

Universidad de Guadalajara

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y
Agropecuarias

Centro Universitario de Ciencias de la Salud

Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental



Eventos adversos en la salud materno infantil por exposición
crónica al arsénico ambiental en El Salto y Juanacatlán, Jalisco,
México.

Tesis profesional
que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias de la Salud Ambiental
presenta

L.N. Laura Miyuki Takahashi Tomatani

Zapopan, Jalisco, México

Septiembre de 2012

DIRECTOR

Dra. Ruth Araceli De Celis Carrillo

CO-DIRECTOR

Dr. Alfredo Ignacio Feria y Velasco

ASESORES

Dra. Delia Guillermina González Aguilar

M.S.P. Rosa Leticia Scherman Leño

Septiembre de 2012

Zapopan, Jalisco, México

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento a las mujeres que hicieron posible la presente investigación en El Salto y Juanacatlán, Jalisco, admiro su valor para afrontar las consecuencias de la contaminación en su salud y en la de sus hijos, así como su disposición para mejorar las condiciones ambientales en sus comunidades. Su ejemplo ha sembrado el cambio y es la parte más importante de la solución.

A la Dra. Ruth A. De Celis Carrillo y al Dr. Alfredo I. Feria y Velasco, por compartir sus vastos conocimientos y dirigir mi formación como investigador con excepcional calidad humana. Gracias por su extraordinario ejemplo y calidez.

A Estelita Cervantes Navarro y al Dr. Francisco Parra Cervantes, por su trabajo arduo y comprometido, que inspiró y fortaleció esta investigación, también por las instalaciones facilitadas para la realización del trabajo de campo de esta investigación.

Al Dr. Jorge Villaseñor, por su invaluable apoyo en el monitoreo gineco-obstétrico, por su disposición al trabajo a prueba de vacaciones, días festivos o cumpleaños y por su amable compañía.

Al Dr. Marco Unzaga por su paciencia y admirable disposición para compartir sus conocimientos y a la Dra. Elvia Margarita Alcalá Camberos, por promover el interés y apoyo a la presente investigación.

Al Dr. Alejandro Bravo Cuellar, la Dra. Rosa Leticia Scherman Leaño y a la Dra. Delia Guillermina González Aguilar por su importante contribución en mi formación científica y sus valiosas aportaciones para la culminación de este trabajo.

A los profesores de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, por su tiempo y dedicación. Particularmente a la Dra. Selene Guadalupe Huerta Olvera, al Dr. José Luis Vázquez, al Dr. Arturo Curiel y a la Dra. Guadalupe Garibay.

A los investigadores y compañeros del Centro de Investigación Biomédica de Occidente, M.C.P. Santiago Sandoval Haro, L.B. Elena Sandoval Pinto, L.P. Héctor Márquez Sánchez, L.P. Karina Benítez Lin, L.B. Guillermo Arvizu, L.B. Alejandra Pila Villalobos y M.C.P. Fridha Villalpando Vargas por sus aportaciones científicas, amistad y apoyo.

A la Mtra. Yolanda Feria Cuevas, L.N. Luz Elena García Díaz, L.N. Nadia González Briseño, Mtro. Oscar Loreto Garibay y al Mtro. Juan de Dios Robles Pastrana, por su interés y apoyo a este estudio.

A la Mtra. Lucy Rodríguez Sevilla, a la Mtra. Tere Pérez Patiño y a la Dra. Silvia León Cortés por introducirme y motivarme a estudiar la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental.

Agradezco de manera especial a:

CONACYT, Programa Nacional de Posgrados de Calidad, por la beca otorgada durante la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental realizada en la Universidad de Guadalajara.

A la Universidad de Guadalajara por brindarme la oportunidad de continuar mi preparación académica y personal.

Al Centro de Investigación Biomédica de Occidente por permitirme el acceso a una formación científica de alto nivel.

Al Señor, mi razón de vida

A Chaco, por su amor y apoyo incondicional

A Miyuki, Kei y Seiji por su ayuda y comprensión

A Minoru y Masako por su ejemplo de vida

A Hiro, Gori, Cachi, Michi, Yukio y Cristina

A Yoshi mi hermano del alma

A mis queridas Claudia y Pris

A la memoria de mis queridos Tata Justo, Nana Magui, Joaquín, Orlando y
Doña Dulce, siempre presentes en mi corazón.

ÍNDICE

1. RESUMEN	9
2. INTRODUCCIÓN	11
3. JUSTIFICACIÓN.....	14
4. OBJETIVOS.....	20
Objetivo general	20
Objetivos específicos.....	20
5. MARCO TEÓRICO	21
5.1. Antecedentes	21
5.2. Contaminación ambiental.....	23
5.2.1. Metales pesados	27
Arsénico	28
Utilización del Arsénico.....	29
5.3. Exposición ambiental.....	31
5.4. Vías de exposición	33
5.4.1. Vía oral	33
5.4.2. Vía aérea	34
5.4.3. Vía dérmica	35
5.5. Fuentes de exposición	35
5.5.1. Agua.....	35
5.5.2. Aire.....	36
5.5.3. Suelo	37
5.5.4. Alimentos.....	38
5.6. Exposición materno infantil	41
6. METODOLOGÍA	43
6.1. Tipo de estudio.....	43
6.2. Universo de estudio.....	43
6.3. Muestreo	43
6.4. Tamaño de la muestra.....	43
6.5. Criterios de inclusión, exclusión y eliminación	43
6.5.1. Criterios de inclusión.....	43
6.5.2. Criterios de exclusión	43
6.5.3. Criterios de eliminación	44
6.6. Métodos e instrumentos de recolección de datos	44
6.7. Variables de estudio	44
6.8. Procedimiento	46

6.8.1. Recolección de muestras	48
6.9. Descripción de técnicas de análisis	48
6.9.1. Cuantificación de arsénico en cabello	48
6.9.2. Análisis estadístico.....	49
6.10. Consideraciones éticas	49
7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	50
8. RESULTADOS.....	52
9. DISCUSIÓN.....	70
10. CONCLUSIONES	77
11. RECOMENDACIONES.....	78
12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	80
13. ANEXOS.....	95
13.1. Carta de consentimiento informado	95
13.2. Historia clínica	96
13.2.1. Frecuencia de consumo	99
13.2. 2. Recordatorio de 24 horas.....	103
13.2.3. Monitoreo gineco-obstétrico	104
13.3. Cuestionario y base de datos EpiInfo	105
13.4. Cronograma de actividades 2010-2012.....	111

