantil (2 a 5 años) en las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino.

### **3.2 Objetivos específicos**

- ∇ Describir el contexto socio-demográfico de las mujeres embarazadas y el contexto demográfico de los niños de las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino.
- ∇ Determinar la cantidad y el tipo de isómero del plaguicida hexaclorociclohexano en suero del primer trimestre de embarazo de mujeres expuestas de las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino.
- ∇ Determinar la cantidad de lípidos totales en suero del primer trimestre de embarazo de mujeres expuestas en las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino.
- ∇ Categorizar el Índice de Masa Corporal de los niños expuestos en etapa gestacional al hexaclorociclohexano en las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino.

## 4 HIPÓTESIS

$H_0$ . La exposición materno infantil al plaguicida hexaclorociclohexano no está asociada a la obesidad en la infancia (2 a 5 años).

$H_1$ . La exposición materno infantil al plaguicida hexaclorociclohexano está asociada a la obesidad en la infancia (2 a 5 años).

## 5 MARCO TEÓRICO

### 5.1 Definiciones y conceptos

El presente trabajo consta de cuatro conceptos que consideramos importante explicar a continuación, ya que forman parte esencial de todo el marco teórico.

#### Salud ambiental infantil

“La salud ambiental infantil considera el ambiente al que los niños están expuestos, así como al ambiente que nosotros creamos para ellos. Por lo general la salud ambiental infantil se enfoca a los químicos contaminantes y su efecto en la salud resultante de la exposición desde la pre concepción hasta la adolescencia” (U.S. Environmental Protection Agency, 2014).

#### Hexaclorociclohexano

“El hexaclorociclohexano (HCH), conocido anteriormente como hexacloruro de benceno (BHC), es una sustancia química manufacturada que existe en ocho formas llamadas isómeros. Los diferentes isómeros se nombran de acuerdo a la posición de los átomos de hidrógeno en la estructura química” (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2005a).

#### Disruptor endocrino

“Un disruptor endocrino es una sustancia exógena o una mezcla que altera la(s) función(es) del sistema endocrino y en consecuencia causa efectos adversos a la salud en un organismo intacto, o su descendencia, o (sub)poblaciones” (International Programme on Chemical Safety, 2002).

#### Obesidad infantil

El sobrepeso y la obesidad se definen como “una acumulación anormal o excesiva de grasa que supone un riesgo para la salud” (Organización Mundial de la Salud, 2013a).

## **5.2 Antecedentes**

“La salud materno infantil hace referencia al vínculo entre la madre y el hijo, mismo que delimita una relación simbiótica en donde las condiciones de salud de la mujer durante las fases del embarazo, parto y puerperio delimitan las condiciones en las etapas prenatal, natal y posnatal (hasta los 5 años de vida) en el infante” (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2009).

En México existe una gran diferencia en la atención materno infantil por estratificación socioeconómica; el estrato económico alto tiene una mejor atención médica que el estrato bajo y muy bajo, esto según la investigación hecha por Echarri (2004), lo cual nos enseña que no todas las instituciones tratan a todos por igual, y podría hablarse de un fracaso en el sistema de salud, ya que se olvida la igualdad entre seres humanos en consideraciones sociales y económicas. Tema social importante que por razones obvias de espacio y focalización no se abordará en el presente trabajo.

En el año 2000 se establecieron los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Los objetivos número cuatro y cinco hablan acerca de mejorar la salud materna, y reducir la mortalidad infantil. Las metas fijadas fueron del 2000 al 2015, y hemos llegado a la fecha límite y desafortunadamente todavía queda mucho por hacer para reducir las mortalidades maternas infantiles y el acceso a la salud reproductiva.

Como se ha referido, la zona de estudio de este trabajo son los Municipios de Chapala y Jocotepec, siendo éstos comunidades agrícolas, existe la

exposición constante de la población habitante de la zona a plaguicidas que se usan con regularidad para los cultivos ahí sembrados. Recordemos también que las mujeres embarazadas y los niños son poblaciones vulnerables que están en riesgo de exposición a los agroquímicos.

El plaguicida hexaclorociclohexano existe en todo el mundo y comenzó su producción masiva a partir de la Segunda Guerra Mundial, se masificó su uso gracias a su fuerte acción insecticida. El HCH se puede encontrar actualmente en los sedimentos, el aire, el agua, la comida, al igual que en los animales como peces y en los humanos, particularmente en la sangre (Instituto Nacional de Ecología, 2004).

Nuestra mayor duda y meta es poder conocer el efecto en el sistema endocrino, específicamente en el cambio del índice de masa corporal de los niños expuestos en etapa de gestación.

En los últimos 30 años, la obesidad infantil se ha incrementado rápidamente en países desarrollados y en desarrollo, se predice un aumento de la incidencia de diabetes, enfermedades del corazón, derrame cerebral, y posiblemente cáncer. Entre los niños de México, las tasas de prevalencia aumentaron ms del doble; del 12% en 1988 a un 30% en 2006 (Rivera et al., 2002). En Jalisco, la prevalencia de obesidad entre niños escolares es 21% (Koshy et al., 2009). Los niños mexicanos tienen un riesgo alto a obesidad en cualquier grupo étnico, subrayando la necesidad crucial de centrar los esfuerzos de investigación sobre las poblaciones mexicanas (Strauss & Pollack, 2001).

La obesidad refleja una compleja interacción entre: las conductas individuales, estructura de la comunidad, el "ambiente construido" y los disruptores endocrinos que pueden interrumpir el balance de energía. Sin embargo, los estudios de factores de riesgo de la obesidad infantil y las intervenciones destinadas a frenar el rumbo de la epidemia no han podido

examinar cómo los factores de riesgo químicos trabajan en conjunto para afectar la obesidad y los resultados relacionados (Trasande et al., 2009). Los factores de riesgo químicos sospechosos u obesógenos ambientales, incluyen plaguicidas como el hexaclorociclohexano; productos químicos utilizados como insecticida de uso humano, veterinario y en la agricultura.

Por lo expuesto anteriormente, en el año 2008 y como respuesta a preocupaciones de las comunidades, se creó una alianza entre tres universidades (Universidad de Guadalajara, Escuela de Medicina de la Universidad de Nueva York, y la Universidad de Harvard), con la finalidad de realizar proyectos e investigaciones de salud ambiental para crear capacidades con las que se puedan identificar fuentes de contaminación, exposición y efectos, para una detección temprana de exposiciones ambientales, dirigido a niños y mujeres embarazadas. A este primer acercamiento se le denominó “Proyecto Chapala”, en el cuál participaron 300 mujeres embarazadas de las localidades de Chapala, Jocotepec, y El Molino, a las cuáles se les realizó una historia clínica ambiental, muestra de sangre y orina del primer, segundo y tercer trimestre de gestación, así como muestra de cabello; se les dio seguimiento durante todo el embarazo, hasta el momento del parto, donde se tomó muestra del cordón umbilical y cabello del recién nacido. (Cifuentes, Lozano Kasten, Trasande, & Goldman, 2011).

Posteriormente, se le dio seguimiento a los niños al cumplir tres y seis meses de edad, evaluando el desarrollo neuroconductual, cognitivo y de comportamiento tras la exposición a metilmercurio.

La siguiente fase del proyecto corresponde a los datos aportados por esta investigación.

### **5.3 Esquema general de los compuestos orgánicos persistentes**

Los compuestos orgánicos persistentes (COPs) son sustancias químicas que se originan de fuentes antropogénicas y se liberan al ambiente por

procesos químicos industriales o son subproductos no intencionales de ciertos procesos, por ejemplo al rociar pesticidas a un cultivo, procesos de incineración, etc. Se pueden encontrar en tres categorías principales: pesticidas, químicos industriales y subproductos o derivados (Jones & de Voogt, 1999; Singh & Singh, 2013). Son compuestos resistentes a la degradación que se acumulan en las cadenas alimentarias y el tejido adiposo. Muchos COPs se difunden ampliamente en el ambiente a causa de su movilidad, y a causa de su alta estabilidad físico-química y su toxicidad poseen un riesgo a la salud humana y a la vida silvestre.

Un compuesto orgánico persistente tiene una larga vida que puede variar de años a décadas en el suelo, sedimentos, aire o en la biota.

Los COPs son propensos a entrar en una fase gaseosa bajo ciertas temperaturas ambientales. Por lo tanto, se pueden volatizar de los suelos, vegetación y cuerpos de agua a la atmósfera y a causa de su resistencia a la reacción de ruptura en el aire, viajan grandes distancias antes de redepositarse. El ciclo de volatización y deposición puede repetirse varias veces, dando como resultado el que éstos puedan acumularse en áreas lejanas de donde fueron usados o emitidos. En la atmósfera los COPs se pueden dividir en partículas y aerosoles, dependiendo de la temperatura del ambiente y las propiedades físico-químicas del elemento. Entonces, la combinación de estabilidad y la propensión de formar un gas bajo condiciones apropiadas del ambiente significa que los COPs son objeto de transporte atmosférico de largo alcance (Albert, 1997; Singh & Singh, 2013).

Los COPs son compuestos lipofílicos sintéticos que persisten en el ambiente y son bioacumulables a través de la cadena alimentaria en la grasa animal y humana e incluyen un amplio rango de componentes, tal como bifenilos policlorados (PCBs), dioxinas, diclorodifenildicloroetileno (DDE), hexaclorobenzeno (HCB), hexaclorociclohexano (HCH), y muchos otros



químicos. La exposición humana a COPs comienza en el útero, ya que la mayoría de éstos cruzan la barrera placentaria (Covaci, Jorens, & Schepens, 2002; Lackmann, Angerer, Salzberger, & Tollner, 1999; Porpora et al., 2013; Rodríguez-Dozal et al., 2012; Sala et al., 2001). Los recién nacidos se exponen a los COPs a través de la leche materna, la dieta o al contacto directo con materiales que contienen estos componentes (Aliyu, Alio, & Salibu, 2010; Fischer, Hooper, Athanasiadou, Athanassiadis, & Bergman, 2006; Hernik et al., 2014; LaKind, Amina, & Berlin, 2004).

La combinación de resistencia al metabolismo de los COPs y su característica lipofílica hace que se acumulen en las cadenas alimentarias (Albert, 1997; Jones & de Voogt, 1999; Singh & Singh, 2013).

#### **5.4 Plaguicidas organoclorados**

Bajo el nombre de plaguicidas organoclorados se agrupa un número considerable de compuestos sintéticos cuya estructura química, en general, corresponde a la de los hidrocarburos clorados, aunque, además de cloro, algunos de ellos poseen oxígeno o azufre, o ambos elementos en su estructura.

Son características comunes, a la mayoría de estos compuestos, su baja solubilidad en agua y su elevada solubilidad en la mayoría de los disolventes orgánicos. Además, en general poseen baja presión de vapor y una alta estabilidad química, así como una notable resistencia al ataque de los microorganismos. En efecto estas propiedades permiten comprender el comportamiento de estos compuestos en el ambiente y en los seres vivos, y predecir que sus productos de transformación tenderán a acumularse en el tejido graso de los organismos vivos; lo que ocurre para la mayoría de estos plaguicidas. Su baja presión de vapor, su gran estabilidad físico-química y su resistencia al ataque de los microorganismos, condicionan que la persistencia de estos plaguicidas en el ambiente sea elevada. En efecto, algunos de los

plaguicidas organoclorados están, sin duda, entre los compuestos que más persisten en el medio. (OPS 2013; PAHO 2013).

En la figura 1 se presenta la clasificación de los plaguicidas organoclorados más usados, según su estructura química.

Figura 1. Principales grupos de plaguicidas organoclorados

Grupo	Ejemplo
Aromáticos clorados	DDT, dicofol, metoxicloro, clorobencilato
Cicloalcanos clorados	Hexaclorociclohexanos
Ciclodiénicos clorados	Alrín, dieldrín, endrín, heptacloro, endosulfán, clordano, mirex
Terpenos clorados	Canfeclor (toxafeno)

Figura tomada de la OPS

### 5.5 Plaguicida hexaclorociclohexano

El hexaclorociclohexano (HCH) es un compuesto utilizado en la agricultura, en el sector pecuario, veterinaria e incluso en el ámbito de la salud humana ya que es un insecticida de amplio espectro (Mendoza & De León, 2005; Olmos, 2005). Es un químico que consta de 8 isómeros, es altamente persistente en el ambiente, concentrándose en agua, aire, suelo y sedimentos, donde puede contaminar a los organismos expuestos, bioacumularse en los tejidos grasos y bioconcentrarse a través de la cadena alimentaria (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2005a).

El HCH se utilizó por primera vez en los años 40's como insecticida y desde entonces ha sido ampliamente utilizado en diversos cultivos; frutas, tabaco y hortalizas, aún las cultivadas en invernadero. También fue utilizado contra ectoparásitos en ganado y en el tratamiento de semillas antes de la siembra. Asimismo, se usó también en la industria farmacéutica en la fabricación de ungüentos, lociones y champús para el tratamiento de piojos y

sarna. (Fernández, Yarto, & Castro, 2004, p. 118).

La exposición al HCH puede ocurrir por vía respiratoria, cutánea al estar en contacto directo con la sustancia o con tierra y agua en sitios de desechos, al igual que por vía gastrointestinal al ingerir alimentos con alto contenido de lípidos o agua contaminada con la sustancia. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2005a; Lozano et al., 2012).

En virtud de que el hexaclorociclohexano fue detectado en madres que habitan en la Ribera de Chapala (Lozano et al., 2012) y éste se encuentra relacionado con la presencia de obesidad infantil, se decidió estudiar a los hijos de dichas madres para determinar si se relacionaba la presencia del disruptor con índices de obesidad infantil.

#### 5.5.1 Características físicas y químicas

El hexaclorociclohexano (HCH) es una mezcla de 8 isómeros, de los cuáles el isómero conocido como  $\gamma$ -HCH o lindano, está presente en una proporción de 10-18% y es precisamente el que proporciona las propiedades insecticidas del HCH, pues los otros isómeros tienen apenas efectos tóxicos agudos para los insectos y otros organismos. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2005b; Árias-Verdes, Rojas, Dierkmeier, Riera, & Cabrera, 1990; Hazardous Substances Data Bank, 2008a, 2008b).

La toxicidad del HCH así como otras propiedades ambientales de sus isómeros no se han estudiado completamente, sabemos que el lindano (o  $\gamma$ -HCH) es ligeramente soluble en agua (10mg/L) y es muy soluble en acetona, benceno, cloroformo y etanol. También presenta baja presión de vapor (9.4 x 10.6 mmHg a 20 °C). Es estable en presencia de luz solar, del oxígeno en el aire, del calor y de los ácidos concentrados, pero se descompone en medios alcalinos y libera con facilidad ácido clorhídrico (Agency for Toxic Substances

and Disease Registry, 2005b; Árias-Verdes et al., 1990; Hazardous Substances Data Bank, 2008a, 2008b).

### 5.5.2 Usos y producción en México

#### Producción:

Actualmente la producción de HCH en el mundo se realiza aparentemente en sólo tres países: Rumania, India y China. Todo el HCH que se encuentra en el país es importado (Instituto Nacional de Ecología, 2004).

#### Usos:

El HCH se utilizó por primera vez en los años 40's como insecticida eficiente y efectivo. Cuenta con varios usos en el país, uso agrícola, urbano, pecuario e industrial (Instituto Nacional de Ecología, 2004), como lo muestra la tabla 2.

Figura 2. Usos del HCH

Uso agrícola	Uso urbano	Uso pecuario	Uso industrial
Aplicación a follaje en plantas ornamentales. Tratamiento de semilla para siembra (avena, cebada, maíz, sorgo, trigo). Plantas formuladoras exclusivamente.	Exclusivamente para campañas sanitarias de salud pública.	Control de ácaros y piojos en bovinos, equinos, ovinos, caprichos y de otros insectos (incluidos arañas y alacranes) en instalaciones pecuarias.	Para uso exclusivo de plantas formuladoras de plaguicidas

Tomado de INE, 2004

### 5.5.3 Marco legal

La Organización Mundial de la Salud clasifica al lindano como “moderadamente peligroso” (World Health Organization, 2010), y su comercio

internacional esta restringido y regulado bajo el Convenio de Róterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional (United Nations Environment Programme & Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2005). En 2009, la producción y el uso en la agricultura del lindano fue prohibido bajo la Convención de Estocolmo de contaminantes orgánicos persistentes (Stockholm Convention, 2009). Se ha hecho una excepción específica de la prohibición que permite el uso como un tratamiento auxiliar contra los piojos.

En México, el plaguicida hexaclorociclohexano está incluido en el Catálogo Oficial de Plaguicidas hecho por la CICOPLAFEST. La finalidad de este catálogo es ayudar en el uso racional y el manejo de los plaguicidas, e incluye información relacionada con la salud pública y el medio ambiente de las sustancias enumeradas. El catálogo también ofrece datos sobre los pesticidas que se registran en el país y las aplicaciones para las que han sido autorizados (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, 2004).

México es signatario del Convenio de Estocolmo (ratificado en febrero de 2003) y el Convenio de Rotterdam (ratificado en mayo de 2005). Por lo tanto, debe cumplir plenamente las obligaciones derivadas de estos convenios, ya que adquieren la condición de la legislación nacional.

## **5.6 Exposición materno infantil**

Por su importancia, una vez más recordemos que la exposición a los disruptores endocrinos en etapas frágiles de la vida, como en la etapa fetal o neonatal, así como en la infancia es más relevante que durante la vida adulta, ya que el feto se encuentra en un estado vulnerable a las sustancias químicas (García-Mayor, Larrañaga, Docet, & Lafuente, 2012; Newbold, Padilla-Banks, & Jefferson, 2006; Tang-Péronard, Andersen, Jensen, & Heitmann, 2011).

La exposición intrauterina se ha convertido en una preocupación a nivel internacional en el ámbito de la salud pública por el impacto de las sustancias químicas que actúan como disruptores endocrinos en el desarrollo humano y la programación de la función de los órganos (United Nations Environment Programme & World, 2013).

Múltiples estudios han demostrado fehacientemente que los plaguicidas cruzan la barrera placentaria, se han hecho estudios en los cuales toman muestras de sangre, suero de la madre durante el embarazo y del cordón umbilical del recién nacido, los resultados confirman la exposición y contaminación fetal durante la gestación (Cupul-Uicab, Klebanoff, Brock, & Longnecker, 2013; Porpora et al., 2013; Rodríguez-Dozal et al., 2012).

## **5.7 Disruptores endocrinos**

Los disruptores endocrinos u hormonales son compuestos químicos, contaminantes del medio ambiente que una vez incorporado a un organismo afecta el equilibrio hormonal del mismo, en el humano y en diversas especies. Los disruptores endocrinos se encuentran en nuestro entorno y no somos conscientes de ello pues se trata de diferentes tipos de sustancias químicas que

son usadas en una amplia variedad de herbicidas, fungicidas, insecticidas, en la industria del plástico, en producción de cosméticos y comestibles (Scaglia et al., 2009).

Diversos estudios relacionan la exposición a disruptores endocrinos con problemas del sistema reproductivo de hombres y mujeres, desórdenes de neurocomportamiento, problemas de tiroides, cáncer de mama y obesidad, entre otros.

#### 5.7.1 Relación de la obesidad con los disruptores endocrinos

El control del aumento de peso se rige por muchos componentes del sistema endocrino, incluyendo el tejido adiposo, el cerebro, el sistema músculo esquelético, el hígado, el páncreas y el tracto gastrointestinal (GI). Por lo tanto, hay múltiples factores endocrinos que necesitan integrarse para controlar este sistema multifuncional y para regular el desarrollo adiposo, el número y función de las células de grasa, la ingesta de alimentos, la sensación de saciedad, los mecanismos de recompensa relacionados con placer, sensibilidad a la insulina, metabolismo de los lípidos y, en definitiva, el peso corporal (Grun & Blumberg, 2009; Newbold, Padilla-Banks, Jefferson, & Heindel, 2008).

Hay información en estudios de animales que han confirmado que la exposición a químicos durante etapas vulnerables de desarrollo definitivamente afectan el peso de las personas (Baillie-Hamilton, 2002; Newbold et al., 2006).

Existen estudios que conjeturan que la exposición durante el desarrollo a químicos como los plaguicidas organoclorados llevan a la afectación en el metabolismo del colesterol y el aumento de peso (Grun & Blumberg, 2009; Newbold et al., 2008; Newbold, Padilla-Banks, Snyder, Phillips, & Jefferson, 2007; Tang-Péronard et al., 2011). E insisten en afirmar que la exposición a

disruptores endocrinos durante el crecimiento puede afectar el desarrollo en niños (Heindel, 2011; Merrill & Birnbaum, 2011; Newbold et al., 2007; Verhulst et al., 2009).

## **5.8 Sobrepeso y obesidad en la infancia**

### **5.8.1 Obesidad, epidemia global y su importancia para la salud**

La OMS (2013) ha declarado la obesidad infantil como uno de los problemas mas graves de salud pública del siglo XXI. La prevalencia de obesidad infantil ha crecido dramáticamente a nivel global. En el mundo hay 42 millones de menores de 5 años con sobrepeso. Al menos el 10% de los niños en edad escolar sufren de obesidad o sobrepeso. Las Américas tienen la mayor prevalencia, de 32%, seguido de Europa con un 20% y el Medio Oriente con 16% (International Associations for the Study of Obesity, 2013; Lobstein, Baur, & Uauy, 2004; Maziak, Ward, & Stockton, 2008). En América, México tiene el primer lugar de niños con sobrepeso u obesidad con 36.9% en niños y 32% en niñas, le sigue EUA con 35.1% en niños y 33.2% en niñas; esto en niños de 5 a 17 años de edad, la prevalencia mas baja la tiene Trinidad y Tobago con 8.2% y 8.8% en niños y niñas respectivamente (International Association for the Study of Obesity, 2013).

La obesidad infantil trae consigo un número de problemas adicionales; riesgo elevado de padecer diabetes tipo 2 en edad temprana, hipertensión, apnea del sueño, depresión y exclusión social, así como riesgo de enfermedades en la edad adulta (Lobstein et al., 2004; Must & Strauss, 1999; Newbold et al., 2007).

Además de los factores genéticos y de comportamiento como la baja actividad física en la sociedad actual y el alto consumo de calorías, existen



factores ambientales importantes causantes de la obesidad, como los ya multicitados disruptores endocrinos.

### 5.8.2 Prevalencia del sobrepeso y obesidad infantil

En Jalisco, aproximadamente una tercera parte de la población infantil tiene problemas de sobrepeso u obesidad. La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2006) determinó que el 33.2% de la población infantil en Jalisco padece de sobrepeso u obesidad. En niños menores de 5 años la prevalencia en la zona urbana es de 9.1% y en la zona rural de 7.8%.

En la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) del año 2012, la prevalencia de obesidad y sobrepeso en niños menores de 5 años del estado de Jalisco fue de 11.3% general, con una distribución para las localidades urbanas ligeramente superiores de 10.2% y para las rurales, también con tendencia a la alta de 17.5% (Instituto Nacional de Salud Pública, 2012). En la siguiente figura se muestra el comparativo entre el 2006 y 2012.

Figura 3. Comparativo de la prevalencia de sobrepeso y obesidad en población menor de cinco años en Jalisco

	ENSANUT 2006	ENSANUT 2012
	Prevalencia %	Prevalencia %
Estatal		
Sobrepeso y obesidad	8.9	11.3
Urbana		
Sobrepeso y obesidad	9.1	10.2
Rural		
Sobrepeso y obesidad	7.8	17.5

Modificada de ENSANUT (2012)

## **6 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 Tipo de estudio**

Fue un estudio de tipo analítico, de diseño transversal.

### **6.2 Universo**

Mujeres embarazadas durante el periodo de 2009-2011 participantes en el Proyecto Chapala, y sus hijos nacidos de ese embarazo, de las comunidades de Chapala, Jocotepec y El Molino.

### **6.3 Muestra**

La muestra se conformó de dos poblaciones: la primera de 94 mujeres embarazadas de las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino; la segunda población se conformó por 42 niños y niñas con edades entre 2 y 5 años, de las tres localidades ya mencionadas. Fue una muestra no probabilística.

### **6.4 Criterios**

#### **6.4.1 Criterios de inclusión**

- Mujeres embarazadas participantes del Proyecto Chapala con presencia de plaguicida hexaclorociclohexano.
- Hijos de las mujeres que actualmente tienen de dos a cinco años de edad con presencia del plaguicida hexaclorociclohexano.
- Mujeres con muestra biológica almacenada de suero del primer trimestre de embarazo.

#### 6.4.2 Criterios de exclusión

- Mujeres e hijos que ya no vivan en el área de estudio.

#### 6.4.3 Criterios de eliminación

- Niños que sus madres no acepten participar en el estudio.

### **6.5 Variables**

- Contexto socio-demográfico materno: edad, nivel de instrucción, años viviendo en la localidad y ocupación.
- Exposición materna: cantidad de HCH, e isómeros de HCH.
- Contexto demográfico infantil: sexo y edad.
- Estado nutricional infantil: IMC y dieta.

### **6.6 Recolección de datos**

#### 6.6.1 Instrumentos

Se utilizaron 3 instrumentos: historia clínica ambiental, encuesta recordatorio de 24 horas, y registro de peso y talla de los niños.

##### 6.6.1.1 Historia clínica ambiental

Se utilizó la historia clínica ambiental que se aplicó en el estudio de metil mercurio (Lozano et al., 2012), el cuál contiene el contexto socio-demográfico de las mujeres embarazadas (Anexo 1).

##### 6.6.1.2 Encuesta de 24 horas

Se utilizó la encuesta recordatorio de 24 horas basada en la ENSANUT, aplicada a las madres o personas encargadas de la alimentación de los niños,

para conocer los hábitos alimenticios y la cantidad de calorías ingeridas (Anexo 2).

#### 6.6.1.3 Registro de peso y talla

Para registrar el peso y la talla de los niños, se utilizó un formato para el registro en centímetros y kilogramos, así como la fecha de nacimiento y la de toma de medidas (Anexo 3).

## 6.7 Material

### 6.7.1 Territorio

El estudio se llevó a cabo en la Ribera del Lago de Chapala, en las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino, del estado de Jalisco, México.

### 6.7.2 Sujetos de estudio

- 94 Mujeres y las muestras de suero individuales recolectadas bajo consentimiento informado en la investigación “Proyecto Chapala”.
- 42 Niños y niñas, hijos de las mujeres referidas anteriormente.

### 6.7.3 Material de laboratorio y muestras biológicas

Se utilizó el estándar *Expanded POPs pesticides par solution* concentración de 1000 ng/mL en ampolleta de 1.2mL del laboratorio Cambridge Isotope Laboratories, INC. Se usó plasma humano para los blancos, 94 muestras de sueros de mujeres embarazadas en su primer trimestre.

#### 6.7.4 Material para conservación y tratamiento de muestras

El almacenamiento de reactivos se llevó a cabo en un congelador convencional con temperatura regulada a  $-4^{\circ}\text{C}$  y para el almacenamiento de muestras, un congelador Forma 700 series, marca Thermo Scientific, con temperatura fija a  $-70^{\circ}\text{C}$ .

En el tratamiento de las muestras se utilizó un 16 port Vacuum Manifold marca Thermo Scientific, 200 columnas Bond Elut con capacidad de 3mL, las cuales se rellenaron con sílica Bondesil-C18  $40\mu\text{m}$  pesando un total de 500g. Se utilizaron 200 tubos de ensayo, una micropipeta, 105 puntillas y cinco vasos de precipitado. Para evaporar la muestra se utilizó un módulo de calentamiento Reacti-Therm III Heating con módulo de agujas Reacti-Vap evaporator con sensor de temperatura Reacti-Probe de Thermo Scientific, así como una bomba de aire. Las sustancias químicas utilizadas fueron metanol, diclorometano, agua, agua con 5% de metanol, acidificado 0.1N con ácido clorhídrico, ácido sulfúrico al 40%, hexano. Para el almacenamiento y transporte de las muestras secas se utilizó Parafilm y una gradilla para su transporte en una hielera de unicef y 2 geles congelados.

En la reconstitución se utilizó un agitador Vortex, 100 pipetas Pasteur, 100 viales con sus tapas y 100 insertos, así como material descrito anteriormente.

#### 6.7.5 Instrumentación analítica

Se trabajó con un cromatógrafo de gases con espectrómetro de masas modelo Varian Saturn 2100T GC/MS. Ubicado en el Laboratorio de Ingeniería Química de la Universidad de Colima, Campus Coquimatlán, utilizando el programa informático Varian MS Workstation, System Control versión 6.9 y MS Data Review versión 6.9.

Se utilizó una columna capilar para cromatografía de gases/masas HP-5ms de 30 metros, 0.25mm y 0.25µm.

El cromatógrafo de gases utiliza gas helio de alta pureza para su funcionamiento adecuado.

#### 6.7.6 Antropometría y nutrición

Se utilizó una báscula marca Tanita y estadímetro marca SECA para el peso y talla de los niños.

Programas informáticos Nutrikal VO, y Anthro OMS en una computadora Lenovo, para procesar la información de consumo calórico y categorizar el IMC

### **6.8 Métodos**

En el año 2009 la Universidad de Guadalajara en coordinación con el Instituto Nacional de Salud Pública y Mount Sinai School of Medicine efectuaron una investigación titulada “Proyecto Chapala” en los municipios de Chapala y Jocotepec, con el importante auxilio de la Secretaría de Salud.

En la referida investigación se ubicó a mujeres embarazadas de esos municipios que llegaban buscando atención médica a través del programa del gobierno federal “Seguro Popular”, una vez ahí, la secretaría de salud les proporcionaba la atención médica y las invitó a participar en la investigación entregando información completa y abierta, luego entonces, las voluntarias firmaron su consentimiento y se procedió de la siguiente manera:

1º Se tomaron muestras de sangre en el primero, segundo y tercer trimestre de embarazo a cada una de las participantes voluntarias.

2º Se tomaron de esas mujeres, muestras de orina del primer, segundo y tercer trimestre.

3º Se efectuó una encuesta ambiental, que dio idea de su comunidad y los riesgos potenciales de su condición viviendo en ese entorno.

4° Se hizo un seguimiento a cada una de ellas, durante todo su embarazo hasta el momento del alumbramiento y

5° Todas las muestras fueron congeladas a -70°C para su posterior análisis.

#### 6.8.1 Localización de mujeres

Antes de iniciar la selección de las entonces probables “sujetos de estudio” se conferenció con las autoridades responsables en cada uno de los centros de salud de las localidades en los municipios de Chapala, El Molino, y Jocotepec.

Ellos se encargaron de citar a estas personas para poder iniciar ese trabajo e incluso nos permitieron utilizar sus instalaciones para medir y pesar a los ahora niños y continuar con encuestas de otra índole.

En 2014, se continuó con el seguimiento de aquellos sujetos de estudio con objeto de conocer las repercusiones a la exposición de contaminantes y nos dimos a la tarea de reubicarlas al igual que a sus hijos.

Una vez localizadas, se le citó a cada una en el Centro de Salud de su comunidad, se les explicó individualmente la razón por la que se les había citado, y la petición de continuar participando en esta investigación. Al estar de acuerdo, se les dio a leer un nuevo consentimiento informado (anexo 4), el cuál fue firmado.

De nuestro universo, un 20% de mujeres se logró localizar por medio del Centro de Salud, con la invaluable y certera ayuda de la jefa de enfermeras y promotora de salud. En cuanto a aquellas mujeres e hijos no localizadas, se buscó el expediente del proyecto pasado (anexo 1), de donde se obtuvo la dirección y teléfono que reportaron en aquel tiempo. Una vez hecha la base de datos para la localización de las mujeres, procedimos a buscar a cada una de ellas con mapas de las comunidades y sus domicilios, encontrando que la

mayoría de teléfonos reportados en el 2010 eran celulares y ya no se pudieron localizar en esos números que habían proporcionado .

Se realizó visita domiciliaria del 80% restante del universo, encontrando el inconveniente de que en las localidades de Chapala, El Molino, y Jocotepec, el 55% de las mujeres ya no vivían en el área.

Se logró localizar un 44% del universo de estudio (94 mujeres y sus hijos), con la cual conformamos la muestra no probabilística de 42 niños y niñas.

#### 6.8.2 Estado nutricional de los niños

Se pesó a los niños con una báscula marca Tanita, con la menor ropa posible y descalzos; se midieron con un estadímetro marca SECA, y en el caso de las niñas sin ligas o moños en la cabeza que impidieran medir su estatura correctamente. Las mediciones se llevaron a cabo con la técnica que describe Shamah (2006) del Instituto Nacional de Salud Pública para las mediciones infantiles de antropometría.

Todo lo anterior se anotó en el registro de peso y talla (Anexo 3), junto con la fecha de nacimiento y la fecha en que se tomaron las medidas.

Posteriormente se realizó una encuesta de recordatorio de 24 hrs (anexo 1) a las madres o responsables del cuidado y la alimentación del niño, la cual indaga acerca de los alimentos que ingirió el niño durante el día anterior a la encuesta, la preparación y/o los ingredientes que se necesitan para la realización de los platillos, así como la hora en la que los consume. Esto nos permite conocer cuáles son los hábitos alimenticios de los niños.

Con el peso y talla de los niños se calculó el índice de masa corporal individual utilizando el programa informático WHO Anthro versión 3.2.2. Los datos obtenidos de la encuesta recordatorio de 24 hrs se vacían al programa



informático Nutrickal VO, el cual arroja resultados de la energía en kcal ingeridas por el niño, así como el porcentaje de hidratos de carbono, proteínas, lípidos totales, ácidos grasos saturados, ácidos grasos mono insaturados, y ácidos grasos poliinsaturados.

### 6.8.3 Análisis de laboratorio

Para los análisis de laboratorio, se tomaron las muestras de suero que se encontraban congeladas a  $-70^{\circ}\text{C}$ , las cuales fueron recolectadas en el proyecto anterior en el que las mujeres embarazadas habían sido partícipes.

### 6.8.4 Extracción de muestras

La extracción de las 94 muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Farmacocinética Aplicada del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara.

Se utilizó el método de extracción de plaguicidas, desarrollado por Kannan (1998). Las muestras de suero se encontraban a  $-70^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis en el Laboratorio de Chagas del Centro Universitario de Ciencias de la Salud (CUCS) de la Universidad de Guadalajara. Las 94 muestras se llevaron al Laboratorio de Farmacocinética Aplicada en una hielera, donde se sacaron y procedió a la descongelación para su extracción.

El método utilizado consiste en dos fases, siendo la primera la de la activación de la columna de separación y la segunda la de limpieza.

#### 6.8.4.1 Fase I. Activación de columna de separación

Para la primera fase se utilizó el Vacuum Manifold con 12 columnas de separación con 1.3 g de sílica cada uno, se le pasó a cada columna 6mL de metanol, seguido de 6mL de diclorometano (DMC), 6mL de agua, 6mL de agua

con 5% de metanol, acidificada con 0.1 N con ácido clorhídrico; los residuos fueron recibidos en tubos de ensayo; a continuación se le adicionó 1mL de la muestra de suero ya descongelada y previamente agitada en el Vortex, se dejó secar la columna durante 5 minutos en el vacuum, y se cambió el tubo para coleccionar la muestra. Se le adicionó 5mL de DCM, seguidos de otros 5mL de DCM, el tubo con la muestra se llevó al Reacti-Therm III a una temperatura de 35°C y se dejó evaporar hasta llegar a los 2.5mL con ayuda del Reacti-Vap III.