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO INORGÁNICO (IAS) EN EL AGUA DE CONSUMO DE ALGUNOS ESTADOS DE MÉXICO.....	17
TABLA 2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	44
TABLA 3. CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS DE LAS MUJERES.....	52
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS DE LAS MUJERES.....	53
TABLA 5. HISTORIA REPRODUCTIVA DE LAS MUJERES.....	54
TABLA 6. FUENTES DE EXPOSICIÓN AL ARSÉNICO(AS) DE LAS MUJERES.....	55
TABLA 7. CONSUMO DIARIO DE AGUA DE LAS MUJERES.....	56
TABLA 8. PROCEDENCIA Y FRECUENCIA DE CONSUMO DE AGUA DE LAS MUJERES.....	56
TABLA 9. SIGNOS Y SÍNTOMAS ATRIBUIBLES AL AS PRESENTADOS POR LAS MUJERES EMBARAZADAS DE EL SALTO Y JUANACATLÁN POR GRUPOS ETARIOS.....	57
TABLA 10. EVENTOS ADVERSOS PRESENTADOS POR LAS MUJERES EMBARAZADAS.....	59
TABLA 11. RESOLUCIÓN DEL EMBARAZO DEL GRUPO DE ESTUDIO.....	59
TABLA 12. CARACTERÍSTICAS DE LOS RECIÉN NACIDOS DEL GRUPO DE ESTUDIO.....	60
TABLA 13. CONCENTRACIONES DE AS EN CABELLO POR OCUPACIÓN DE LAS MUJERES.....	62
TABLA 14. CONCENTRACIONES DE AS EN CABELLO POR GRUPOS ETARIOS.....	62
TABLA 15. CONCENTRACIONES DE AS EN CABELLO POR ESTADO NUTRICIO.....	63
TABLA 16. CONCENTRACIONES PROMEDIO DE AS EN CABELLO POR EXPOSICIÓN EN VIVIENDA.....	64
TABLA 17. CONCENTRACIONES DE AS EN CABELLO MATERNO Y CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS DE SUS RECIÉN NACIDOS POR FUENTE DE EXPOSICIÓN.....	66
TABLA 18. CARACTERÍSTICAS DE LOS RECIÉN NACIDOS POR HÁBITO TABÁQUICO Y CONCENTRACIONES DE AS EN CABELLO MATERNO.....	67
TABLA 19. CARACTERÍSTICAS DE LOS RECIÉN NACIDOS POR CONCENTRACIONES DE AS EN CABELLO MATERNO.....	68
TABLA 20. EDAD GESTACIONAL DE LOS HIJOS DE MUJERES CON CONCENTRACIONES DE AS EN CABELLO MATERNO >AL VALOR DE REFERENCIA.....	69

ÍNDICE DE MAPAS Y FIGURAS

MAPA 1. MUNICIPIOS EL SALTO Y JUANACATLÁN, JALISCO.....	51
FIGURA 1. CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO EN CABELLO DE LAS MUJERES.....	61

1. RESUMEN

La exposición crónica al arsénico (As) durante el embarazo ha sido asociada a abortos, muerte fetal, partos pretérmino, así como a muertes en niños menores de cinco años por causa de infecciones de vías respiratorias principalmente, seguidas de infecciones gástricas. En India y Bangladesh se han estudiado numerosas poblaciones con resultados similares, sin embargo, pese a que algunos estados de la República Mexicana tienen una significativa contaminación por As, y dada la importancia que tiene la exposición crónica a este metaloide en la salud materno infantil, no se conocen estudios realizados en poblaciones mexicanas de alto riesgo.

OBJETIVO. Identificar los eventos adversos en la salud, durante el embarazo y en los recién nacidos de mujeres con exposición crónica al As ambiental en El Salto y Juanacatlán, Jalisco.

METODOLOGÍA. Se realizó un estudio observacional, descriptivo, transversal en una muestra de 24 mujeres embarazadas, de 15 a 37 años de edad, en las que fue evaluado el proceso de gestación por medio de historia clínica diseñada ex profeso, con énfasis en aspectos toxicológicos y nutrimentales; exploración física completa, monitoreo gineco-obstétrico y recolección de muestras de cabello para la cuantificación de As, la cual fue realizada por espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS).

RESULTADOS. Se encontró que 54% del grupo de mujeres embarazadas estudiadas registraron concentraciones altas de As en cabello, que rebasaron

el valor de referencia (0.059 µg/g) con una concentración promedio de 0.085 ± 0.081 µg/g. Los valores de estas concentraciones se presentaron en un rango de 0.409 µg/g, con un mínimo de 0.011 y un máximo de 0.420 µg/g. Las mayores concentraciones promedio de As en cabello se registraron en mujeres de 15 a 19 años.

En el grupo de estudio se presentaron hipotensión arterial (79%), infecciones de vías urinarias (71%), amenaza de aborto (62.5%), hipertensión arterial (33%), anemia (29%), parto pretérmino (17%), aborto espontáneo (8%) y muerte fetal (4%). Los signos y síntomas de mayor referencia fueron cefalea (88%), astenia (88%) y opresión torácica (67%). Se observó que los recién nacidos de madres con concentraciones de As en cabello mayores al valor de referencia, nacieron antes y pesaron menos que los hijos de madres con concentraciones de As menores o iguales al valor de referencia.

CONCLUSIONES. En las mujeres e infantes estudiados fueron observados eventos adversos semejantes a los reportados por la exposición crónica al As durante el embarazo, en una relación dosis-respuesta, por lo cual se concluye que esta exposición es un factor de riesgo para la salud materno infantil.

2. INTRODUCCIÓN

La magnitud y diversidad de los problemas de contaminación modernos, han generado una mayor conciencia sobre los riesgos actuales y potenciales para la salud, sin embargo, pese a que México es uno de los mejores ejemplos de contaminación, la investigación en salud ambiental aún no ha provisto evidencia científica que permita plantear soluciones y justifique su ejecución inmediata.

De acuerdo con estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006), hasta el 24% de la morbilidad mundial se debe a la exposición a riesgos ambientales evitables. La prevención de estos riesgos podría salvar numerosas vidas, incluidas las de millones de niños, principalmente en los países en desarrollo.

En la actualidad se producen en todo el mundo un gran número y variedad de productos químicos, subproductos tóxicos y desechos peligrosos como los metales pesados que aunque presentan riesgos a los seres vivos y al ambiente (Chelala, 1999), con frecuencia son transportados, almacenados y desechados en grandes cantidades sin las medidas de protección adecuadas para la población y el ambiente (Arias, 1996). Los metales pesados son elementos con pesos atómicos elevados, algunos son indispensables para el desarrollo de las funciones vitales de los seres vivos, aunque en cantidades excesivas, son perjudiciales e incluso letales. Otros como el As, son metales no esenciales que comúnmente se encuentran implicados en problemas de contaminación de aguas subterráneas y suelos, ya que no son química ni biológicamente degradables (López, 2001). Aunque el As es un elemento clasificado químicamente como metaloide, con frecuencia es referido como metal pesado; la toxicidad de sus compuestos depende principalmente de su

forma, orgánica o inorgánica; de su valencia; solubilidad; estado físico y pureza; así como de sus tasas de absorción y eliminación. Los compuestos de As de mayor a menor toxicidad son: gas arsina, compuestos inorgánicos trivalentes, compuestos orgánicos trivalentes, compuestos inorgánicos pentavalentes, compuestos orgánicos pentavalentes y As elemental, este último ocurre naturalmente en el suelo y en muchos tipos de rocas, que pueden ser disueltas y transportadas por el agua. En general, el As inorgánico es más tóxico que el orgánico, las formas que se absorben más rápidamente son más tóxicas y las que se eliminan con facilidad tienden a ser menos tóxicas (Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR], 2007^a).

El As se utiliza principalmente en la preparación de insecticidas, herbicidas, fungicidas, rodenticidas y alguicidas; pero también en la industria del vidrio, electrónica, textil, curtiduría, cerámica, preservación de madera y manufactura de cosméticos (ATSDR, 2009 y 2007^b; Armienta, 2005; Thornton, 1997; García & Cebrián, 1996). Puesto que la mayoría de los compuestos de As son polvos de color blanco que no se evaporan, ni tienen olor o sabor especial, es difícil identificarlos en agua, aire o alimentos (ATSDR, 2007^a).