#### 6.8.4.2 Fase II. Limpieza de muestra

Se utilizó el Vacuum Manifold con 12 columnas de separación con 0.2 g de sílica más 1 g de sílica acidificada (60% sílica, más 40% ácido sulfúrico). Se acondicionó cada columna con una solución de 6mL de hexano con 30% de DCM, se le adicionó 2.5mL de la muestra que se preparó en la Fase I, se realizó el cambio de tubo para coleccionar la muestra, se pasó por la columna 5mL de hexano con 30% de DCM. La muestra se pasó al Reacti-Therm III con Reacti-Vap III a una temperatura de 35°C y se dejó evaporar completamente, hasta su reconstitución para el análisis en el cromatógrafo de gases acoplado a masas.

#### 6.8.5 Preparación de la muestra para el análisis

La reconstitución de las muestras secas se llevó a cabo en el Laboratorio de Química Analítica, dentro de los Laboratorios de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Colima, Campus Coquimatlán.

Se le adicionó 1mL de hexano a cada tubo de ensayo seco para reconstituir, se agitó cada uno en el Vortex y se transfirieron 100µL con pipeta Pasteur a cada inserto del vial para su análisis en el cromatógrafo de gases acoplado a masas.

#### 6.8.6 Análisis de muestras

El análisis de las 94 muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Cromatografía de Gases dentro de los Laboratorios de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Colima, Campus Coquimatlán; utilizando un Cromatógrafo de Gases acoplado a Espectrómetro de Masas modelo Varian Saturn 2100T GC/MS.

Se inyectó 1 $\mu$ L al equipo de cada inserto, la corrida por muestra tenía una duración de 32 minutos.

#### 6.8.7 Determinación de lípidos

Para realizar la determinación de lípidos se llevo a cabo análisis de colesterol y triglicéridos a cada una de las muestras, utilizando el equipo Spinreact/Chronolab. En un tubo de ensayo se adicionó 10 $\mu$ L de muestra de suero y 100 $\mu$ L del reactivo de colesterol, se incubó por 5 minutos a 35°C y se llevó al equipo para su lectura.

Para los triglicéridos, se adicionó 10 $\mu$ L de muestra de suero y 100 $\mu$ L de reactivo para triglicéridos, se incubó durante 5 minutos a 35°C, se llevó al equipo para su lectura.

Se aplicó la siguiente fórmula revisada por Phillips (1989) para realizar el ajuste de lípidos:

$$TL = 2.27 TC + TG + 0.623$$

Donde:

*TC* es el colesterol total.

*TG* triglicéridos totales.

*TL* son los lípidos totales.

## 6.9 Análisis estadístico

Se capturaron los datos en el paquete estadístico SPSS versión 21, y Excel, considerando medidas descriptivas de la población de mujeres y niños. La correlación entre las variables del plaguicida HCH y el estado nutricional, se llevó a cabo con un análisis estadístico correlacional no paramétrico Rho de Spearman.

Para conocer si existe relación entre la exposición al plaguicida hexaclorociclohexano y el IMC de los niños de los municipios de Chapala y Jocotepec, se eligió y aplicó una prueba estadística de coeficiente de correlación de Pearson para conocer la inferencia entre las variables.

Además, se realizó un análisis descriptivo de las variables, tales como frecuencia de género entre los niños de las tres localidades; frecuencia de las cantidades de plaguicida y sus isómeros entre las tres localidades.

## **6.10 Consideraciones éticas**

Se elaboró un consentimiento informado sobre el estudio y sus implicaciones, de acuerdo a las leyes de salud general vigentes, basado en los códigos de ética, para la evaluación de los niños (Anexo 4).

Se le dio a leer y firmar a las madres, se contestaron todas las preguntas que la investigación podía generar.

El análisis de muestras se llevó a cabo en 94 muestras, por lo que se buscó la firma de consentimiento informado en las mujeres involucradas. No se encontró a todas, por lo que se prosiguió con el análisis ya que en el consentimiento informado del estudio pasado en el que fueron participantes, firmaron que las muestras recolectadas podían ser utilizadas en futuros estudios.

## 7 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

### 7.1 Chapala

#### 7.1.1 Situación

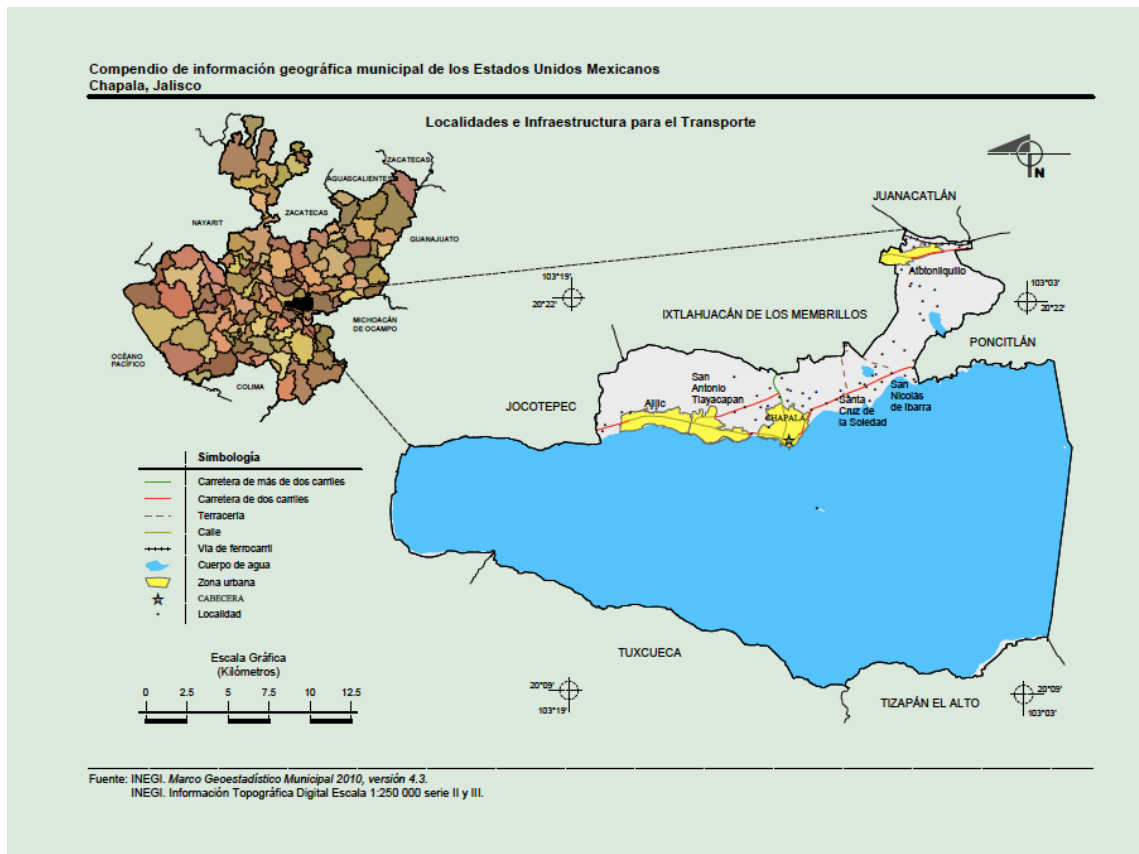
Chapala se localiza al centro del estado de Jalisco Entre los paralelos 20°09' y 20°25' de latitud norte; los meridianos 103°01' y 103°26' de longitud oeste; a una altitud entre 1 600 y 2 400 m sobre el nivel del mar.

#### 7.1.2 Delimitación

Colinda al norte con los municipios de Jocotepec, Ixtlahuacán de los Membrillos, Juanacatlán y Poncitlán; al este con los municipios de Poncitlán y Tizapán el Alto; al sur con los municipios de Tizapán el Alto y Tuxcueca; al oeste con los municipios de Tuxcueca y Jocotepec.

Ocupa el 0.80% de la superficie del estado. Cuenta con 73 localidades y una población total de 48 839 habitantes. <http://mapserver.inegi.org.mx/mgn2k/>; resultado del censo 2010.

Figura 4. Mapa de Chapala



Fuente: tomado de INEGI

## 7.2 Jocotepec

### 7.2.1 Situación

Políticamente el municipio de Jocotepec se localiza en la región Ciénega. Geográficamente entre los paralelos 20°10' y 20°25' de latitud norte; los meridianos 103°17' y 103°33' de longitud oeste; altitud entre 1 600 y 2 800 metros sobre el nivel del mar.

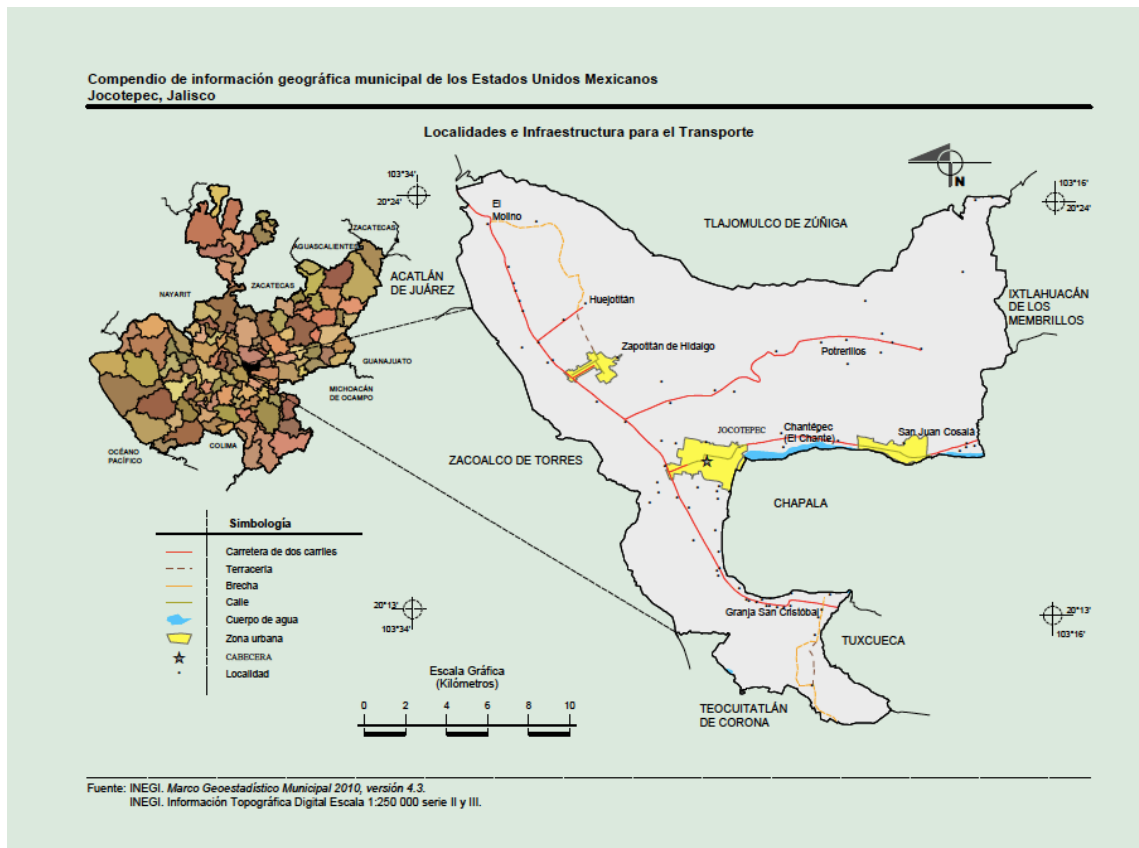
### 7.2.2 Delimitación

Colinda al norte con los municipios de Acatlán de Juárez y Tlajomulco de Zúñiga; al este con los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, Ixtlahuacán de los Membrillos y Chapala; al sur con los municipios de Chapala, Tuxcueca, Teocuitatlán de Corona y Zacoalco de Torres; al oeste con los municipios de Zacoalco de Torres y Acatlán de Juárez.

Ocupa el 0.42% de la superficie del estado. Cuenta con 82 localidades y una población total de 42 164 habitantes. <http://mapserver.inegi.org.mx/mgnk/>; resultado del censo 2010.



Figura 5. Mapa de Jocotepec



Fuente: tomado de INEGI

## 8 RESULTADOS

### 8.1 Características socio-demográficas de las mujeres embarazadas

La Población de estudio estuvo constituida por 94 mujeres embarazadas, procedentes de tres comunidades distribuidas de la siguiente manera: Jocotepec 53%, Chapala 31% y El Molino 15% en el periodo de 2009 y 2010. La edad mínima de las mujeres fue de 15 años, y la máxima de 39 años (tabla 1).

Tabla 1. Frecuencia de mujeres embarazadas por localidad, 2010

	Frecuencia	Porcentaje
Jocotepec	51	54%
Chapala	29	31%
El Molino	14	15%
Total	94	100%

Número	Edad Mínima	Edad Máxima	Media
93	15	39	23.56

Fuente: encuesta directa

La distribución por grupo de edad mostró que en Chapala y Jocotepec predominó el grupo etario de mujeres de 15 a 19 años con 31% y 32% respectivamente. En El Molino fue el grupo etario de 20 a 24 años con 46%. En la comunidad de Jocotepec se encuentra el 8% mayores de 35 años (tabla 2).

Tabla 2. Distribución porcentual por edades y localidad, 2010

Edad	Localidad						Total	%
	Chapala	%	Jocotepec	%	El Molino	%		
15 a 19	10	31%	16	32%	3	27%	29	31%
20 a 24	9	28%	12	24%	5	46%	26	28%
25 a 29	5	16%	14	28%	3	27%	22	23%
30 a 34	8	25%	4	8%	0	0%	12	13%
35 a 39	0	0%	4	8%	0	0%	4	4%
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>100%</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>	<b>93</b>	<b>100%</b>

Fuente: encuesta directa

Al indagar sobre la escolaridad de las mujeres en estudio se encontró que el 31% de las mujeres estudiadas tenían la primaria completa y secundaria incompleta; en Chapala el 38% tenían secundaria completa, y el 28% primaria completa. En Jocotepec se encontraron el 18% con primaria completa, 22% con secundaria completa, mientras que en el Molino el 30% tenían secundaria completa, 31% primaria completa y 17% preparatoria incompleta (tabla 3).

Tabla 3. Grado de estudios de las mujeres embarazadas por localidad, 2010

Último grado de estudios	Localidad						Total	%
	Chapala	%	Jocotepec	%	Molino	%		
Primaria completa	9	28%	16	32%	4	31%	29	31%
Secundaria incompleta	8	25%	16	18%	4	19%	29	31%
Secundaria completa	12	38%	11	22%	5	30%	28	30%
Primaria incompleta	1	3%	5	10%	0	0%	6	6.4%
Preparatoria incompleta	0	0%	3	6%	2	17%	5	5.3%
Preparatoria completa	1	3%	4	8%	0	0%	5	5.3%
Carrera técnica	1	3%	1	2%	0	0%	2	2%

completa									
Carrera técnica	0	0%	1	2%	0	0%	1	1.1%	
incompleta									
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>100%</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>	<b>12</b>	<b>100%</b>	<b>94</b>	<b>100%</b>	

Fuente: encuesta directa

En relación a la residencia de todas las mujeres el mínimo de años que tienen las mujeres viviendo en la Ribera de Chapala es un año y el periodo máximo 35 años con una media de 17.5 años (tabla 4).

Tabla 4. Mínimo y máximo de años viviendo en la Ribera de Chapala

N	Años Mínimo	Años Máximo	Media
94	1	35	17.50

Fuente: encuesta directa

En Chapala, el 56% de las embarazadas tenían de 11 a 20 años viviendo en la zona, y el 31% de 21 a 30 años; en Jocotepec, el 44% tenían de 11 a 20 años habitando en la localidad; en el Molino 42% tienen de 1 a 10 años viviendo en la comunidad y otro 42% de 21 a 30 años (tabla 5).

Tabla 5. Años de residencia en la Ribera de Chapala de las mujeres embarazadas por localidad, 2010

Años	Localidad						Total	%
	Chapala	%	Jocotepec	%	Molino	%		
1 a 10	2	6%	12	24%	5	42%	19	20%
11 a 20	18	56%	22	44%	2	17%	42	45%
21 a 30	10	31%	14	28%	5	42%	29	31%
más de 30	2	6%	2	4%	0	0%	4	4%
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>100%</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>	<b>12</b>	<b>100%</b>	<b>94</b>	<b>100%</b>

Fuente: encuesta directa

En relación a la ocupación de mujeres en Chapala, el 88% eran amas de casa, de igual manera el 80% en Jocotepec y el 92% en el Molino se dedicaban al hogar (tabla 6).

Tabla 6. Ocupación de las mujeres embarazadas por localidad, 2010

Ocupación	Localidad						Total	%
	Chapala	%	Jocotepec	%	Molino	%		
Hogar	28	88%	40	80%	11	92%	79	85%
Campo	0	0%	3	6%	1	8%	4	4%
Doméstica	1	3%	0	0%	0	0%	1	1%
Comerciante	1	3%	2	4%	0	0%	3	3%
Otro oficio	0	0%	1	2%	0	0%	1	1%
Empleada	2	6%	2	4%	0	0%	4	4%
Pescador	0	0%	1	2%	0	0%	1	1%
Estudiante	0	0%	1	2%	0	0%	1	1%
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>100%</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>	<b>12</b>	<b>100%</b>	<b>94</b>	<b>100%</b>

Fuente: encuesta directa

## 8.2 Características demográficas infantes estudiados

En relación al sexo se encontró el 59% de niños del sexo masculino en Jocotepec el mismo porcentaje en Chapala, y el 67% en el Molino (tabla 7).

Tabla 7. Sexo de los infantes por localidad, 2014

Localidad	Femenino	%	Masculino	%	Total	%
Chapala	7	41%	10	59%	17	100%
Jocotepec	9	41%	13	59%	21	100%
El Molino	1	33%	2	67%	3	100%
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>40.5%</b>	<b>25</b>	<b>59.5%</b>	<b>42</b>	<b>100%</b>

Fuente: encuesta directa

Los niños incluidos en el estudio tenían edades comprendidas entre 2 y 5 años, predominando la edad de 3 años en un 50%, seguidos de los niños de 4 años (19%) y finalmente los de 2 y 5 años, con 2.4% respectivamente.

Los niños de 3 años se encuentran localizados en su mayoría en Jocotepec (64%), los de 4 años se encuentran en Chapala mayormente (65%) (tabla 8).

Tabla 8. Edad en años de infantes por localidad, 2014

Edad en años	Chapala	%	El Molino	%	Jocotepec	%	Total	%
2	1	6%	0	0%	0	0%	1	2%
3	4	24%	3	100%	14	64%	21	50%
4	11	65%	0	0%	8	36%	19	45%
5	1	6%	0	0%	0	0%	1	2%
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>	<b>22</b>	<b>100%</b>	<b>42</b>	<b>100%</b>

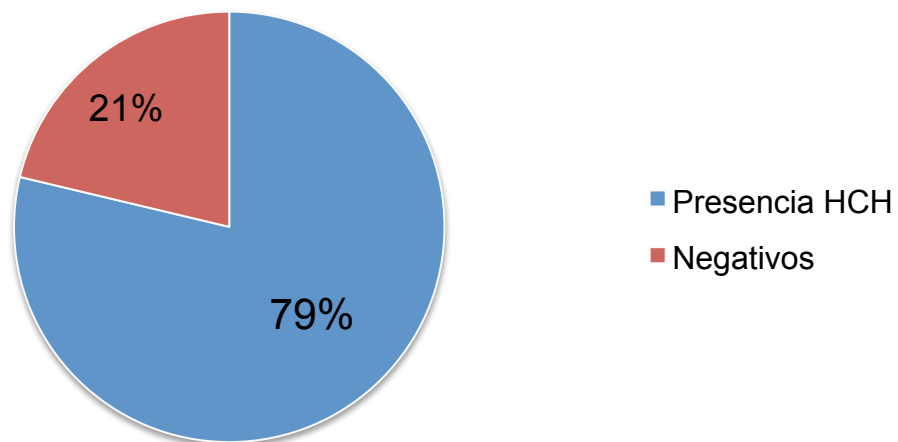
Fuente: encuesta directa

### 8.3 Exposición materna. HCH en suero

#### 8.3.1 Presencia de hexaclorociclohexano (HCH) en las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino

El 79% de las mujeres embarazadas incluidas en este estudio se les detectó la presencia de HCH y sus isómeros (gráfica 1).

Gráfica 1. HCH en las mujeres embarazadas de Chapala, Jocotepec y El Molino



Fuente directa y elaboración propia

### 8.3.2 Presencia de HCH en mujeres por localidad

La localidad en que las mujeres tuvieron con mayor presencia de hexaclorociclohexano es Chapala con 83%, seguido de El Molino con 64%, y Jocotepec con 39% (tabla 9).

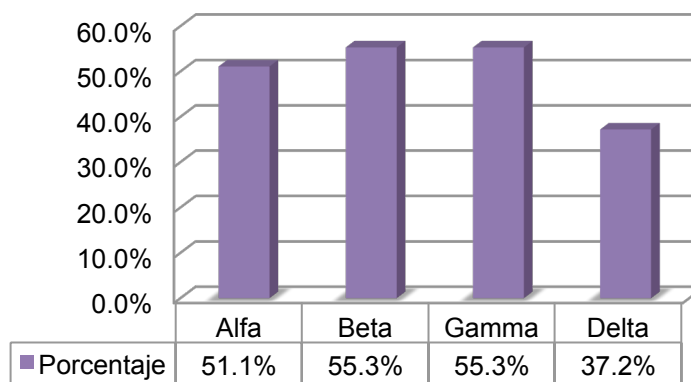
Tabla 9. Presencia de HCH en mujeres embarazadas de Chapala, Jocotepec y El Molino, 2014

	Total	%	Frecuencia	Porcentaje
Chapala	29	100%	24	83%
Jocotepec	51	100%	20	39%
El Molino	14	100%	9	64%

Fuente: encuesta directa

Los isómeros con mayor frecuencia encontrados en las mujeres son  $\beta$ -HCH y  $\gamma$ -HCH con 55.3% en las tres localidades, seguido de  $\alpha$ -HCH (51.1%), el isómero con menor presencia es  $\delta$ -HCH con 37.2% (gráfica 2).

Gráfica 2. Frecuencia de isómeros de HCH en la Ribera de Chapala.

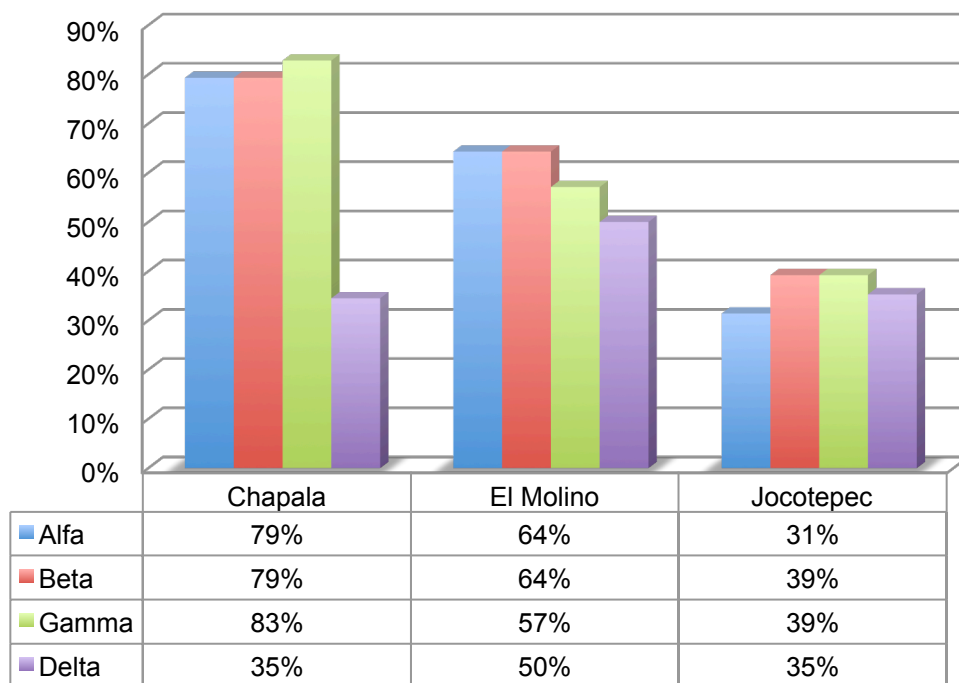


Fuente directa y elaboración propia



Al analizar los porcentajes más altos de presencia de HCH en mujeres por localidad. Se encontró que en Chapala  $\gamma$ -HCH es el isómero más abundante 83%. En el Molino  $\alpha$ -HCH y  $\beta$ -HCH tienen presencia del 64%. En Jocotepec,  $\beta$ -HCH y  $\gamma$ -HCH 39% (gráfica 3).

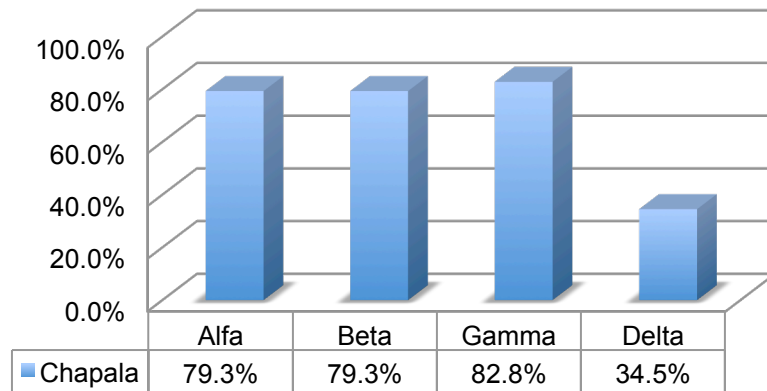
Gráfica 3. Porcentaje de isómeros de HCH según la localidad



Fuente directa y elaboración propia

Al indagar específicamente en la localidad de Chapala, el isómero con mayor frecuencia aislado fue el  $\gamma$ -HCH con 82.8% de presencia, seguidos de  $\alpha$ -HCH y  $\beta$ -HCH con 79.3%,  $\delta$ -HCH es el que se encontró con menor frecuencia con 34.5% (gráfica 4).

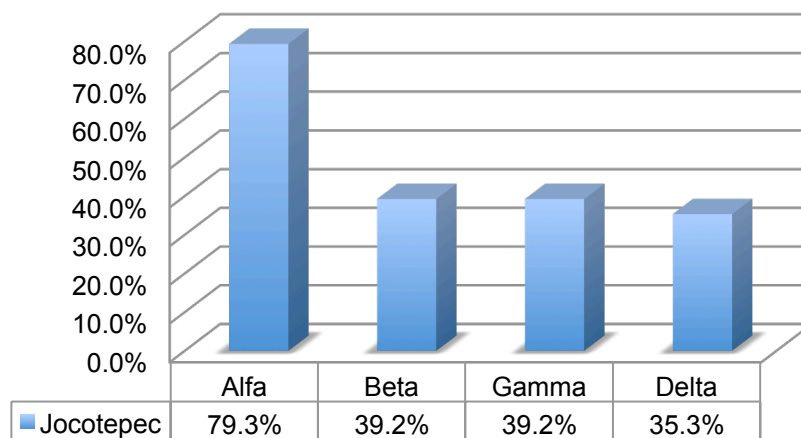
Gráfica 4. Isómeros de HCH en Chapala



Fuente directa y elaboración propia

En Jocotepec se estudiaron 51 mujeres embarazadas. En ellas el isómero  $\alpha$ -HCH se encontró con mayor frecuencia, con un porcentaje de 79.3, por el contrario,  $\delta$ -HCH se encontró con menor frecuencia, en un 35.3% (gráfica 5).

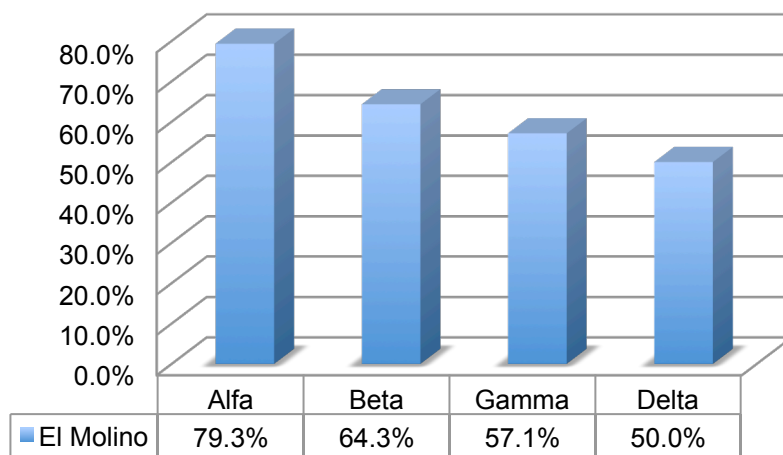
Gráfica 5. Isómeros de HCH en Jocotepec



Fuente directa y elaboración propia

El isómero encontrando con mayor frecuencia en El Molino fue el  $\alpha$ -HCH con 79.3% en la población, mientras que el que tuvo menor presencia es el  $\delta$ -HCH, presentándose en un 50%, de la población estudiada (gráfica 6).

Gráfica 6. Isómeros de HCH en El Molino



Fuente directa y elaboración propia

### 8.3.3 Concentraciones de HCH en suero de las mujeres embarazadas de las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino

De las 94 muestras analizadas de las tres localidades, la máxima concentración del isómero  $\alpha$ -HCH, fue de 21,801.4 partes por billón (ppb) y la mínima de 9.9 ppb que se encontró en el isómero  $\gamma$ -HCH (tabla 10).

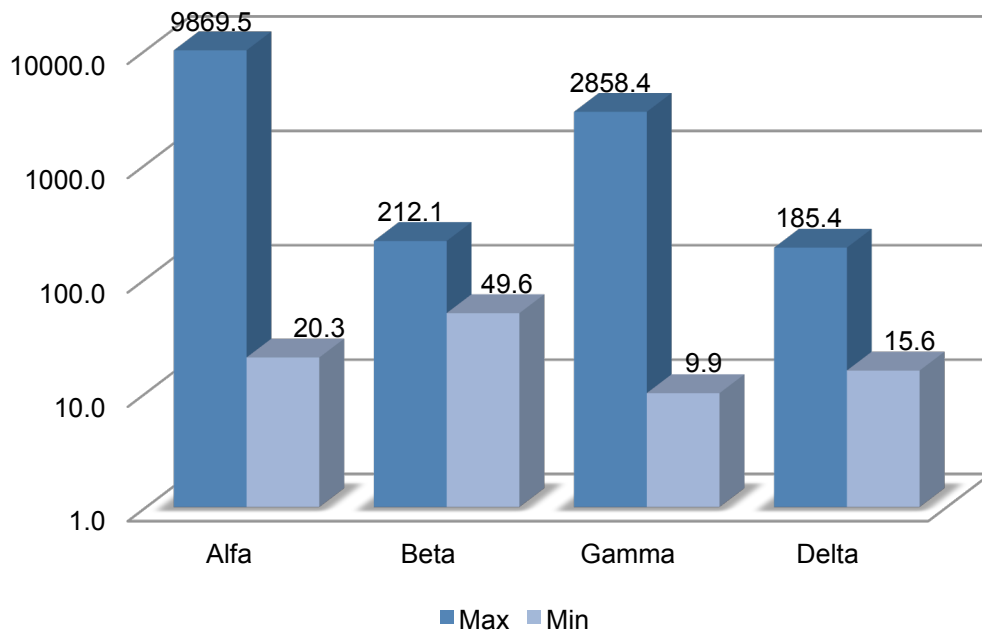
Tabla 10. Concentración (ppb) de isómeros en las mujeres embarazadas de Chapala, Jocotepec y El Molino, 2014

	$\alpha$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\gamma$ -HCH (lindano)	$\delta$ -HCH
Máxima	21801.4	452.2	8330.4	420.9
Mínima	12.6	20.2	9.9	12.7
Media	1156.4	108.4	191.9	68.4

Fuente directa

La concentración máxima encontrada en Chapala es de 9,869.5 ppb, en el isómero  $\alpha$ -HCH y la concentración mínima es de 9.9 ppb en el isómero  $\gamma$ -HCH (gráfica 7).

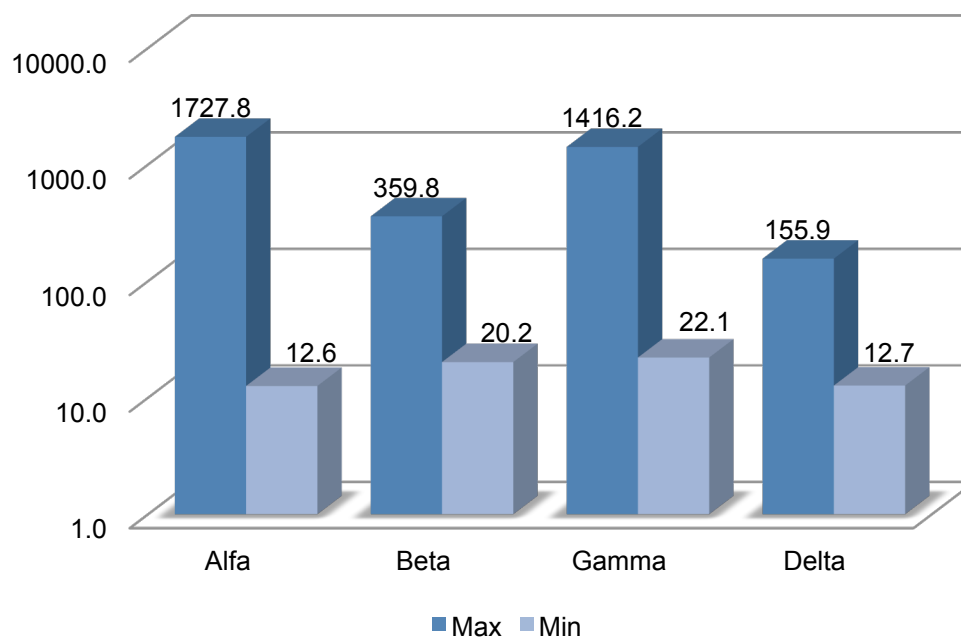
Gráfica 7. Concentraciones (ppb) de la población de Chapala



Fuente directa y elaboración propia

En la localidad de Jocotepec, la concentración máxima y mínima se encuentra en el isómero  $\alpha$ -HCH, siendo el valor mayor de 1,727.8 ppb y el mínimo 12.6 ppb (gráfica 8).