La OMS (2005) señala que los altos índices de mortalidad y discapacidad a nivel mundial son consecuencia de trastornos del desarrollo fetal. Un desarrollo fetal óptimo demanda que la madre goce de buena salud física y emocional, antes y durante el embarazo, ya que su capacidad para cubrir las necesidades del desarrollo fetal se relaciona con su alimentación y depende de su estilo de vida, por lo cual la exposición a tóxicos repercute en la salud de madre e hijo.

La exposición a la contaminación ambiental, facilita la incorporación de agentes como el As, que se desplazan fácilmente a la sangre, cerebro y demás tejidos del niño en desarrollo. Se ha demostrado que la exposición a niveles altos de As durante la gestación, produce problemas de neurodesarrollo, afecta el lenguaje, atención y memoria además de asociarse a un incremento en la incidencia de enfermedades cerebrovasculares y micro vasculares (Wang et al., 2003; Wang et al., 2002; Chiou et al., 1997). También se ha encontrado un aumento significativo en muerte fetal (ATSDR, 2007; Von Ehrenstein et al., 2006; Milton et al., 2005; Ahmad et al., 2001; Aschengrau et al., 1989); además de abortos espontáneos y partos tempranos en mujeres expuestas crónicamente a As a través del agua de consumo en Bangladesh, India y Estados Unidos, (Milton et al., 2005; Ahmad et al., 2001).

En México, en los municipios El Salto y Juanacatlán del Estado de Jalisco, es de suma importancia la investigación de los efectos de la exposición al As, ya que el municipio El Salto alberga uno de los corredores industriales más importantes de América Latina, en el que se manejan y desechan grandes cantidades de productos químicos sin las medidas de seguridad adecuadas. Esta situación representa un peligro potencial para la población de una de las zonas más pobladas e industrializadas del Estado de Jalisco.

3. JUSTIFICACIÓN

El Arsenico (As) es un metaloide de extensa distribución natural en la corteza terrestre y amplia utilización en procesos industriales que lo liberan al ambiente. La exposición a este elemento ocurre por medio del aire inhalado además del consumo de agua y alimentos. La presente investigación forma parte de una Sala Situacional de Salud, realizada en los municipios El Salto y Juanacatlán, por la presencia de As en zonas aledañas al río Santiago, uno de los más contaminados de México por las cuantiosas descargas municipales e industriales que recibe sin tratamiento adecuado (Comisión Estatal de los Derechos Humanos, 2009).

Los altos índices de mortalidad y discapacidad a nivel mundial son consecuencia de trastornos del desarrollo fetal que impactan especialmente a los países en desarrollo; en contraste, la supervivencia a corto y largo plazo, la morbilidad y otros indicadores del capital humano, que inciden en salud y bienestar socioeconómicos de la población, mejoran con un desarrollo fetal óptimo. La gestación es un proceso complejo que requiere que la mujer se encuentre sana, nutrida adecuadamente y preferentemente se abstenga de consumir alcohol, tabaco, drogas, fármacos, así como de tener actividades que supongan contagios o exposición a agentes químicos o físicos peligrosos, en su hogar o trabajo, debido a que muchos de ellos han demostrado capacidad para atravesar la barrera hematoplacentaria, distribuirse en el organismo del bebé en gestación y causar efectos adversos en su desarrollo (OMS, 2005).

Se ha documentado que la exposición a niveles altos de As durante los últimos dos trimestres de gestación, produce problemas de neurodesarrollo, afecta el lenguaje, la atención y la memoria, además de asociarse a un

incremento en la incidencia de enfermedades cerebro vasculares y micro vasculares (Wang et al., 2003; Wang et al., 2002; Chiou et al., 1997). En mujeres expuestas crónicamente a As, a través del agua de consumo en Bangladesh, India y Estados Unidos, se ha encontrado un aumento significativo en muerte fetal ($p=0.046$) (ATSDR, 2007; Von Ehrenstein et al., 2006; Milton et al., 2005; Ahmad et al., 2001; Aschengrau et al., 1989); además de abortos espontáneos ($p=0.008$) y partos pre término ($p=0.018$) (Milton et al., 2005; Ahmad et al., 2001).

En animales expuestos a las formas metiladas de As, ácido monometilarsónico o ácido dimetilarsónico, se han reportado algunas alteraciones funcionales; perros expuestos a 35 mg de ácido monometilarsónico / kg / día durante 52 semanas, observaron disminución en el celo (Waner y Nyska, 1988) y disminución de la ganancia de peso corporal (el peso corporal terminal fue 59% menor que el de los controles), probable efecto secundario a la toxicidad sistémica (ATSDR, 2007). La exposición a As también provoca daño renal y promueve la formación de radicales libres mitocondriales, además de ser un estimulador de la peroxidación lipídica (Guallar et al., 2002), sin embargo, las consecuencias de la exposición a bajos niveles a largo plazo, son poco conocidas (National Research Council [NRC], 2001; Keating., 1997).

Los efectos de la exposición a As adquieren particular importancia en El Salto y Juanacatlán debido a la severa contaminación del río Santiago, en cuyas márgenes se asientan ambos municipios. Este río recibe descargas de uno de los corredores industriales más importantes de América Latina en el que se transportan, almacenan y desechan grandes cantidades de productos químicos sin las medidas de seguridad adecuadas, lo que representa un

peligro potencial para la población, ya que esta zona es una de las más pobladas e industrializadas del estado de Jalisco. Entre los diversos contaminantes vertidos al río, se ha confirmado la presencia de As y otros metales pesados como mercurio, plomo y cromo, también se ha documentado la descarga de desechos en terrenos aledaños a las plantas industriales y vertederos municipales, situación que ha provocado que el área sea considerada una zona de riesgo (Durán y Torres, 2009).

Los metales disueltos son los contaminantes más importantes de agua, aire y suelo, ya que su toxicidad y mecanismos de precipitación, evaporación y movilización pueden suscitar su ingreso en la cadena trófica. Los múltiples usos de que son objeto, además de su amplia distribución natural, provoca su presencia en niveles que han propiciado desastres ambientales durante los últimos 40 años (ATSDR, 2007^a). Debido a que la mayoría de los compuestos orgánicos e inorgánicos de As son polvos de color blanco, que no se evaporan, no tienen olor ni sabor especial, es difícil saber si están presentes en agua, aire o alimentos (ATSDR, 2007^b).

En la cuenca Lerma-Chapala-Santiago, el crecimiento demográfico y el aumento en la actividad industrial y agropecuaria, han exagerado la contaminación y consumo de agua de este afluente; la zona aledaña a la Presa El Ahogado, en los municipios El Salto y Juanacatlán, Jalisco, ha disminuido su productividad agropecuaria como consecuencia de la pésima calidad del agua de esta presa, que abastece 600 hectáreas de la región. Debido a que las actividades económicas principales en El Salto y Juanacatlán son industria, agricultura, ganadería y pesca, es importante considerar la posibilidad de que los alimentos producidos en ambos municipios, transfieran metales pesados a sus consumidores, ya que se ha observado que los metales tienden a

acumularse en la superficie del suelo, quedando accesibles a las raíces de los cultivos (Baird, 1999); y que las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben más oligoelementos cuya concentración en los tejidos vegetales está directamente relacionada con su abundancia en los suelos (Kabata-Pendias, 2001). Gulson y colaboradores, advierten que las concentraciones excesivas de metales pesados en el suelo pueden impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud a través de la cadena trófica, vía consumo de plantas por animales y consumo de animales por humanos (Gulson et al., 1996).

Además de la contaminación antropogénica, en México los niveles de As en el agua de consumo son muy variados, la mayor parte del As proviene de fuentes naturales, en particular de pozos profundos que son los más contaminados por el contacto directo con suelo de origen volcánico. En Durango, Coahuila, Hidalgo, Jalisco y San Luis Potosí (Tabla 1), la exposición a As en el agua de consumo es un problema de salud pública, dichos estados presentan una incidencia elevada de enfermedades relacionadas al arsenicismo (Navas-Acien et al., 2008; Rocha- Amador et al., 2007; Leke et al., 1993).

<i>Tabla 1. Concentraciones de arsénico inorgánico (iAs) en el agua de consumo de algunos estados de México.</i>	
<i>Estado</i>	<i>iAs (µg/L)</i>
<i>Durango</i>	725
<i>Coahuila</i>	390
<i>Hidalgo</i>	378
<i>Jalisco</i>	263
<i>San Luis Potosí</i>	194
<i>Sonora</i>	66
<i>Chihuahua</i>	65

Fuente: Vega, 2009. *Mecanismos moleculares de los efectos biológicos del arsénico*. México, D.F.

La OMS recomienda que las poblaciones expuestas a ingesta continua de agua con concentraciones de As superiores a 0.01 mg/L, cuenten con supervisión epidemiológica para detectar afectaciones a la salud. La exposición crónica a As se asocia con cáncer, enfermedades crónicas y problemas reproductivos (NRC, 2001). Un estudio ecológico en Chile informa aumento de la mortalidad neonatal y post neonatal en un área con contenido alto de As en el suministro público de agua (Hopenhayn-Rich et al., 2000). En una cohorte retrospectiva, de aproximadamente 29 000 mujeres en Bangladesh, se encontró una asociación dosis dependiente significativa, entre la mortalidad infantil y la exposición al As en el agua utilizada por las mujeres embarazadas (Rahman et al. 2007); la asociación fue más significativa cuando el resultado se limitó a las muertes por enfermedades infecciosas. En un estudio de cohorte prospectivo, realizado en la misma zona, también se observó un aumento significativo del riesgo de la mortalidad infantil en relación con las concentraciones de As en orina durante el embarazo (Rahman et al. 2010). La mortalidad infantil relacionada al As, puede ser mediada parcialmente a través de enfermedades infecciosas. Algunos estudios en animales y humanos indican que el As se asocia con la inmunosupresión (Selgrade, 2007; Conde et al., 2007; Patterson et al., 2004).

En El Salto y Juanacatlán, no se conocen las consecuencias de residir en un ambiente con contaminación alta por metales pesados y consumir agua y alimentos obtenidos en la región, ni el nivel de exposición a As que tienen estas poblaciones o la trascendencia de esta contaminación durante el embarazo. Esta situación plantea las siguientes interrogantes: ¿Las mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán, Jalisco registran concentraciones de

As en cabello superiores a las permitidas?, ¿Cuáles son las fuentes de exposición crónica?, ¿Qué complicaciones y eventos adversos de salud, atribuibles al As, presentan estas mujeres y sus recién nacidos?

4. OBJETIVOS

Objetivo general

Describir los eventos adversos en salud durante el embarazo y en los recién nacidos de mujeres con exposición crónica al As ambiental en El Salto y Juanacatlán, Jalisco.

Objetivos específicos

1. Establecer la exposición crónica al As ambiental, de las mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán, Jalisco por medio de sus concentraciones en cabello.
2. Evaluar la ocurrencia de complicaciones y eventos adversos de salud asociados al As, en mujeres embarazadas y sus recién nacidos.
3. Describir las fuentes de exposición crónica al As de las mujeres embarazadas en El Salto y Juanacatlán, Jalisco.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Antecedentes

Numerosos estudios en diversas partes del mundo han documentado los eventos adversos en la salud por la exposición crónica a As, en proporción, las investigaciones de eventos adversos durante el embarazo son escasas. En el estudio "Arsenic in drinking water and pregnancy outcomes", realizado en Bangladesh, los investigadores observaron resultados adversos significativos del embarazo como aborto espontáneo, muerte fetal y nacimiento pretérmino (Ahmad et al., 2001).

En otro estudio, "Chronic arsenic exposure and adverse pregnancy outcomes in Bangladesh", se sugirió que la exposición crónica a As puede aumentar el riesgo de muerte fetal e infantil (Milton et al., 2005). En la investigación "Pregnancy Outcomes, Infant Mortality, and Arsenic in Drinking Water in West Bengal, India", se reportó aumento en el riesgo de muerte fetal por la exposición a concentraciones altas de As durante el embarazo, en mujeres de Bengala Occidental, India, durante el período 2001 - 2003 (Von Ehrenstein et al., 2005).

En México, se han estudiado otros aspectos importantes de la exposición crónica a As. En el "Estudio comparativo de hidroarsenicismo crónico en dos comunidades rurales de la región lagunera de México", publicado en 1979, Albores y colaboradores estudiaron la frecuencia de signos y síntomas en dos poblaciones mexicanas, una expuesta a concentraciones altas de As y otra exenta de la exposición. En la población expuesta, los principales signos y síntomas fueron: cefalea (27.7%), astenia (21.6%), dolor epigástrico (21.4%) y náusea (20.9%). Los investigadores

concluyeron que las manifestaciones cutáneas y la aparición de otros signos y síntomas pueden atribuirse al efecto del consumo crónico de As en el agua; y que el número de habitantes con concentraciones corporales de As inferiores a las necesarias para manifestar signos clínicos, debe ser superior al de los que presentan estados patológicos. Esta población representa un grave problema potencial de salud pública, que puede evolucionar hasta terminar en cáncer (Albores et al., 1979).

En la misma región, el estudio "Arsenic concentrations in water, soil, milk and forage in Comarca Lagunera, México" determinó los niveles de As en agua, suelo, forraje y leche de vaca de las más importantes granjas lecheras del territorio, naturalmente rico en As. El agua subterránea de la comarca, consumida por humanos y ganado, además de ser utilizada en la agricultura, presentó concentraciones altas de As; el suelo registró concentraciones promedio mayores a las reportadas para suelos no contaminados (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [US EPA], 1985), pero dentro de los valores permitidos para suelos agrícolas. El 37% de las muestras de forraje superaron el límite permisible y el 10% de las muestras de leche de vaca presentaron concentraciones de As mayores al nivel máximo sugerido por la Federación Internacional de la Leche (*International Dairy Federation [IDF]*)(Rosas et al., 1999).

En el estado de San Luis Potosí, Díaz-Barriga y colaboradores condujeron el estudio "Arsenic and cadmium exposure in children living near a smelter complex in San Luis Potosí" publicado en 1993, para evaluar la contaminación ambiental por As y cadmio en niños. Este estudio se llevó a cabo en un área urbana a 1.5 km de una fundidora; se comparó con una población control urbana localizada a 7 km de la fundidora, en dirección

contraria a los vientos predominantes; y con una población control rural localizada a 25 km en contra de los vientos predominantes. Se determinaron las concentraciones ambientales de As y cadmio, además de sus concentraciones en cabello y orina. Los resultados mostraron que la zona más contaminada fue la más cercana a la fundidora, las concentraciones de As en cabello de los niños de esta población plantean un riesgo alto de efectos adversos de salud si la exposición continúa (Díaz-Barriga et al., 1993).