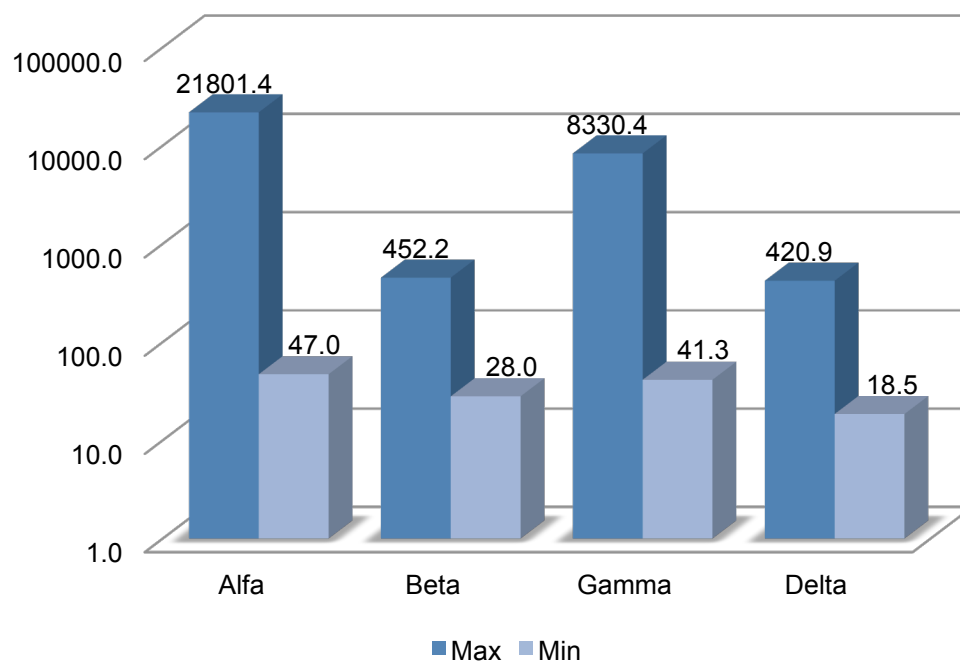
Gráfica 8. Concentraciones (ppb) de la población de Jocotepec



Fuente directa y elaboración propia

En el Molino, la concentración máxima es de 21,801.4 ppb, encontrada en el isómero  $\alpha$ -HCH y la concentración mínima es de 18.5 ppb en el isómero  $\delta$ -HCH (gráfica 9).

Gráfica 9. Concentraciones (ppb) de la población de El Molino

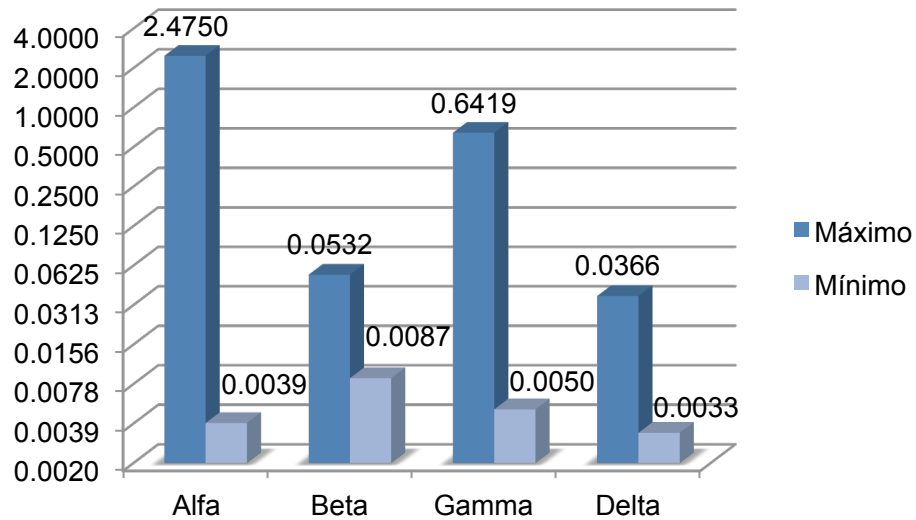


Fuente directa y elaboración propia

#### 8.4 Ajuste de lípidos en suero de mujeres embarazadas

Al analizar las concentraciones para Chapala del ajuste de lípidos de suero en la población de embarazadas estudiadas, la concentración máxima encontrada en el isómero  $\alpha$ -HCH, es de 2.4750 pg en gramos de grasa y la mínima es de 0.0033 pg/g de grasa, en el isómero  $\delta$ -HCH (gráfica 10).

Gráfica 10. Concentraciones de grasa (pg/g) de las mujeres de la población de Chapala

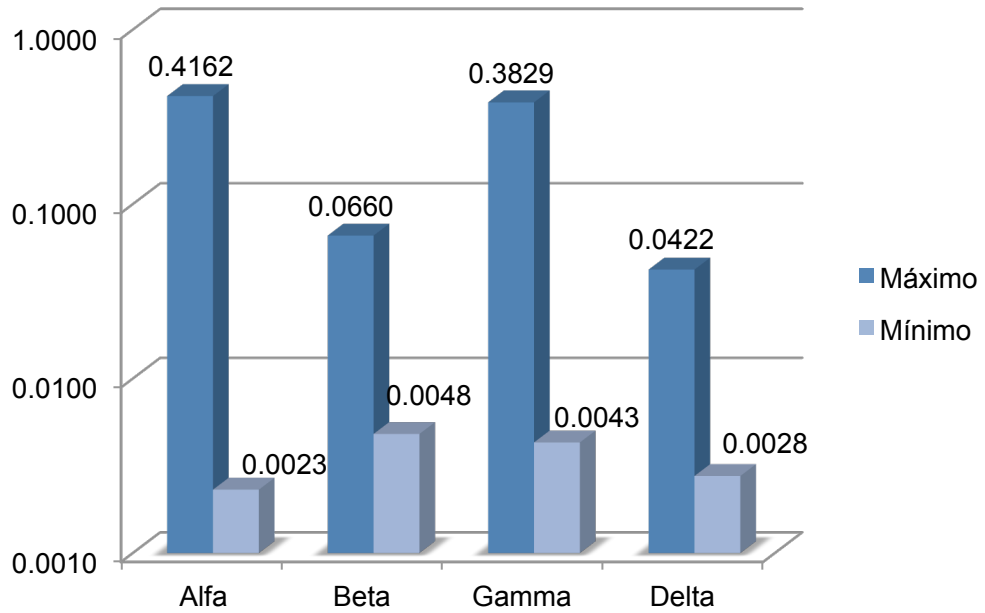


Fuente directa y elaboración propia

En relación al ajuste de lípidos de suero en la localidad de Jocotepec, la concentración máxima encontrada fue de 0.4162 pg en gramos de grasa, y la mínima fue de 0.0023 pg/g de grasa, encontrada en el isómero  $\alpha$ -HCH (gráfica 11).



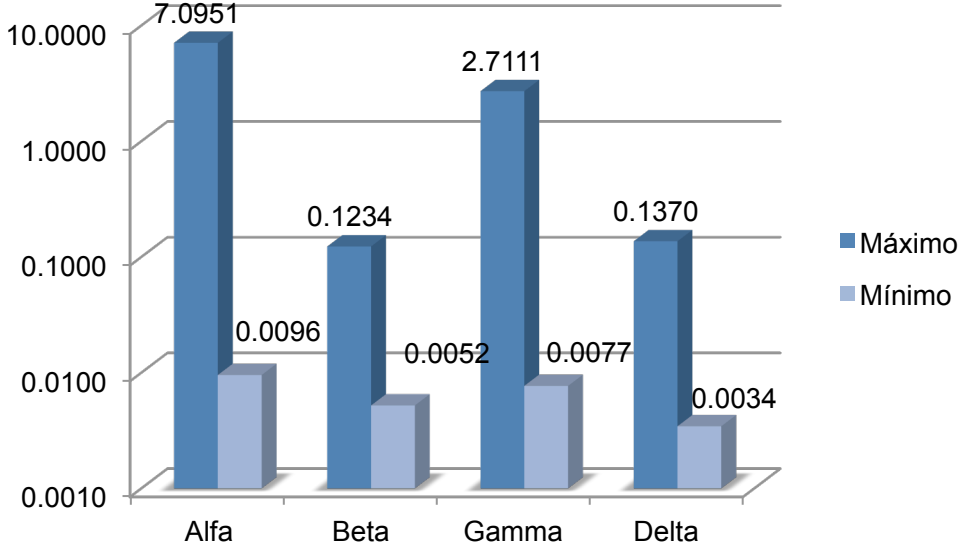
Gráfica 11. Concentraciones de grasa (pg/g) de la población de Jocotepec



Fuente directa y elaboración propia

Las concentraciones para El Molino del ajuste de lípidos de suero, fueron concentración máxima encontrada en el isómero  $\alpha$ -HCH de 7.0951 pg en gramos de grasa y la mínima fue de 0.0034 pg/g de grasa, encontrada en el isómero  $\delta$ -HCH (gráfica 12).

Gráfica 12. Concentraciones de grasa (pg/g) de la población de El Molino



Fuente directa y elaboración propia

## 8.5 Estado nutricional infantil

### 8.5.1 Índice de Masa Corporal (IMC) en los niños de las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino.

La población infantil estudiada, hijos de las embarazadas expuestas a HCH estuvieron distribuidas en las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino, se localizaron durante el año 2014.

La media del índice de masa corporal de los 42 niños en las tres poblaciones es de 15.8, el máximo 19.6 y mínimo 13.3 (tabla 11).

Tabla 11. Estadísticos descriptivos del Índice de Masa Corporal de infantes en Chapala, Jocotepec y El Molino, 2014

Total	Mínimo	Máximo	Media
42	13.3	19.6	15.802

Fuente directa

El 7% de los niños estudiados tienen sobrepeso, 5% obesidad, 5% bajo peso y 83% tenían un peso normal (tabla 12).

Tabla 12. Estado nutricional por edad en las localidades de Chapala, Jocotepec y El Molino, 2014

Edad	Bajo peso	%	Normal	%	Sobrepeso	%	Obesidad	%	Total	%
2	0	0%	1	2%	0	0%	0	0%	1	2%
3	0	0%	18	43%	2	5%	1	2%	21	50%
4	2	5%	15	36%	1	2%	1	2%	19	46%
5	0	0%	1	2%	0	0%	0	0%	1	2%
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>5%</b>	<b>35</b>	<b>83%</b>	<b>3</b>	<b>7%</b>	<b>2</b>	<b>5%</b>	<b>42</b>	<b>100%</b>

Fuente directa

El 18% de los niños con sobrepeso se encuentran en la localidad de Chapala, el 6% con obesidad en Jocotepec, otro 6% en El Molino; el 12% de los niños con bajo peso se localizan en Chapala (tabla 13).

Tabla 13. Estado nutricional de niños, hijos de mujeres estudiados en Chapala, Jocotepec y El Molino, 2014

Localidad	Bajo peso	%	Normal	%	Sobrepeso	%	Obesidad	%	Total	%
Chapala	2	12%	11	65%	3	18%	1	6%	17	100%
Jocotepec	0	0%	21	96%	0	0%	1	6%	22	100%
El Molino	0	0%	3	100%	0	0%	0	0%	3	100%
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>5%</b>	<b>35</b>	<b>83%</b>	<b>3</b>	<b>7%</b>	<b>2</b>	<b>5%</b>	<b>42</b>	<b>100%</b>

Fuente directa

En Chapala, se encontró que el 17% de los niños incluidos en el estudio tenían sobrepeso, el 12% de estos tenían tres años de edad. El 6% eran obesos y tenían cuatro años de edad; mientras que el 65% tenían un peso normal, y el 12% peso bajo (tabla 14).

Tabla 14. Estado nutricional por edad. Chapala, 2015

Localidad	Edad en años	Estado nutricional				Total
		bajo peso	normal	sobrepeso	obesidad	
Chapala	2	0	1	0	0	1
		0%	9%	0%	0%	6%
	3	0	2	2	0	4
		0%	18%	67%	0%	24%
	4	2	7	1	1	11
		100%	64%	33%	100%	65%
	5	0	1	0	0	1
		0%	9%	0%	0%	6%
	Total	2	11	3	1	17
			100%	100%	100%	100%

Fuente directa

En Jocotepec, las edades de los niños era entre tres y cuatro años, de ellos el 5% tenía obesidad y el 95% el peso era normal (tabla 15).

Tabla 15. Estado nutricional por edad. Jocotepec, 2015

Localidad	Edad en años	Estado nutricional				Total
		bajo peso	normal	sobrepeso	obesidad	
Jocotepec	3	0	13	0	1	14
		0%	62%	0%	100%	64%
	4	0	8	0	0	8
		0%	38%	0%	0%	36%
	Total	0	21	0	1	22
			0%	100%	0%	100%

Fuente directa

Los niños de la localidad de El Molino tenían 3 años, todos ellos resultaron con un peso normal (tabla 16).

Tabla 16. Estado nutricional por edad. El Molino, 2015

Localidad	Edad en años	Estado nutricional				Total
		bajo peso	normal	sobrepeso	obesidad	
El Molino	3	0	3	0	0	3
		0%	100%	0%	0%	100%
Total		0	3	0	0	3
		0%	100%	0%	0%	100%

Fuente directa

## 8.6 Correlación no paramétrica

### 8.6.1 Rho de Spearman

Se realizó la prueba Rho de Spearman para las variables:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, y  $\delta$ -HCH, analizados contra el estado nutricional.

La hipótesis planteada para esta prueba fue la siguiente:

H<sub>0</sub>. La exposición materna infantil al plaguicida hexaclorociclohexano no está asociada a la obesidad en la infancia (2 a 5 años).

H<sub>1</sub>. La exposición materna infantil al plaguicida hexaclorociclohexano está asociada a la obesidad en la infancia (2 a 5 años).

La correlación no paramétrica aplicada a la muestra de las tres localidades en forma general, mostró resultados significativos para  $\alpha$ -HCH ( $p=0.018$ ) y  $\gamma$ -HCH ( $p= 0.21$ ) con una significancia de 0.05 (tabla 17), aceptando la hipótesis alterna para los isómeros alfa y gamma.

Tabla 17. Análisis global, prueba de Spearman para HCH y estado nutricional de los niños de las tres localidades (n=42)

Rho de Spearman		Estado nutricional
$\alpha$ -HCH	Coeficiente de correlación	.363*
	Sig. (bilateral)	.018
	N	42
$\beta$ -HCH	Coeficiente de correlación	.101
	Sig. (bilateral)	.525
	N	42
$\gamma$ -HCH	Coeficiente de correlación	.356*
	Sig. (bilateral)	.021
	N	42
$\delta$ -HCH	Coeficiente de correlación	-.177
	Sig. (bilateral)	.262
	N	42

\* La correlación es significativa al nivel 0.05

De la misma manera, se aplicó la prueba para cada localidad, uniendo El Molino con Jocotepec por pertenecer al mismo municipio. Los resultados arrojaron correlación para los isómeros  $\alpha$ -HCH ( $p=0.089$ ) y  $\gamma$ -HCH ( $p= 0.53$ ) para Chapala con una significancia de 0.05, aceptando la hipótesis alterna para los isómeros alfa y gamma. En Jocotepec no existe una correlación significativa para ningún isómero y el estado nutricional de los niños (tabla 18).



Tabla 18. Prueba de Spearman para HCH y estado nutricional por localidad (Chapala y Jocotepec)

Localidad - HCH		Estado nutricional	
Chapala	$\alpha$ -HCH	Rho	.425*
		p	.089
		N	17
	$\beta$ -HCH	Rho	.186
		p	.474
		N	17
	$\gamma$ -HCH	Rho	.477*
		p	.053
		N	17
	$\delta$ -HCH	Rho	-.227
		p	.380
		N	17
Jocotepec- El Molino	$\alpha$ -HCH	Rho	.122
		p	.561
		N	25
	$\beta$ -HCH	Rho	-.148
		p	.479
		N	25
	$\gamma$ -HCH	Rho	.160
		p	.445
		N	25
	$\delta$ -HCH	Rho	-.137
		p	.515
		N	25

\* La correlación es significativa al nivel 0.05

## 8.7 Estadística inferencial paramétrica

### 8.7.1 Prueba de coeficiente de correlación de Pearson

Se quiere conocer si existe relación entre la exposición al plaguicida hexaclorociclohexano y el IMC de los niños de los municipios de Chapala y Jocotepec. Se eligió y aplicó una prueba estadística de correlación de Pearson para conocer la inferencia entre las variables de HCH e IMC.

Se realizó una correlación global de las tres localidades, Chapala, Jocotepec y El Molino, los resultados muestran que no existe correlación significativa entre las variables HCH e IMC (tabla 19).

Tabla 19. Análisis global, correlación de Pearson para HCH e IMC de los niños de las tres localidades (n=42)

	Correlación de Pearson	Índice de Masa Corporal
$\alpha$ -HCH	Correlación de Pearson	.058
	Sig. (bilateral)	.716
	N	42
$\beta$ -HCH	Correlación de Pearson	-.003
	Sig. (bilateral)	.987
	N	42
$\gamma$ -HCH	Correlación de Pearson	.115
	Sig. (bilateral)	.469
	N	42
$\delta$ -HCH	Correlación de Pearson	-.089
	Sig. (bilateral)	.577
	N	42

Al realizar el análisis por localidad, Chapala muestra una correlación significativa para el isómero  $\gamma$ -HCH ( $p= 0.39$ ) y el IMC, mientras que Jocotepec tiene nula correlación (tabla 20).

Tabla 20. Correlación de Pearson para HCH e IMC por localidad (Chapala y Jocotepec)

Localidad - HCH			Índice de Masa Corporal
Chapala	$\alpha$ -HCH	r	.283
		p	.272
		N	17
	$\beta$ -HCH	r	-.088
		p	.737
		N	17
	$\gamma$ -HCH	r	.504*
		p	.039
		N	17
	$\delta$ -HCH	r	.203
		p	.434
		N	17
Jocotepec- El Molino	$\alpha$ -HCH	r	-.172
		p	.411
		N	25
	$\beta$ -HCH	r	-.045
		p	.829
		N	25
	$\gamma$ -HCH	r	-.158
		p	.452
		N	25
	$\delta$ -HCH	r	-.235
		p	.258
		N	25

\* La correlación es significativa al nivel 0.05

## 9 DISCUSIÓN

En la actualidad se estima que existen más de 80,000 sustancias químicas sintéticas producidas por el hombre, casi todas descubiertas desde los años 50's, que no tienen comparación con las existentes en el ambiente. Cada año se producen alrededor de 2,800 químicos, y lamentablemente menos de la mitad han sido estudiados para conocer la capacidad tóxica que representa para el feto, el niño o el adulto.