5.2. Contaminación ambiental

En la actualidad se producen un gran número de compuestos, desde químicos agrícolas e industriales, medicamentos y suplementos alimenticios, hasta desechos peligrosos y subproductos tóxicos como dioxinas, furanos y metales pesados. Aunque todos los compuestos químicos presentan riesgos a los seres vivos y al ambiente (Chelala, 1999), con frecuencia son transportados, almacenados y desechados en grandes cantidades sin las medidas de protección adecuadas (Arias, 1996). Algunos compuestos no son peligrosos por debajo de ciertos niveles, sin embargo otros pueden constituir un riesgo a niveles más bajos de los observados.

La contaminación ambiental introduce sustancias, organismos o formas de energía en ambientes a los que no pertenecen o en cantidades superiores a las propias, por un tiempo suficiente y bajo condiciones tales, que esas sustancias interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la zona (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 1997).

El Salto y Juanacatlán son municipios del Estado de Jalisco ampliamente conocidos por la severa contaminación ambiental que

enfrentan, se ubican en ambos márgenes del río Santiago, declarado por el Tribunal Latinoamericano del Agua como el caso de contaminación más grave de América Latina. Este río recibe descargas de poblaciones por las que atraviesa, de la Zona Metropolitana de Guadalajara y de uno de los corredores industriales más importantes de América Latina (Universidad de Guadalajara, 2007), razón por la cual, entre sus diversos contaminantes se han encontrado metales pesados como As, mercurio, plomo y cromo. También se han documentado descargas de desechos en terrenos aledaños a las plantas industriales y basureros municipales de la zona, que han provocado que el área sea considerada de riesgo y fragilidad ambiental (Durán y Torres, 2009).

Las concentraciones de metales pesados en el suelo tienen impacto en la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud del ambiente a través de la cadena trófica, vía consumo de plantas por animales y consumo de animales por humanos (Gulson et al., 1996). Para que un sistema mantenga el equilibrio, es necesario que cualquier forma o cantidad de materia que entre, salga del sistema; ya que si esto no ocurre, se acumulará y dará origen a la contaminación, que puede ser natural o antropogénica. En años recientes, la frecuencia y gravedad de los incidentes de contaminación en el mundo han aumentado y cada día se obtienen más pruebas de sus efectos adversos sobre la salud y el ambiente (OPS, 1997). De acuerdo con estimaciones de la OMS (2006), hasta el 24% de la carga de morbilidad mundial se debe a la exposición a riesgos ambientales evitables.

El As puede presentarse de forma natural en el ambiente, tanto en aguas subterráneas y superficiales como en alimentos (NRC, 1999). La OMS ha reportado concentraciones elevadas de As en el agua subterránea de

acuíferos de Argentina, Australia, Chile, Hungría, Perú, Tailandia, Estados Unidos y México; los mayores valores se localizaron en Bangladesh, India, Nepal, Pakistán, Camboya, Laos, China, Vietnam (OMS, 2001). En México, la contaminación del agua de pozos artesianos con As proveniente de rocas del subsuelo, incluye acuíferos del centro y noroeste de la República Mexicana (Ortega-Guerrero, 2009; OMS, 2001; NRC, 2001) en varias regiones como Zimapán, Hidalgo (Armienta, 2001); Tlamacazapa, Guerrero (Cole, 2004); Mexxicacán, Teocaltiche y San Juan de los Lagos en el estado de Jalisco (Jiménez, 2006); la Comarca Lagunera en los Estados de Coahuila y Durango (Boochs, 2007); zonas mineras de San Antonio-El Triunfo en Baja California y Santa María de la Paz en San Luis Potosí; áreas geotermales como Los Azufres en Michoacán, Aocolco y Los Humeros en Puebla (Armienta, 2008; Birkle et al., 1998; Quinto et al., 1995) y acuíferos de los estados de Sonora, Zacatecas y Chihuahua (Alarcón et al., 2001; Herrera et al., 2001; Carrillo & Drever, 1998; Wyatt et al., 1996).

Se ha reportado arsenicismo crónico en Acámbaro (Gutiérrez et al., 1996) y también se han detectado concentraciones superiores a la norma en Salamanca, ambas ciudades del estado de Guanajuato (Rodríguez et al., 2002). Las concentraciones elevadas de As en el agua subterránea de diversas regiones de México constituyen un problema importante, ya que varios de estos acuíferos son utilizados como fuente de abastecimiento y el consumo de agua contaminada con este metaloide ha causado severos problemas de salud en varios países (Smedley & Kinniburgh, 2002). En la cuenca de la Independencia, también conocida como cuenca Alta del Río La Laja, ubicada al noreste del estado de Guanajuato y tributaria de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago, se han encontrado concentraciones de As, 400% superiores al

límite máximo permisible de la Norma Oficial Mexicana 127 SSA1-1994, (Ortega, 2009).

Además de su amplia distribución natural, la presencia de As en la cuenca Lerma-Chapala-Santiago puede atribuirse al crecimiento demográfico, al aumento en la actividad industrial y a la apertura de tierras a labores agrícolas y pecuarias de las últimas décadas, que han exagerado el consumo de agua y su contaminación (Escobar, 2006), ya que las descargas de aguas residuales municipales, industriales y agrícolas son vertidas a lo largo de la cuenca en cantidades significativas y muchas veces sin tratamiento alguno (Hansen & Van Afferden, 2005). Tan sólo en el curso alto del río Lerma, aproximadamente 2500 industrias y casi 30 municipios vierten sus aguas residuales pese a que, debido a la minería principalmente, desde 1906 se reporta la desaparición de la fauna del Río Lerma y la contaminación de suelos aledaños, ya que después de la caída de la minería, los obreros, convertidos en ejidatarios y campesinos, carentes de conocimientos de agricultura sustentable y cuidado de los suelos, aumentaron el impacto en el ambiente con el uso de productos con contenido de As entre otros contaminantes (González et al., 2009).

Desde 1956 el río Santiago abastece las necesidades hídricas de la Zona Conurbada de Guadalajara (Durán & Torres, 2006), sin embargo la actual escasez y contaminación del afluente han provocado la búsqueda de nuevas alternativas por parte de la Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento, puesto que se han documentado descargas de 280 industrias de los municipios de Ocotlán, Poncitlán, Atequiza y Atotonilco y de desechos sin saneamiento de la Zona Conurbada de Guadalajara, en donde existen por lo menos diez parques y zonas industriales, a través de los canales El Ahogado y Arroyo Seco, que

hacen de este río uno de los más contaminados en México (Mc Culligh et al., 2007). Varias investigaciones han calificado sus aguas como “no aptas” para consumo humano o usos agrícolas, debido a que el agua extraída para usos domésticos e industriales, no es tratada ni reutilizada antes de ser vertida nuevamente al río con un alto contenido de contaminantes y materia orgánica. Incluso se han detectado concentraciones de metales pesados, zinc, amoníaco y fosfato que ponen en riesgo la vida animal y vegetal, ya que los residuos industriales generan salinización de los suelos y degradación de los nutrientes necesarios para la agricultura (Mc Culligh et al., 2007).