Las mujeres embarazadas o en edad reproductiva deben tener un mayor cuidado ante estas posibles exposiciones, ya que muchas de estas sustancias químicas forman parte de las actividades cotidianas, que pueden pertenecer a un proceso no intencionado, inadvertido o accidental. El pesticida organoclorado analizado en este estudio tiene actividad hormonal, por lo que entra en la clasificación de disruptor endocrino.

Para llegar al objetivo general se describió el contexto socio-demográfico materno y demográfico infantil, así como la presencia y cantidad del plaguicida en suero de mujeres, se categorizó el índice de masa corporal de los niños, para finalizar con la asociación entre la exposición materno infantil y el IMC.

El grupo de estudio constituido por mujeres embarazadas estuvo distribuido porcentualmente acorde a la cantidad de población general de la comunidad siendo de esta manera, que más de la mitad de las embarazadas procedían de Jocotepec, seguido de la localidad de Chapala.

En relación a la edad de las embarazadas estudiadas destaca que el mayor porcentaje eran adolescentes, coincidiendo con el problema del incremento del embarazo adolescente en Jalisco, así lo refleja la Encuesta Nacional de Juventud que revela que el 26.6% de las mujeres se embarazaron

a temprana edad, es decir antes de los 19 años (Instituto Mexicano de la Juventud, 2010).

En Chapala y Jocotepec predominó el grupo etario de 15 a 19 años mientras que en El Molino fue el grupo de 20 a 24 años. Es decir siguen el comportamiento nacional de la fecundidad temprana. Solamente en la localidad de Jocotepec se encontró el 4% de embarazadas mayores de 35 años lo cual es considerado como alto riesgo obstétrico.

Al comparar según localidad es importante mencionar que todas las mujeres en este estudio tenían cierto grado de escolaridad. En Chapala y El Molino predominaba la secundaria completa, mientras que en Jocotepec predominó la primaria incompleta. No se encontraron mujeres analfabetas. La educación femenina es un determinante fundamental en diversos indicadores sociales como: fecundidad, educación, salud y mortalidad de los niños, además es facilitador de futuras intervenciones en educación y promoción de la salud, y a mayor nivel educativo las personas cuidan mejor la salud y el bienestar de las familias (Pederzini Villareal, 2007).

El 80 por ciento de la población de estudio eran residentes permanentes de la zona, de 11 a 30 años viviendo en la Ribera de Chapala, un 20% podrían ser clasificadas ya como residentes habituales. Esto es importante porque indica que tienen riesgo de exposición prolongada a los plaguicidas.

El que la mujer permanezca mayormente en el hogar (84% según resultados de la presente investigación) no garantiza que se evite la exposición a sustancias tóxicas, ya que pueden estar expuestas a los plaguicidas por diferentes circunstancias: porque utilizan para el consumo familiar alimentos contaminados, o porque llevan el almuerzo a sus familiares a los sitios de trabajo en los cultivos, cuando no están cercanos a sus viviendas.

Es preocupante que en este estudio, se detectó la presencia en suero materno del plaguicida HCH en el 79% de la población estudiada; encontramos la presencia de los isómeros  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH, y  $\delta$ -HCH. Los niveles menores correspondieron al  $\delta$ -HCH con 37.2% y se incrementaron significativamente en  $\alpha$ -HCH con 51.1% y todavía más en  $\beta$ -HCH con 55.3%; los resultados obtenidos en la presencia del isómero  $\gamma$ -HCH 55.3% arrojan una similitud con el  $\beta$ -HCH. Los resultados encontrados por Aurrekoetxea et al. (2011), mostraron también que la presencia de  $\beta$ -HCH fue la más elevada en la muestra estudiada, pero no así para el isómero tipo  $\gamma$ -HCH. Los estudios que determinan concentraciones de hexaclorociclohexano, se han realizado casi en el mismo porcentaje de estudios en tejido adiposo (46%) y en sangre (50%), mientras que sólo un 4% son en leche materna. (Porta et al., 2008).

En el estado de Veracruz, Waliszewski et al. (2012) ha determinado los niveles de  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -HCH, acumulados en suero materno de mujeres embarazadas. Durante este estudio únicamente se detectó la presencia de  $\beta$ -HCH.

La metodología utilizada en este estudio ha sido aplicada por otros autores; Burillo-Putze et al. (2014) quien encontró en el 88.2% de los sujetos de una población española no expuesta laboralmente, compuestos organoclorados y residuos de lindano en 30.5% de las muestras en suero sanguíneo, las cuales se identificaron mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas.

Los resultados encontrados por Reyes-Osses (2011) realizados en Chile, fueron similares a los del presente estudio, la muestra fue de mujeres embarazadas con edades de 16 a 39 años, encontrando los isómeros  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -HCH. Las concentraciones encontradas fueron menores, con una media de 2.46 ng/mL ( $\alpha$ -HCH), 1.28 ng/mL ( $\beta$ -HCH) y 2.04 ng/mL ( $\gamma$ -HCH), a pesar de que el método de extracción de la muestra fue distinto al aquí realizado.

Diversos estudios llevados a cabo en Italia y México para determinar la presencia y cantidad de plaguicidas organoclorados, se realizan en suero de mujeres embarazadas con edades entre 14 y 39 años (Lozano et al., 2012; Porpora et al., 2013; Rodríguez-Dozal et al., 2012), coincidiendo con este estudio.

Los niños que nacieron de las madres expuestas a HCH y que fueron estudiados, tenían edades comprendidas entre dos y cinco años predominando el grupo etario de tres y cuatro años. Existe preocupación por la epidemia de obesidad infantil en México que según datos de la OCDE (2014) indican que en nuestro país, las tasas de sobrepeso infantil están entre las más altas del mundo.

Algunos resultados internacionales recolectados por la Asociación Internacional para el Estudio de la Obesidad (World Obesity Federation, 2014) muestran que uno de cada tres niños en México padece sobrepeso, mientras que los niños del presente estudio tenían en su mayoría un índice de masa corporal normal (83%), a la vez se encontró 5% con bajo peso, solamente 5% con obesidad y 7% con sobrepeso.

Los niños con sobrepeso y obesidad son pocos, la mayoría fueron localizados en Chapala (17%), en ellos se encontró mayor presencia del plaguicida y específicamente del isómero  $\gamma$ -HCH; las pruebas estadísticas establecieron correlación significativa entre ambos fenómenos en Chapala, así como una asociación significativa en la correlación cualitativa global del HCH de los isómeros  $\alpha$ -HCH ( $p= 0.018$ ) y  $\gamma$ -HCH ( $p= 0.021$ ); al igual la correlación cuantitativa en Chapala con el isómero  $\gamma$ -HCH ( $p= 0.039$ ).

En 2013 Cupul-Uicab et al., evaluaron la asociación entre la exposición prenatal al  $\beta$ -hexaclorociclohexano ( $\beta$ -HCH), la obesidad y el sobrepeso o IMC en 1,915 niños de hasta 7 años de edad, presentando resultados que no

mostraron una clara evidencia de una asociación. De la misma manera Mendez et al. (2011) evaluaron a niños expuestos a  $\beta$ -HCH al nacer y a los 14 meses de edad, encontrando nula correlación. Aún así había una asociación con el plaguicida DDE.

Otros estudios realizados en Bélgica, Suecia y Canadá, evaluaron la asociación con la presencia de  $\beta$ -HCH en suero y el IMC de hombres y mujeres adultos, encontrando una correlación positiva y significativa (Dirinck et al., 2011; Glynn et al., 2003; Pelletier, Després, & Tremblay, 2002; Tang-Péronard et al., 2011).

Resultados de un estudio realizado en 350 niños rusos proporcionan evidencia de que las asociaciones de las concentraciones séricas de  $\beta$ -HCH medidos a los 8-9 años de edad y su IMC a través de cinco visitas de estudio durante cuatro años, tienen correlación significativa, sin embargo a medida que el niño crecía la correlación disminuía (Burns et al., 2012).

Además de todos los efectos ampliamente discutidos en este documento y a pesar de que no se hayan correlacionado fuertemente la obesidad y la exposición al HCH en el grupo estudiado, la literatura menciona que debe existir interés y preocupación en la comunidad médico-científica por la interacción de los organoclorados con los receptores endocrinos. Estudios in vitro y experimentos con animales han apoyado el punto que sostiene que la función del sistema endocrino podría verse alterada por estas interacciones (Vonier, Crain, McLachlan, Guillette, & Arnold, 1996).

Aunque no fue objeto del presente estudio conocer la vía de contaminación, es importante señalar que otros estudios sugieren que la exposición al HCH se debe en su mayoría a la ingesta de plantas, animales y productos de origen animal contaminados. De igual manera, la inhalación de aire y el consumo de agua potable son otras fuentes de exposición en menor



medida, asimismo los infantes se exponen durante el desarrollo fetal y la lactancia. (Walker, Vallero, & Lewis, 1999). El lindano tiene una tasa de absorción dérmica documentada de 9.3%, y es absorbido con mayor eficacia a través de la piel lacerada (Pohl & Tylenda, 2000).

Las limitaciones de este estudio fueron las siguientes:

a) Aunque el IMC es el método comúnmente usado para las prácticas de campo y de clínica, por ser fácil, rápido y no invasivo, la limitación de este instrumento reside en la poca precisión de medición de grasa corporal, ya que es posible tener un IMC sano o en los límites normales, pero tener grasa corporal acumulada en exceso, creando una alteración en la relación de la masa muscular y la grasa corporal (Harvard T.H. Chan School of Public Health, 2015; Sifferlin, 2013).

b) Debido a la carga de trabajo de los laboratorios dentro de la Universidad de Guadalajara, no hubo disponibilidad para realizar el análisis de las muestras, por lo que fue necesario llevarlas a la Universidad de Colima para hacer uso de las instalaciones de esa institución.

## 10 CONCLUSIONES

Con el análisis del presente estudio se puede concluir lo siguiente:

1. Se establece que, bajo las condiciones de este estudio, existe una correlación positiva entre la exposición al plaguicida hexaclorociclohexano y el índice de masa corporal.
2. Es importante darle continuidad a los niños de este estudio, para conocer las posibles afectaciones en las siguientes etapas de la vida.
3. Este estudio aporta elementos teóricos y prácticos para el fortalecimiento del marco legal regulatorio del uso de plaguicidas y sus posibles efectos en la salud materno infantil, lo que favorecerá a todas las familias cuyo ingreso económico es a través del trabajo en la agricultura, así como a las personas que viven en el área. De igual manera sensibilizará a la sociedad civil, sobre la exposición laboral de las embarazadas y los efectos nocivos que puede implicar en la salud del niño de manera inmediata y a largo plazo.
4. Se deberá prestar especial atención en futuras investigaciones a la localidad de Chapala, ya que ésta es la que tiene mayor presencia de los isómeros del HCH. Cabe mencionar que es la localidad con mayor porcentaje de sobrepeso (17%), sin olvidar que es la única que tiene una correlación significativa entre el isómero  $\gamma$ -HCH (lindano) y el IMC. Esto lleva a la pregunta: ¿seguirá en uso el plaguicida hexaclorociclohexano, a pesar de su clasificación como “uso restringido” en el Catálogo de

Plaguicidas de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios?

5. Los resultados aquí presentados deben preocupar al ciudadano, tomadores de decisiones, así como a investigadores, ya que el riesgo es alto y todos estamos expuestos, aún si la dosis es pequeña; algunos compuestos se han prohibido, sin embargo se siguen usando agroquímicos, quizás menos persistentes y menos peligrosos, pero no inocuos. En virtud de que la contaminación es real, consideramos que hasta este momento, se están adoptando soluciones de forma demasiado lenta y debemos ser más coherentes en nuestras formas de vivir, estableciendo estrategias destinadas a promover políticas públicas y privadas más activas contra los agentes químicos ambientales.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2005a). *Resumen de Salud Pública. Hexaclorociclohexano*.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2005b). *Toxicological profile for alpha-, beta-, gamma-, and delta-hexachlorocyclohexane*. Atlanta.
- Albert, L. A. (1997). Compuestos orgánicos persistentes. En L. A. Albert (Ed.), *Introducción a la Toxicología Ambiental* (p. 471). Metepec: ECO. Recuperado a partir de <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico.htm>
- Aliyu, M. H., Alio, A. P., & Salibu, H. M. (2010). To breastfeed or not to breastfeed: a review of the impact of lactation exposure to polychlorinated biphenyls (PCBs) on infants. *Journal Environmental Health*, 73, 8-14.
- American Academy of Pediatrics Council on Environmental Health. (2012a). Children's Unique Vulnerabilities to Environmental Hazards. En R. A. Etzel & S. J. Balk (Eds.), *Pediatric Environmental Health* (3ra ed.). Illinois.
- American Academy of Pediatrics Council on Environmental Health. (2012b). Individual Susceptibility to Environmental Toxicants. En R. A. Etzel & S. J. Balk (Eds.), *Pediatric Environmental Health* (3ra ed.). Illinois.
- American Academy of Pediatrics Council on Environmental Health. (2012c). *Pediatric Environmental Health*. (R. A. Etzel & S. J. Balk, Eds.) (3ra ed.). Illinois.
- Árias-Verdes, J., Rojas, D., Dierkmeier, G., Riera, C., & Cabrera, N. (1990). Plaguicidas organoclorados, características. En *ECO serie vigilancia* (pp. 7-25). México.
- Aurrekoetxea, J. J., Begoña, M., Jiménez, C., Goñi, F., Cambra, K., & Alonso, E. (2011). Plaguicidas y PCBs en suero en población general de Barakaldo posiblemente expuesta al hexaclorociclohexano entre 1947 y 2002. *Revista Española de Salud Pública*, 85(2), 189-204.
- Baillie-Hamilton, P. (2002). Chemical toxins: a hypothesis to explain the global obesity epidemic. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 8(2), 185-192.

- Burillo-Putze, G., Luzardo, O. P., Pérez, C., Zumbado, M., Yanes, C., Trujillo-martín, M., ... Boada, D. (2014). Exposición a plaguicidas persistentes y no persistentes en población no expuesta laboralmente de la isla de Tenerife. *Gac Sanit*, 916(11), 9-12. Recuperado a partir de <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaceta.2013.11.003>
- Burns, J. S., Williams, P. L., Sergeev, O. S., Korrick, S. a., Lee, M. M., Revich, B., ... Hauser, R. (2012). Serum concentrations of organochlorine pesticides and growth among Russian boys. *Environmental Health Perspectives*, 120(2), 303-308. <http://doi.org/10.1289/ehp.1103743>
- Cifuentes, E., Lozano Kasten, F., Trasande, L., & Goldman, R. H. (2011). Resetting our priorities in environmental health: An example from the south-north partnership in Lake Chapala, Mexico. *Environmental Research*, 111(6), 877-880. <http://doi.org/10.1016/j.envres.2011.05.017>
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. (2004). Catálogo de Plaguicidas. Recuperado 25 de agosto de 2015, a partir de <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas> y [Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx](http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx)
- Covaci, A., Jorens, P. G., & Schepens, P. (2002). Distribution of PCBs and organochlorine pesticides in umbilical cord and maternal serum. *Sci Total Environ*, 298, 45-53.
- Cupul-Uicab, L., Klebanoff, M., Brock, J., & Longnecker, M. (2013). Prenatal Exposure to Persistent Organochlorines and Childhood Obesity in the U.S. Collaborative Perinatal Project. *Environmental health perspectives*, 121(9), 1103-1110. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1205901>
- Dirinck, E., Jorens, P. G., Covaci, A., Geens, T., Roosens, L., Neels, H., ... Van Gaal, L. (2011). Obesity and persistent organic pollutants: possible obesogenic effect of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 19(4), 709-14. <http://doi.org/10.1038/oby.2010.133>
- Echarri Cánovas, C. J. (2004). Estratificación socioeconómica y salud materno infantil en México. *Papeles de Población*, 10(39), 95-128. Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/pdf/112/11203905.pdf>
- Fausto Guerra, J., Valdez López, R. M., Aldrete Rodríguez, M. G., & López Zermeño, M. D. C. (2006). Antecedentes históricos sociales de la obesidad en México. *Medigraphic Artemisa en línea*, VIII(Obesidad), 91-94.
- Fernández, A., Yarto, M., & Castro, J. (2004). *Las sustancias tóxicas persistentes en México*.