5.2.1. Metales pesados

Los metales pesados son elementos con pesos atómicos elevados, se clasifican en esenciales y no esenciales. Los esenciales: cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, vanadio y estroncio, son indispensables para el desarrollo de las funciones vitales de los seres vivos, sin embargo, en cantidades excesivas, son perjudiciales e incluso letales. Los no esenciales: As, cromo, cadmio, mercurio, plomo y antimonio, comúnmente se encuentran implicados en problemas de contaminación de aguas subterráneas. Estos se acumulan en los suelos, pues no son química ni biológicamente degradables, se filtran a las aguas y finalmente entran a la cadena trófica a través del agua de consumo o los cultivos de suelos agrícolas contaminados (López, 2001).

Existen metales pesados en forma coloidal, como partículas y fases disueltas en aguas superficiales, aunque por su baja solubilidad, presentan bajas concentraciones en forma iónica o complejos organometálicos. Aparecen como hidróxidos, óxidos, silicatos, sulfuros, o adsorbidos en

minerales del grupo de las arcillas, sílice y materia orgánica. Su solubilidad en aguas superficiales está controlada por el pH, el tipo de compuestos en los que se encuentran adsorbidos, el estado de oxidación de las fases minerales (López, 2001; Conell, 1984). El comportamiento de los metales pesados en aguas subterráneas, depende de la composición química del agua y de la materia en suspensión, de tal forma que los acuíferos con mayores niveles de metales adsorbidos son los constituidos por arenas finas y limos. Los metales pesados tienen gran afinidad por los ácidos húmicos, arcillas orgánicas y óxidos cubiertos de materia orgánica (López, 2001; Mc Cullough et al., 1999).

Arsénico

El As se clasifica químicamente como metaloide, con propiedades tanto de metal como de no metal, sin embargo con frecuencia se le refiere como metal pesado. El As elemental, llamado también As metálico, es un material sólido de color gris acero que ocurre naturalmente en el suelo y en muchos tipos de rocas, donde se encuentra combinado con elementos como oxígeno, cloro y azufre, en estas combinaciones se le conoce como As inorgánico; combinado con carbono e hidrógeno se conoce como As orgánico. La mayoría de los compuestos orgánicos e inorgánicos de As son polvos de color blanco que no se evaporan, no tienen olor ni sabor especial, razón por la cual no puede saberse si están presentes en agua, aire o alimentos (ATSDR, 2007^a).

El As tiene amplia distribución en la naturaleza, es el componente principal de más de 200 minerales, los más abundantes son la arsenopirita (FeAsS), el rejalgar (As₄S₄), oropimente (As₂S₃), arsenolita (As₂O₃), mimetita [Pb₅Cl(AsO₄)₃] y cobaltita (CoAsS). El As se encuentra, en menor proporción, en minerales complejos explotados por su contenido de cobre, plomo, zinc y

plata. Cuando los minerales se calientan en hornos, la mayor parte del As se elimina a través de la chimenea en forma de un polvo fino que permanece en la atmósfera. El As no se destruye en el ambiente, solo cambia de forma, se adhiere o separa de partículas. Puede cambiar de forma al reaccionar con oxígeno o con otras moléculas presentes en el aire, el agua o el suelo, o por la acción de bacterias del suelo o el sedimento (ATSDR, 2007^b).

Los compuestos de As son conocidos por sus valencias o estados de oxidación, los más comunes son el As metaloide [As (0)], con estado de oxidación 0; el As trivalente [As (III)], con estado de oxidación 3; el As pentavalente [As(V)], con estado de oxidación 5; y el gas arsina, con estado de oxidación -3. La toxicidad de los compuestos de As depende principalmente de su forma, orgánica o inorgánica; de su valencia; solubilidad; estado físico y pureza; y de sus tasas de absorción y eliminación. Los compuestos de As de mayor a menor toxicidad son: 1) Gas arsina, 2) Compuestos inorgánicos trivalentes, 3) Compuestos orgánicos trivalentes, 4) Compuestos inorgánicos pentavalentes, 5) Compuestos orgánicos pentavalentes y 6) As elemental. En general, el As inorgánico es más tóxico que el orgánico, las formas de As que se absorben más rápidamente son más tóxicas y las que se eliminan con facilidad tienden a ser menos tóxicas (ATSDR, 2007^a).

Utilización del As

Se utiliza principalmente en la preparación de insecticidas, herbicidas, fungicidas y rodenticidas, algunas formulaciones se han prohibido por su toxicidad. También se utiliza en la industria del vidrio, electrónica, textil,

curtiduría, cerámica, preservación de madera, y manufactura de cosméticos (ATSDR, 2007^b; Armienta, 2005; Thornton, 1997).

Los arsenicales inorgánicos se han utilizado en huertos y cultivos de papas como pesticidas generales desde el siglo diecinueve. El arseniato de plomo se ha usado en el control de insectos y contra los gusanos de manzanas y peras, en la actualidad sigue empleándose para coadyuvar la acción de los fungicidas modernos. El arseniato de calcio se emplea en cultivos de algodón y tabaco, también contra el escarabajo de las papas y el gusano negro de la alfalfa. A través del tiempo se han utilizado el verde de París (acetoarsenito de cobre), el arseniato de magnesio, el arseniato de zinc, el arsenito de zinc y muchos otros como insecticidas específicos. El arsenito sódico ha sido ampliamente aplicado como herbicida y esterilizante no selectivo del suelo, además de utilizarse contra varias plagas de gran importancia en los viñedos (Carbonell et al., 1995).

El ácido arsénico se ha manejado extensivamente como desecante de algodón, también se han introducido los arsenicales orgánicos, metanoarsoniato monosódico, metanoarsoniato disódico, ácido cacodílico que se usan como plaguicidas principalmente en el algodón, y conjuntamente con el óxido de hidroxidimetilarsina como herbicidas, silvicidas y desecantes (ATSDR, 2007^b).

Algunos compuestos orgánicos de As se usan como suplementos alimenticios para animales; otros como el As metálico se agregan en cantidades pequeñas a otros metales para formar mezclas o aleaciones con mejores características físicas, pero el uso más extenso de las aleaciones de As se da en las baterías de automóviles. Otro uso importante es en semiconductores y diodos que emiten luz (ATSDR, 2007^b).

Aproximadamente 90% del As producido en la actualidad se usa para conservar madera, pues el arseniato cromado de cobre evita que esta se deteriore o se pudra. Los productos fabricados con madera tratada con arseniato cromado de cobre, conocida como madera presurizada, se utilizan en aplicaciones industriales; se desconoce la contribución de estos productos en la exposición de la población al As (ATSDR, 2007^b).

5.3. Exposición ambiental

En el área de la Salud Ambiental, el concepto de exposición a la contaminación es el contacto con el agente químico o físico considerado como contaminante. Para evaluar la exposición a un contaminante deben conocerse la magnitud, frecuencia y duración de la misma, tomando en cuenta las diferentes vías de exposición al agente (Vega, 1991).

La magnitud de la exposición se establece a partir de la estimación de la cantidad del agente contaminante que se encuentra en las superficies de intercambio del cuerpo humano (tracto respiratorio, tracto gastrointestinal y piel) con el medio externo durante un lapso específico. A esta cantidad se le llama "concentración o dosis de exposición", en el área experimental correspondería a la "dosis administrada". Posterior al contacto, el agente contaminante puede ser absorbido en una cantidad proporcional a la concentración de la exposición ("dosis absorbida"). Cuando, por las características de la sustancia absorbida y del tejido expuesto, puede medirse la sustancia en tejidos o líquidos corporales, se infiere directamente que ocurrió una exposición. La dosis ocurre cuando el contaminante cruza los límites físicos que delimitan el medio interno del individuo, la exposición se da, si un contaminante se pone en contacto con las membranas que

constituyen los límites físicos, de tal manera, puede tenerse una exposición sin dosis, pero no una dosis sin exposición previa. También se utiliza la palabra dosis para designar concentraciones de exposición a una sustancia y concentraciones de la misma dentro del cuerpo (Vega, 1991).

La exposición crónica, definida por ATSDR (2009) como el contacto con la sustancia durante un período de más de un año, provoca la acumulación del As en tejidos como piel, cabello y uñas, que dan lugar a hiperpigmentación (Ahsan et al., 2000) y queratosis (Tondel, 1999; Mazumder, 1998), las personas desnutridas tienen mayor predisposición a lesiones en la piel. También causa anemia, leucopenia, conjuntivitis, traqueítis y aumenta el riesgo de cáncer de piel, pulmón, vejiga, enfermedad cardiovascular, neuropatía periférica, hipertensión (NRC, 2001) y diabetes mellitus (Tseng et al., 2000; Tsai et al., 1999) disminución del Coeficiente Intelectual verbal y la memoria a largo plazo (Siripitayakunkit et al., 1999). El As puede alterar el sistema endocrino y aumenta la incidencia de abortos y partos prematuros (Ahmad, 1999). A niveles bajos de exposición ($<10 \mu\text{g} / \text{L}$) puede presentarse disminución de peso al nacer (Kapaj, 2006).

La exposición crónica a As inorgánico, vía oral, a dosis de 0.05 – 0.1 mg/kg/día se asocia con signos neurológicos (Hauptert et al., 1996; Sass et al., 1993; Barton et al., 1992; Goddard et al., 1992; Guha-Mazumder et al., 1988; Huang et al., 1985; Valentine et al., 1981; Szuler et al., 1979; Hindmarsh et al., 1977; Tay & Seah, 1975; Silver et al., 1952) o hematológicos (Prasad et al., 1995; Sass et al., 1993; Guha-Mazumder et al., 1988; Tay & Seah, 1975; Glazener et al., 1968;). De la misma manera, es conocida la carcinogenicidad en humanos provocada por As inorgánico (ATSDR, 2007^a; Stohrer, 1991).

5. 4. Vías de exposición

El As se introduce al organismo por tres vías: oral (ingesta, con una eficiencia de absorción del 80%), aérea (inhalación, con una eficiencia de absorción del 50%) y dérmica (con una eficiencia de absorción baja y variable) (Galvao y Corey, 1987).

5.4.1. Vía oral

La exposición al As por vía oral en dosis ≥ 8 mg As / kg, ha reportado efectos graves en las vías respiratorias que incluyen, insuficiencia respiratoria, bronquitis hemorrágica y edema pulmonar (Civantos et al., 1995; Moore et al., 1994^b; Quatrehomme et al., 1992; Fincher & Koerker, 1987; Levin et al., 1987), estos pueden ser secundarios a la lesión de los vasos pulmonares. Se han observado bronquitis y sus secuelas, bronquiectasias y bronconeumonía, en algunos casos de intoxicación crónica, tanto en pacientes como en necropsias (Guha-Mazumder et al., 2005; Milton & Rahman, 2002; Tsai et al., 1999; Zaldivar, 1977; Rosenberg, 1974; Zaldivar, 1974). También se ha reportado disminución de la función pulmonar, en sujetos que muestran lesiones en la piel y estuvieron expuestos a 0.1 - 0.5 μg As/L en el agua potable, (Von Ehrenstein, 2005). Pese a que en general, los efectos respiratorios no han sido asociados con la ingesta repetida de dosis bajas de As, algunos estudios reportan síntomas respiratorios menores como tos, expectoración, rinorrea y dolor de garganta, en personas con exposición oral repetida de 0.03 - 0.05 μg As /kg/día (Ahmad, 1997; Mizuta et al., 1956).

Se han realizado un gran número de estudios sobre los efectos tóxicos del As ingerido en humanos y animales. En los seres humanos, la mayoría de los casos de toxicidad son el resultado de una ingesta accidental, suicida,

homicida o medicinal de polvos o soluciones que contienen As, o por el consumo de agua o alimentos contaminados. En algunos casos, se conoce la forma química, como en la solución medicinal de Fowler, que contenía 1% de arsenito de potasio o de trióxido de As, pero en muchos casos, como en las exposiciones a través del agua potable, la forma química no es conocida. En estos casos, se presume que las formas más probables son el arseniato inorgánico [As (V)], el arsenito inorgánico [As (III)], o una mezcla. Todos los datos de exposición se expresan en miligramos de As por kilogramo de peso corporal por día (mg As/kg/día) (ATSDR, 2007^a).

5.4.2. Vía aérea

La exposición ambiental y ocupacional al As por vía aérea, en asociación con los efectos sobre el desarrollo, se investigó en la fundición de cobre Rönnskär, al norte de Suecia (Nordström et al., 1979^a; Nordström et al., 1979^b; Nordström et al., 1978^a; Nordström et al., 1978^b). Entre sus trabajadoras se presentó una incidencia significativamente mayor de aborto espontáneo (Nordström et al., 1979^a), sus hijos experimentaron una incidencia significativamente mayor en malformaciones congénitas (Nordström et al., 1979^b) y una disminución significativa del peso promedio al nacer (Nordström et al., 1978^a). En las poblaciones cercanas a la fundición se encontró una mayor incidencia de aborto espontáneo y disminución del peso promedio al nacer (Nordström et al., 1979^b; Nordström et al., 1978^a; Nordström et al., 1978^b).

5.4.3. Vía dérmica

La absorción de As por vía dérmica es baja, alcanza el 2% (Albores, Quintanilla, Del Razo y Cebrián, 1997). La exposición al As por vía dérmica puede provocar enfermedad, pero se considera como una ruta de exposición menor (ATSDR, 2009).

5.5. Fuentes de exposición

5.5.1. Agua

El As puede contaminar acuíferos por procesos naturales, o por uso o manejo inadecuado de compuestos y residuos que lo contengan, México es uno de los países donde se han reportado casos de contaminación de agua potable por actividades humanas (ATSDR, 2009).

El As se encuentra principalmente como iones negativos de As (V) y As (III) en agua subterránea. En condiciones oxidantes predomina el As (V) y en ambientes reductores el As (III), aunque ambas especies pueden existir en un amplio rango de pH. La concentración de As en aguas naturales está controlada principalmente por interacciones solución-sólido (Smedley & Kinniburgh, 2002). Las condiciones óxido-reductoras y el pH del agua, propician la retención del As en diversas superficies minerales como hidróxidos de hierro y aluminio, arcillas y calcita (Sun & Doner; 1998; Manning & Goldberg, 1997; Sadiq, 1995).

Muchos compuestos de As pueden disolverse en el agua de lluvia o nieve y pasar a lagos, ríos o agua subterránea; cierta cantidad se adhiere a partículas en el agua o al sedimento del fondo de lagos o ríos, mientras otra porción es arrastrada por el agua, finalmente, la mayor parte termina en el suelo o el sedimento. Generalmente, la concentración de As en agua de

superficie o subterránea es aproximadamente 1 parte de As por billón de partes de agua (1 ppb As), aunque puede exceder 1 000 ppb en áreas de minería o donde los niveles de As son naturalmente altos. De manera general, el agua subterránea contiene niveles más altos de As que el agua de superficie (ATSDR, 2007^b).