- Fischer, D., Hooper, K., Athanasiadou, M., Athanassiadis, I., & Bergman, A. (2006). Children show highest levels of polybrominated diphenyl ethers in a California family of four: a case study. *Environmental Health Perspectives*, 114, 1581-1584.
- Food and Agriculture Organization. (2009). *La fao en México. Más de 60 años de cooperación: 1945-2009*. México: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Recuperado a partir de [www.fao.org](http://www.fao.org)
- García-Mayor, R. V., Larrañaga, A., Docet, M. F., & Lafuente, A. (2012). Endocrine disruptors and obesity: Obesogens. *Endocrinología y Nutrición (English Edition)*, 59(4), 261-267. <http://doi.org/10.1016/j.endoen.2012.05.001>
- Glynn, A., Granath, F., Aune, M., Atuma, S., Darnerud, P. O., Bjerselius, R., ... Weiderpass, E. (2003). Organochlorines in Swedish Women: Determinants of Serum Concentrations. *Environmental Health Perspectives*, 111(3), 349-355.
- Gobierno del Estado de Jalisco. (2015). Chapala. Recuperado 15 de abril de 2015, a partir de <http://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/municipios/chapala>
- Grun, F., & Blumberg, B. (2009). Endocrine disrupters as obesogens. *Molecular and cellular endocrinology*, 304(1-2), 19-29.
- Harvard T.H. Chan School of Public Health. (2015). Measuring Obesity | Obesity Prevention Source. Recuperado 17 de julio de 2015, a partir de <http://www.hsph.harvard.edu/obesity-prevention-source/obesity-definition/how-to-measure-body-fatness/>
- Hazardous Substances Data Bank. (2008a). HCH, Toxnet system. Recuperado 11 de marzo de 2015, a partir de <http://toxnet.nlm.nih.gov/>
- Hazardous Substances Data Bank. (2008b). Lindane, Toxnet system. Recuperado a partir de <http://toxnet.nlm.nih.gov/>
- Heindel, J. (2003). Endocrine disruptors and the obesity epidemic. *Toxicol Sci*, 76(2), 247-249.
- Heindel, J. (2011). Overview and human evidence obesity before birth. En Lustig (Ed.), *The obesogens hypothesis of obesity* (pp. 355-365). Springer US.
- Hernik, a, Góralczyk, K., Struciński, P., Czaja, K., Korcz, W., Minorczyk, M., ... Ludwicki, J. K. (2014). Characterising the individual health risk in infants

exposed to organochlorine pesticides via breast milk by applying appropriate margins of safety derived from estimated daily intakes. *Chemosphere*, 94, 158-63.  
<http://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.09.067>

Instituto Mexicano de la Juventud. (2010). *Encuesta Nacional de Juventud 2010. Resultados generales*. Recuperado a partir de [http://www.imjuventud.gob.mx/imgs/uploads/Encuesta\\_Nacional\\_de\\_Juventud\\_2010\\_-\\_Resultados\\_Generales\\_18nov11.pdf](http://www.imjuventud.gob.mx/imgs/uploads/Encuesta_Nacional_de_Juventud_2010_-_Resultados_Generales_18nov11.pdf)

Instituto Nacional de Ecología. (2004). *El lindano en México*.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2009). Salud Materno Infantil. En *Mujeres y Hombres en México 2009*. Aguascalientes. Recuperado a partir de [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/mujeresyhombres/2009/myh\\_2009\\_2.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/mujeresyhombres/2009/myh_2009_2.pdf)

Instituto Nacional de Salud Pública (INSP). (2001). *Encuesta nacional de nutrición 1999*. (J. Rivera, T. Shamah, S. Villalpando, T. González, B. Hernández, & J. Sepúlveda, Eds.) (1ra ed.). Cuernavaca. Recuperado a partir de <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Encuesta+Nacional+de+Nutrici+n+1999#0>

Instituto Nacional de Salud Pública (INSP). (2006). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. 2006*. (G. Olaiz, J. Rivera, T. Shamah, R. Rojas, S. Villalpando, M. Hernández, & J. Sepúlveda, Eds.).

Instituto Nacional de Salud Pública (INSP). (2012). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales*.

International Association for the Study of Obesity. (2013). Childhood overweight % (including obesity) by region. Recuperado 23 de noviembre de 2013, a partir de [http://www.iaso.org/site\\_media/library/resource\\_images/Global\\_Childhood\\_Overweight\\_October\\_2013.pdf](http://www.iaso.org/site_media/library/resource_images/Global_Childhood_Overweight_October_2013.pdf)

International Associations for the Study of Obesity. (2013). Prevalence % overweight and obesity by who region by gender and age (using IOFT international cut off points). Recuperado 23 de noviembre de 2013, a partir de [http://www.iaso.org/site\\_media/library/resource\\_images/Childhood\\_\\_Overweight\\_\\_Obesity\\_by\\_Region\\_and\\_age\\_v2.pdf](http://www.iaso.org/site_media/library/resource_images/Childhood__Overweight__Obesity_by_Region_and_age_v2.pdf)

- International Programme on Chemical Safety. (2002). *Global Assessment of the State-of-the-Science of Endocrine Disruptors*. (T. Damstra, S. Barlow, A. Bergman, R. Kavlock, & G. Van Der Kraak, Eds.) (1ra ed.). Ginebra. Recuperado a partir de [http://www.who.int/ipcs/publications/new\\_issues/endocrine\\_disruptors/en/](http://www.who.int/ipcs/publications/new_issues/endocrine_disruptors/en/)
- Jones, K. C., & de Voogt, P. (1999). Persistent organic pollutants (POPs): state of the science. *Environmental Pollution*, 100(1-3), 209-221. [http://doi.org/10.1016/S0269-7491\(99\)00098-6](http://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00098-6)
- Kannan, K., Imagawa, T., Blankenship, A. L., & Giesy, J. P. (1998). Isomer-specific analysis and toxic evaluation of polychlorinated naphthalenes in soil, sediment, and biota collected near the site of a former chlor-alkali plant. *Environmental Science and Technology*, 32(517), 2507-2514. <http://doi.org/10.1021/es980167g>
- Koshy, S., Garcia-Garcia, G., Sandoval Pamplona, J., Renoirte-Lopez, K., Perez-Cortes, G., Salazar Gutierrez, M. L., ... Tonelli, M. (2009). Screening for kidney disease on World Kidney Day in Jalisco, Mexico. *Pediatric Nephrology*, 24, 1219-1225. <http://doi.org/10.1007/s00467-009-1136-7>
- Lackmann, G. M., Angerer, J., Salzberger, U., & Tollner, U. (1999). Influence of maternal age and duration of pregnancy on serum concentrations of polychlorinated biphenyls and hexachlorobenzene in fullterm neonates. *Biol Neonate*, 76, 214-219.
- LaKind, J. S., Amina, W. A., & Berlin, J. (2004). Environmental chemicals in human milk: a review of levels, infant exposures and health, and guidance for future research. *Toxicol Appl Pharmacol*, 198, 184-208.
- Landrigan, P. J., Garg, A., & DB, D. (2003). Assessing the effects of endocrine disruptors in the National Children's Study. *Environmental health perspectives*, 111, 1678-1682.
- Lobstein, T., Baur, L., & Uauy, R. (2004). Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obesity Reviews*, 5(1), 4-85.
- Lozano, F., García, A. K., Padilla, L. F., Rizo, G., Cifuentes, E., & Trasande, L. (2012). Exposición involuntaria de mujeres embarazadas al plaguicida hexaclorociclohexano (HCH) en Chapala, México 2011-2012. *Waxapa*, 2(7), 55-60.
- Maziak, W., Ward, K. D., & Stockton, M. B. (2008). Childhood obesity: are we missing the big picture? *Obesity reviews: an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, 9(1), 35-42. <http://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2007.00376.x>



- Mendez, M. a, Garcia-Esteban, R., Guxens, M., Vrijheid, M., Kogevinas, M., Goñi, F., ... Sunyer, J. (2011). Prenatal organochlorine compound exposure, rapid weight gain, and overweight in infancy. *Environmental health perspectives*, 119(2), 272-8. <http://doi.org/10.1289/ehp.1002169>
- Mendoza, N., & De León, J. A. (2005). Prohibición del uso del lindano. *Rev Fac Med*, 48(3), 1-2.
- Merrill, M. La, & Birnbaum, L. S. (2011). Childhood Obesity and Environmental Chemicals. *Mount Sinai Journal of Medicine*, 78, 22-48. <http://doi.org/10.1002/MSJ>
- Must, A., & Strauss, R. (1999). Risk and consequences of childhood and adolescent obesity. *Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 23(2), 2-11. <http://doi.org/10.1038/sj.ijo.0800852>
- Newbold, R. R., Padilla-Banks, E., & Jefferson, W. N. (2006). Adverse effects of the model environmental estrogen diethylstilbestrol are transmitted to subsequent generations. *Endocrinology*, 146(6), 11-17.
- Newbold, R. R., Padilla-Banks, E., Jefferson, W. N., & Heindel, J. (2008). Effects of endocrine disruptors on obesity. *International Journal of Andrology*, 31(2), 201-208.
- Newbold, R. R., Padilla-Banks, E., Snyder, R. J., Phillips, T. M., & Jefferson, W. N. (2007). Developmental exposure to endocrine disruptors and the obesity epidemic. *Reproductive toxicology (Elmsford, N.Y.)*, 23(3), 290-6. <http://doi.org/10.1016/j.reprotox.2006.12.010>
- Olmos, B. T. (2005). *Exposición medioambiental a xenoestrógenos y riesgo de criptorquidia e hipospadias*. Universidad de Granada.
- Organización Mundial de la Salud. (2013a). ¿Qué son el sobrepeso y la obesidad? Recuperado 18 de noviembre de 2013, a partir de [http://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood\\_what/es/index.html](http://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood_what/es/index.html)
- Organización Mundial de la Salud. (2013b). 10 datos sobre la obesidad. Recuperado 23 de noviembre de 2013, a partir de <http://www.who.int/features/factfiles/obesity/facts/es/index2.html>
- Organización Panamericana de la Salud. (2010a). *Determinantes ambientales y sociales de la salud*. (L. A. Galvão, J. Finkelman, & S. Henao, Eds.) (1ra ed.). Washington.
- Organización Panamericana de la Salud. (2010b). *Salud Ambiental de lo Global a lo Local*. (H. Frumkin, Ed.) (1ra ed.). Washington.

- Organización Panamericana de la Salud. (2013). Características generales de los plaguicidas organoclorados. Recuperado 9 de noviembre de 2013, a partir de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/eco/033965/033965-02-A1.pdf>
- Organization for Economic Co-operation and Development. (2014). *La obesidad y la economía de la prevención: «Fit not fat». Hechos claves - México, actualización 2014.* Recuperado a partir de [http://www.oecd.org/health/health-systems/Obesity-Update-2014-MEXICO\\_ES.pdf](http://www.oecd.org/health/health-systems/Obesity-Update-2014-MEXICO_ES.pdf)
- Paediatric Environmental Health Speciality Unit Murcia-Valencia. (s. f.). Vulnerabilidad de la infancia. Recuperado 21 de mayo de 2015, a partir de [http://pehsu.org/wp/?page\\_id=351](http://pehsu.org/wp/?page_id=351)
- Pan American Health Organization. (2013). Curso de autoinstrucción en diagnóstico, tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas. Recuperado 9 de noviembre de 2013, a partir de <http://bvs.per.paho.org/tutorial2/e/unidad8/index.html>
- Pederzini Villareal, C. (2007). Género y escolaridad en los hogares mexicanos. En *VII Encuentro Internacional de Estadísticas de Género para Políticas Públicas*. Aguascalientes.
- Pelletier, C., Després, J.-P., & Tremblay, A. (2002). Plasma organochlorine concentrations in endurance athletes and obese individuals. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(12), 1971-5.
- Pequera, S. de I. A. y. (2015). Agricultura Producción Anual. Recuperado 10 de marzo de 2015, a partir de <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/>
- Phillips, D. L., Pirkle, J. L., Burse, V. W., Bernert, J. T., Henderson, L. O., & Needham, L. L. (1989). Chlorinated hydrocarbon levels in human serum: effects of fasting and feeding. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 18(4), 495-500. Recuperado a partir de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2505694>
- Pohl, H. R., & Tylenda, C. A. (2000). Breast-feeding exposure of infants to selected pesticides: a public health viewpoint. *Toxicology and industrial health*, 16(2), 65-77. Recuperado a partir de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10798624>
- Porpora, M. G., Lucchini, R., Abballe, A., Ingelido, A. M., Valentini, S., Fuggetta, E., ... De Felip, E. (2013). Placental transfer of persistent organic pollutants: a preliminary study on mother-newborn pairs. *International journal of*

*environmental research and public health*, 10(2), 699-711.  
<http://doi.org/10.3390/ijerph10020699>

Porta, M., Puigdomènech, E., Ballester, F., Selva, J., Ribas-Fitó, N., Domínguez-Boada, L., ... Fernández, M. (2008). Estudios realizados en España sobre concentraciones en humanos de compuestos tóxicos persistentes. *Gaceta Sanitaria*, 22(3), 248-266.  
<http://doi.org/10.1157/13123971>

Reyes Osses, R. A. (2011). *Determinación de pesticidas organoclorados en suero sanguíneo de mujeres gestantes del Hospital de Lanco por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas con ionización química negativa*. Universidad Austral de Chile.

Rivera, J. a, Barquera, S., Campirano, F., Campos, I., Safdie, M., & Tovar, V. (2002). Epidemiological and nutritional transition in Mexico: rapid increase of non-communicable chronic diseases and obesity. *Public health nutrition*, 5(1A), 113-122. <http://doi.org/10.1079/PHN2001282>

Rodríguez-Dozal, S., Riojas Rodríguez, H., Hernández-Ávila, M., Van Oostdam, J., Weber, J. P., Needham, L. L., & Trip, L. (2012). Persistent organic pollutant concentrations in first birth mothers across Mexico. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 22(1), 60-9.  
<http://doi.org/10.1038/jes.2011.31>

Román González, A., & Alfaro Velásquez, J. M. (2005). Nuevos disruptores endocrinos: Su importancia en la población pediátrica. *latreia*, 18(4), 446-456.

Sala, M., Ribas-Fito, N., Cardo, E., De Muga, M. E., Marco, E., & Mazon, C. (2001). Levels of hexachlorobenzene and other organochlorine compounds in cord blood: exposure across placenta. *Chemosphere*, 43, 895-901.

Scaglia, H., Chichizola, C., Franconi, M. C., Ludueña, B., Mastandrea, C., & Scaglia, J. (2009). Disruptores endocrinos. Composición química, mecanismo de acción y efecto sobre el eje reproductivo. *Reproducción*, 24, 74-86.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, P. y A. (2007). *Análisis Integral del Gasto Público Agropecuario en México*. México.

Shamah Levy, T., Villalpando Hernández, S., & Rivera Dommarco, J. (2006). *Manual de procedimientos para proyectos de nutrición*. Cuernavaca: Instituto Nacional de Salud Pública.

- Sifferlin, A. (2013). Why BMI Isn't The Best Measure for Weight (or Health) | TIME.com. Recuperado 17 de julio de 2015, a partir de <http://healthland.time.com/2013/08/26/why-bmi-isnt-the-best-measure-for-weight-or-health/>
- Singh, N., & Singh, V. (2013). CHALLENGING THE FATE OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS. *Indiasn Streams Research Journal*, 3(5), 1-14.
- Sistema de Información Estadística y Geográfica de Jalisco. (2012a). *Chapala, diagnóstico del municipio*. Recuperado a partir de <http://sieg.gob.mx/contenido/Municipios/cuadernillos/Chapala.pdf>
- Sistema de Información Estadística y Geográfica de Jalisco. (2012b). *Jocotepec, diagnóstico del municipio*. Recuperado a partir de <http://sieg.gob.mx/contenido/Municipios/cuadernillos/Jocotepec.pdf>
- Stockholm Convention. (2009). Listing of POPs in the Stockholm Convention. Recuperado 25 de agosto de 2015, a partir de <http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/ListingofPOPs/tabid/2509/Default.aspx>
- Strauss, R. S., & Pollack, H. a. (2001). Epidemic increase in childhood overweight, 1986-1998. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 286(22), 2845-2848. <http://doi.org/10.1001/jama.286.22.2845>
- Tang-Péronard, J. L., Andersen, H. R., Jensen, T. K., & Heitmann, B. L. (2011). Endocrine-disrupting chemicals and obesity development in humans: a review. *Obesity reviews: an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, 12(8), 622-36. <http://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2011.00871.x>
- Trasande, L., Cronk, C., Durkin, M., Weiss, M., Schoeller, D. a., Gall, E. a., ... Gillman, M. W. (2009). Environment and obesity in the national children's study. *Environmental Health Perspectives*, 117(2), 159-166. <http://doi.org/10.1289/ehp.11839>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2014). Children's Health Protection. Recuperado 24 de mayo de 2015, a partir de <http://www2.epa.gov/children>
- United Nations Environment Programme, & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2005). *Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade*. Secretariat of the Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade. Recuperado a partir de [www.pic.int](http://www.pic.int)

- United Nations Environment Programme, & World. (2013). *State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals - 2012*. (A. Bergman, J. J. Heindel, S. Jobling, K. A. Kidd, & R. T. Zoeller, Eds.).
- Verhulst, S. L., Nelen, V., Hond, E. Den, Koppen, G., Beunckens, C., Vael, C., ... Desager, K. (2009). Intrauterine exposure to environmental pollutants and body mass index during the first 3 years of life. *Environmental health perspectives*, 117(1), 122-6. <http://doi.org/10.1289/ehp.0800003>
- Vonier, P. M., Crain, D. A., McLachlan, J. A., Guillette, L. J., & Arnold, S. F. (1996). Interaction of environmental chemicals with the estrogen and progesterone receptors from the oviduct of the American alligator. *Environmental health perspectives*, 104(12), 1318-22. Recuperado a partir de <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1469547&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Waliszewski, S. M., Herrero-Mercado, M., Caba, M., Cedillo, L., Meza, E., Zepeda, R., ... Infanzón, R. (2012). Niveles de plaguicidas organoclorados en madre e hijo. En *Género, ambiente y contaminación por sustancias químicas* (pp. 133-152). México D.F.: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología.
- Walker, K., Vallero, D. A., & Lewis, R. G. (1999). Factors Influencing the Distribution of Lindane and Other Hexachlorocyclohexanes in the Environment. *Environmental Science & Technology*, 33(24), 4373-4378. <http://doi.org/10.1021/es990647n>
- World Health Organization. (2010). *The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard*. Ginebra.
- World Obesity Federation. (2014). Obesity Data Portal. Recuperado 18 de julio de 2015, a partir de <http://www.worldobesity.org/>

## 12 ANEXOS

### Anexo 1. Historia clínica ambiental

Fecha \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Estudio ambiental de Jocotepec y Chapala

NÚMERO DE SUJETO: |\_|\_|\_|\_|\_| (llenar antes de trabajo de campo)

#### INFORMACIÓN GENERAL

DIRECCIÓN DE LA PERSONA SELECCIONADA

NOMBRE DE LA MUJER ENTREVISTADA		
(CALLE, AVENIDA, CALLEJÓN, CARRETERA, CAMINO, BOULEVARD, KM)		
NUM. EXTERIOR	NUM INTERIOR	COLONIA, FRACCINAMIENTO, BARRIO, UNIDAD HABITACIONAL)
_ _ _ _  CÓDIGO POTAL		
TELÉFONO		
CLAVE		

La presión arterial (sentada): \_\_\_ mm Hg / \_\_\_ mm Hg

- ¿En que fecha nació usted?  
Día/mes/año \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_
- ¿Cuándo fue el primer día de su última regla?  
Especifique la fecha: día/mes/año \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_
- ¿Hasta qué grado cursó Usted en la escuela?

Ninguno	1
Primaria incompleta	2
Primaria completa	3
Secundaria incompleta	4
Secundaria completa	5
Carrera técnica incompleta	6
Carrera técnica completa	7
Preparatoria o vocacional incompleta	8
Preparatoria o vacacional completa	9
Licenciatura incompleta	10
Licenciatura completa	11
Otro especifique _____	12

#### RESIDENCIA

Voy a hacer algunas preguntas sobre el tiempo que tiene viviendo aquí y algunas características de su casa.

- ¿Cuántos años tiene Usted viviendo en esta comunidad de la Ribera de Chapala?

Años _____ Meses _____	
No recuerda o no sabe	888
No contesta	999

## CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA Y SERVICIOS

5. Las paredes de su casa están pintadas:
- |    |   |
|----|---|
| Si | 1 |
| No | 2 |
6. Ha notado Usted desprendimientos de la pintura de las paredes (polvo o cascaritas):
- |    |   |
|----|---|
| Si | 1 |
| No | 2 |
7. El piso interior de la casa es de:
- |                        |     |
|------------------------|-----|
| Losa o mosaico         | 1   |
| Cemento                | 2   |
| Tierra                 | 3   |
| Otro especifique _____ | 4   |
| No contesta            | 999 |
8. Cocina en estufa de:
- |                        |     |
|------------------------|-----|
| Gas                    | 1   |
| Leña                   | 2   |
| Gas y leña             | 3   |
| Otro especifique _____ | 4   |
| No sabe                | 888 |
| No contesta            | 999 |

## EMPLEO

9. ¿En qué trabaja Usted? \_\_\_\_\_
10. ¿En qué trabaja su esposo? \_\_\_\_\_
11. El trabajo de alguna (s) de la(s) personas(s) con las que Usted vive es:
- |                                | Si | No | No sabe |
|--------------------------------|----|----|---------|
| Imprenta                       | 1  | 2  | 888     |
| Cerámica                       | 1  | 2  | 888     |
| Campo                          | 1  | 2  | 888     |
| Pesca                          | 1  | 2  | 888     |
| Gasolinera                     | 1  | 2  | 888     |
| Pintor de casas                | 1  | 2  | 888     |
| Hojalatería y pintura de autos | 1  | 2  | 888     |

### Solamente mujeres y trabajadores del campo:

12. Aplican plaguicidas a los cultivos	si	no
13. ¿Cuál o cuáles aplican? Especifique		
14. ¿Cuántas veces al año? Especifique		
15. ¿Cuánto tiempo tarda en aplicarlo?		
16. ¿Usted lo aplica?	si	no
17. ¿Usa ropa especial para esto?	si	no
18. ¿Se ha intoxicado con plaguicida?	si	no
19. ¿Cuánto tiempo pasa en el campo?		
20. ¿Cuántos días de la semana?		
21. ¿Cuántos meses al año?		
22. ¿De dónde viene el agua de riego?		

**Solamente pescadores**

23. ¿Cuántas horas al día está en el lago?		
24. ¿Cuánto días de la semana?		
25. Se sumerge en el lago	si	no

**HÁBITOS EN CASA**

26. ¿Lava Usted las verduras?

Si, siempre	1
A veces	2
No, nunca	3
No sabe	888
No contesta	999

27. ¿Acostumbra preparar alimentos en loza de barro como éstos? **Mostrar fotografía.**

Si	1
No	2
No sabe	888
No contesta	999

28. Durante la semana pasada, ¿cuántas veces preparó o guardó comida en este tipo de loza de barro...? \_\_\_\_\_

29. ¿Ha fallecido un niño menor de un año en su familia? \_\_\_\_\_

30. ¿Cuántas caries tiene Usted tapadas con amalgama?

Número _____	
No sabe	888
No contesta	999



**Anexo 2.** Formulario encuesta alimentaria recordatorio de 24 horas

**Encuesta recordatorio de 24 horas**

**Nombre niño:**

**ID:**

**Fecha de nacimiento:**

**Día de semana:**

<b>Hora</b>	<b>Alimentos</b>	<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (medidas caseras)</b>	<b>Cantidad (g. Total)</b>
Desayuno				
Refrigerio				
Comida				
Refrigerio				
Cena				

### **Anexo 3. Registro de peso y talla**

#### **Registro de peso y talla niños**

Nombre de niño@:

ID:

Localidad:

Fecha de nacimiento:

Fecha de toma de medidas:

Peso (kg):

Talla (cm):

## Anexo 4. Consentimiento informado



Universidad de Guadalajara  
Centro Universitario de Ciencias de la Salud

Maestría en Ciencias de la Salud  
Ambiental  
Centro Universitario de Ciencias de la Salud  
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias



### FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO Y AUTORIZACIÓN PARA PARTICIPAR EN LA INVESTIGACIÓN

#### TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

**Exposición materno infantil al plaguicida hexaclorociclohexano y su relación con la obesidad infantil en Chapala y Jocotepec.**

#### PROPÓSITO DEL ESTUDIO:

Estimada señora se le está pidiendo que sea voluntario en un estudio de investigación. Este formato de consentimiento/autorización incluye información acerca de este estudio. El propósito de este estudio es examinar las exposiciones ambientales, la dieta y actividad física de su hijo menor de 5 años. Se le está pidiendo su participación en este estudio porque usted participó durante el embarazo en investigaciones previas.

#### PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA Y AUTORIZACIÓN:

Su decisión de si debe o no participar en este estudio es completamente voluntaria. Si usted decide no participar en este estudio, no afectará la atención médica que recibe y no dará lugar a la pérdida de beneficios a los que usted tiene derecho.

Se le informará de cualquier información nueva que se presente durante el curso de la investigación que pudiese influir en su decisión para participar en este estudio. Usted recibirá una copia de este formato de consentimiento.

Su decisión en cuanto a si debe dar su autorización para el uso y divulgación de su información para este estudio es completamente voluntaria, sin embargo, si usted se niega a dar su autorización o si usted retira su autorización no podrá participar en el estudio.

#### RETIRO DEL ESTUDIO Y/O RETIRO DE AUTORIZACIÓN:

Si usted ya no desea formar parte de este estudio, puede dejar de participar en cualquier momento sin sanción o pérdida de beneficios a los que tendría derecho. Usted también puede retirar su autorización para usar o divulgar su información para el estudio.

Si usted decide retirarse del estudio, le pedimos que se comunique con la C.D. Citlalli García o el Dr. Felipe Lozano Kasten y hacerle saber que usted se está retirando del estudio. Su dirección es Sierra Mojada No. 950, Puerta #1, Col. Independencia C.P. 44340, Guadalajara, Jalisco, México. Si usted al igual desea retirar su autorización, debe comunicarse con la C.D. Citlalli García o el Dr. Felipe Lozano Kasten por escrito a

Sierra Mojada No. 950, Puerta #1, Col. Independencia C.P. 44340, Guadalajara, Jalisco, México.

Recuerde que retirar su autorización sólo afecta el uso y el intercambio de información, una vez que la petición por escrito ha sido recibida, usted no podrá retirar su autorización para uso o divulgaciones que se han hecho con anterioridad o que debe seguir para completar el análisis o informe de datos de la investigación.

El investigador principal u otro miembro del equipo del estudio discutirá con usted cualquier consideración involucrada en discontinuar su participación en el estudio. Se le dirá como retirarse del estudio y se le puede pedir que regrese para una última revisión.

#### **PARTICIPACIÓN DE PERSONAS:**

Estimamos que 70 personas se involucren en el estudio:  
35 madres y 35 hijos.

Su participación involucrará aproximadamente una hora de visita.

#### **DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:**

Si usted escoge participar en este estudio, su hijo será pesado, medido y usted contestará unas preguntas que informe sobre la dieta normal de su hijo y su actividad física.

También pediremos el expediente médico del niño para conocer la altura y peso anteriores.

Puede que usted haya participado previamente en estudios de exposiciones ambientales prenatales realizados por investigadores en la Escuela de Medicina de la Universidad de Guadalajara. Si usted acepta participar en este estudio, enlazaremos información del estudio previo a la información recolectada en este estudio.

#### **COSTO/REEMBOLSO:**

No hay ningún costo para la participación en este estudio. Este estudio está siendo patrocinado por la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental de la Universidad de Guadalajara. Parte de C.D. Citlalli García y el Dr. Lozano y sus equipos de trabajo están siendo pagados por esta beca.

#### **RIESGOS POTENCIALES E INCONFORMIDADES:**

No existen riesgos potenciales o inconformidades que puedan resultar de la participación en el estudio.

#### **BENEFICIOS POTENCIALES:**

Es improbable que usted o su hijo se beneficien directamente de la participación en este estudio.

Nosotros le proporcionaremos un reporte del peso y estatura de su hijo. Se espera que el conocimiento obtenido sea de beneficio para otros en el futuro.

## **ALTERNATIVAS PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO**

Este no es un estudio relacionado al diagnóstico o tratamiento de una enfermedad o condición en los sujetos elegidos. Usted es libre de escoger si desea o no participar en el estudio.

## **CONFIDENCIALIDAD:**

Información privada acerca de usted puede ser usada o compartida para los propósitos de este proyecto de investigación. Esta sección del formato de consentimiento/autorización describe como su información será usada y compartida en este estudio, y la manera en la que se protegerá su privacidad y confidencialidad.

Otras personas y organizaciones, incluyendo co-investigadores, agencias federales y estatales y la supervisión de la investigación puede recibir su información durante el curso de la misma.

Cuando la información del estudio sea compartida fuera de la Universidad de Guadalajara como parte de la investigación, la información que pueda identificarla (nombre, dirección, número de identificación, etc), será eliminada y se le asignará un código único.

### Confidencialidad de su información del estudio

Su expediente de estudio incluye información que la identifica y que se guarda en los archivos de investigación. Trataremos de mantener esta información confidencial, pero no podemos garantizarlo. Si los datos de este estudio son publicados o presentados, primero eliminaremos la información que la identifica.

### Retención de su información del estudio

Los resultados del estudio se guardarán en su archivo de investigación. Cualquier información en su registro médico se mantendrá indefinidamente.

Si usted firma este formulario esta dando su autorización para el uso y divulgación de su información de salud protegida descrita a continuación. Usted tiene derecho de negarse a firmar este formulario. Si usted no firma este formulario puede que no participe en el programa de investigación, pero si se niega a firmar no afectará su atención de salud (o el pago por su atención) fuera del estudio.

Esta autorización no expirara a menos que se retire por escrito. Usted tiene derecho de retirar su autorización en cualquier momento, excepto en la medida que la Universidad de Guadalajara necesite la información para completar el análisis de datos o para reportar datos de este estudio.

Al firmar este formulario usted autoriza el uso y divulgación de la siguiente información para esta investigación:

- Su registro de investigación
- Observaciones clínicas y de investigación realizadas durante su participación en la investigación

Al firmar este formato usted autoriza a las siguientes personas y organizaciones para recibir su información de salud protegida para fines relacionados con esta investigación:

- Cada sitio de investigación para este estudio, incluyendo este hospital e incluyendo el personal de investigación y médico
- Todo profesional de salud que le provee servicios y este vinculado al estudio
- Cualquier laboratorio y otros individuos u organizaciones que analice su información de salud y que estén vinculados a este estudio en acuerdo con el protocolo del estudio
- Investigador principal: C.D. Citlalli García
- Coordinador del estudio
- Miembros del equipo de investigación
- Otros (como se describe a continuación): Dr. Lozano y sus equipos de investigación en la Universidad de Guadalajara

Por favor tenga en cuenta que una vez que su información de salud protegida se da a conocer a una persona u organización, la información ya no será protegida por la Regla de Privacidad y puede ser sujeta a una nueva divulgación por el destinatario.

#### **COMPENSACIÓN/TRATAMIENTO EN CASO DE ACCIDENTE:**

Si sufre alguna lesión relacionada con la investigación, como participante de este estudio, por favor contacte al investigador principal C.D. Citlalli García en el siguiente número 044 33 34 77 3702 o al Dr. Felipe Lozano al celular 044 33 31 05 4660. Si surgen complicaciones, el médico del estudio lo asistirá para que adquiera un tratamiento médico adecuado.

En este estudio no se proporciona asistencia financiera para médicos u otros daños relacionados.

#### **PERMISO PARA CONTACTARLO EN INVESTIGACIONES FUTURAS:**

Yo autorizo al investigador principal y sus co-investigadores en contactarme acerca de futuras investigaciones sobre la salud infantil dentro de la Universidad de Guadalajara, siempre que la investigación futura este aprobada por el expediente IRB original y que el investigador principal y co-investigador están afiliados con el protocolo de investigación.

Si estoy de acuerdo, entonces alguien del personal de investigación del Dr. Lozano puede ponerse en contacto conmigo en el futuro y él o ella me dirá acerca del estudio de investigación. En ese momento, yo puedo decidir si me interesa que mi hijo participe en un estudio en particular. Entonces tendrán la oportunidad de ponerse en contacto con el investigador para programar una cita para estar plenamente informado sobre el proyecto de investigación.



Entiendo que tengo derecho y se me entregará una copia firmada de este formulario de consentimiento/autorización.

Al firmar este formulario de consentimiento/autorización, doy mi autorización para el uso y divulgación de mi información de salud como se describe anteriormente.

Le hemos explicado completamente al posible voluntario (o su representante) la naturaleza y propósito del estudio de investigación, cualquier posible alternativa a la participación podría ser ventajosa, los beneficios (si los hubiera) que se pueden esperar razonablemente, las molestias y los riesgos previsibles que podrían ser parte de ello y las consecuencias y riesgos (si los hubiera) que podrían existir si se descontinúa la participación. Considero que el posible voluntario, (o su representante) entiende la naturaleza, propósito, beneficios y riesgos de la participación en esta investigación. También he ofrecido responder las preguntas y he contestado completamente dichas preguntas.



## FIRMAS

\_\_\_\_\_  
Firma del participante

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
Nombre del participante                      Fecha                      Hora  
o representante

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
Nombre del testigo\*\*                      Firma del testigo\*\*                      Fecha

\_\_\_\_\_  
Firma del investigador principal o delegado  
(persona que obtuvo el consentimiento)

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
Nombre de la persona                      Fecha                      Hora  
que obtiene el consentimiento

\*\* Cuando los elementos del consentimiento informado se presentan verbalmente al sujeto o su representante, se requiere un testigo de la presentación oral.

## Anexo 5. Operacionalización de variables

Categoría	Variable	Indicador	Escala	Instrumento	Análisis estadístico
Contexto socio-demográfico materno	Edad	Años	Continua	Cuestionario	%, $\bar{X}$
	Nivel de instrucción	Ninguna Preescolar Primaria Secundaria Preparatoria Licenciatura	Nominal	Cuestionario	%
	Años viviendo en la localidad	1 a 10 11 a 20 21 a 30 más de 30	Nominal	Cuestionario	%, $\bar{X}$
	Ocupación	Ama de casa Trabajadora Empleada Comerciante, etc.	Nominal	Cuestionario	%
Contexto demográfico infantil	Sexo	Femenino Masculino	Nominal	Cuestionario	%
	Edad	Años	Continua	Cuestionario	%, $\bar{X}$

Categoría	Variable	Indicador	Escala	Instrumento	Análisis estadístico
Exposición materna	Cantidad HCH materno	ng/mL o ppb	Continua	Cromatógrafo y espectrómetro de masas	Correlación de Pearson, Rho de Spearman, %, $\bar{X}$
	Isómeros de HCH materno	ppb $\alpha$ -HCH ppb $\beta$ -HCH ppb $\gamma$ -HCH ppb $\delta$ -HCH	Continua	Cromatógrafo y espectrómetro de masas	Correlación de Pearson, Rho de Spearman, %, $\bar{X}$
	Ajuste de lípidos	pg/ g de grasa	Continua	Fotómetro	Correlación de Pearson, %, $\bar{X}$
Estado nutricional infantil	Estado nutricional	Índice de masa corporal	Continua	Cuestionario	Correlación de Pearson, Rho de Spearman, %, $\bar{X}$
	Dieta	Hidratos de carbono Proteína Lípidos Ac. Grasos saturados Ac. Grasos mono insaturados Ac. Grasos poliinsaturados	Continua	Cuestionario	%, $\bar{X}$

## Abreviaturas

$\alpha$ -HCH	Alfa-hexaclorociclohexano.
$\beta$ -HCH	Beta-hexaclorociclohexano.
CICOPLAFEST	Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas
COPs	Compuestos orgánicos persistentes.
$\delta$ -HCH	Delta-hexaclorociclohexano.
ENSANUT	Encuesta Nacional de Salud y Nutrición.
$\gamma$ -HCH	Gamma-hexaclorociclohexano.
HCH	Hexaclorociclohexano.
IMC	Índice de masa corporal.
Kcal	Kilo calorías.
mL	Mililitro.
ng/mL.	Nanogramos por mililitro, una milmillonésima parte de un gramo.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
pg/g.	Picogramo por mililitro, una billonésima parte de un gramo por cada gramo.
ppb	Partes por billón (del orden de $10^{-2}$ - $10^{-4}$ % en peso).
$\mu$ L	Microlitro, equivalente a la millonésima parte de un litro.