La Organización Mundial de la Salud, con base en diferentes estudios y evidencias de afectaciones a la salud por el consumo de agua con concentraciones altas de As, propuso un límite máximo permisible de 0.010 mg/L en agua potable, que adoptó la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA) en enero de 2001 (OMS, 1993; US EPA, 2001). En México, la norma NOM-127-SSA1-1994 establecía una concentración máxima de As de 0.050 mg/L, pero la modificación del 2000 disminuyó el límite anualmente 0.005 mg/L hasta llegar a 0.025 mg/L en el año 2005 (Secretaría de Salud, 2000). Aunque 0.025 mg/L representa una concentración riesgosa por el carácter carcinogénico del As, la reducción de este límite a la concentración propuesta por la OMS implicaría mejorar la metodología de detección del As que se utiliza actualmente.

5.5.2. Aire

Las fuentes principales de contaminación ambiental por As son: fundición de metales, quema de carbón y uso de pesticidas con As (Lepp, 1981). Durante el proceso de fundición, se volatilizan algunos compuestos de As presentes en minerales, la mayoría en forma de trióxido, el cual forma ácido arsenioso al disolverse en agua. Los minerales auríferos contienen concentraciones altas de As, principalmente como arsenopirita, que causan problemas de contaminación cerca de las minas de oro (Jervis & Tiefenbach, 1979;

Rosehart & Lee, 1973; O´Toole et al., 1971). Polvo y gases emanados de la fundición contaminan suelos y plantas, en grados que varían de acuerdo con la distancia que guardan con el lugar de contaminación. En el carbón, el As se presenta de manera abundante como arsenopirita (Swaine, 1977) y en las emisiones de las plantas carboníferas como trióxido (Bencko et al., 1977). Cuando las plantas de energía y otros procesos de combustión liberan As, este se adhiere en general a partículas muy pequeñas, sin embargo, también se encuentra en partículas más grandes como el polvo que levanta el viento. El As adherido a partículas grandes se deposita en el suelo o es removido del aire por la lluvia, pero el As adherido a partículas muy pequeñas puede permanecer en el aire varios días y movilizarse largas distancias (ATSDR, 2007^b). Las partículas de polvo transportadas por aire, pueden contener más de 1 700 ppm de As (Temple et al., 1977).

Los niveles de As en el aire, varían entre menos de 1 nanogramo (billonésima parte de un gramo) hasta aproximadamente 2000 nanogramos de As por metro cúbico de aire (ng/m^3), dependiendo de las condiciones climáticas, la localidad y el nivel de actividad industrial en el área. Los niveles de As en áreas urbanas varían generalmente entre 20 y 30 ng/m^3 (ATSDR, 2007^b).

5.5.3. Suelo

El As ocurre naturalmente en el suelo y en minerales, puede ingresar a aire y agua por la acción del viento que levanta el suelo, pero también se incorpora al agua a través de escurrimientos o filtraciones del suelo. Las erupciones volcánicas constituyen otra fuente de As.

La concentración de As en el suelo varía ampliamente, en general entre 1–40 partes de As por millón de partes de suelo (ppm), con un promedio de 3-4 ppm (ATSDR, 2007^b). Sin embargo, los suelos superficiales cercanos a fundiciones de cobre o plomo presentan concentraciones de 260-380 ppm de As, que inducen contenidos de 60-80 ppm de As en las plantas que crecen en ellos. Actualmente, en todo el mundo existen depósitos de desechos mineros y escorias de fundición que contienen cantidades grandes de As y metales pesados; en este tipo de sustrato, algunas plantas pueden almacenar hasta 5000 ppm, mientras las hojas de otras especies acumulan más del 1% del contaminante presente en el suelo (Carbonell et al., 1995).

Las áreas agrícolas donde se usaron plaguicidas con As pueden tener niveles muy altos, se han encontrado residuos de As en suelos que han recibido arsenicales tanto orgánicos como inorgánicos. Los suelos de huertos viejos que han sido tratados con arseniato de plomo durante muchos años, presentan cantidades de residuos especialmente altas, con concentraciones superiores a 2500 mg As/kg que son fitotóxicas para varios cultivos. El As total del suelo no refleja adecuadamente la disponibilidad del elemento para la planta o su grado de toxicidad, pues las plantas pueden adsorber una amplia variedad de compuestos de As con diferentes efectos tóxicos (Carbonell et al., 1995).

5.5.4. Alimentos

Los alimentos son susceptibles de contaminación, puesto que se relacionan con los componentes primarios del ambiente: suelo, aire y agua. Aunque los contaminantes se encuentren repartidos en cantidades pequeñas en el

ambiente, el proceso de bioacumulación expone a los seres humanos a concentraciones altas de agentes potencialmente tóxicos, por su ubicación final en muchas cadenas tróficas. En la dieta, la fuente principal de As son los mariscos, seguidos por arroz/cereales de arroz, hongos y aves de corral. Aunque los mariscos contienen las mayores cantidades de As, este se encuentra, en su mayor parte, en una forma orgánica llamada arsenobetaina, mucho menos peligrosa, en contraste, algunas algas marinas contienen formas inorgánicas de As que pueden ser peligrosas (ATSDR, 2007^b).

Los metales pesados pueden ser absorbidos por las plantas dependiendo de su disponibilidad en el suelo y de los mecanismos de selectividad propios de cada especie, variedad o genotipo. Algunos como el manganeso, níquel, cobre, zinc o molibdeno son elementos esenciales en el metabolismo de las plantas; mientras otros como el As, cadmio, mercurio y plomo son fitotóxicos. Los metales pesados pueden acumularse en órganos distintos según su movilidad en las plantas, ya que estas han desarrollado mecanismos específicos para absorber, traslocar y acumular nutrientes (Lasat, 2002); sin embargo, algunos metales y metaloides no esenciales son absorbidos, traslocados y acumulados en la planta, debido a que presentan un comportamiento electroquímico similar al de los elementos nutritivos requeridos (Lucas, 2002).

Mecanismos de ingreso de sustancias potencialmente tóxicas a las plantas

1. Absorción de metales pesados desde el suelo a la raíz de las plantas y transporte a los tallos, hojas y tejidos de almacenamiento usados como alimento (semillas, tubérculos y frutos). Este mecanismo es generalmente el primer paso de su entrada en la cadena alimentaria,

después los metales se hacen disponibles a herbívoros y humanos directamente o a través de la cadena alimentaria (John & Leventhal, 1995).

2. Absorción foliar, es un mecanismo de ingreso de sustancias provenientes de fuentes aéreas. Las especies vegetales, incluyendo algunos cultivos, tienen la capacidad de acumular metales en sus tejidos; las plantas que son capaces de absorber y acumular metales, en un nivel superior a lo establecido como normal para otras especies en los mismos suelos, se llaman hiperacumuladoras, se encuentran principalmente en suelos ricos en metales por condiciones geoquímicas naturales o contaminación antropogénica. Las plantas hiperacumuladoras generalmente tienen poca biomasa, debido a que utilizan más energía en los mecanismos necesarios para adaptarse a las altas concentraciones de metales en sus tejidos (Kabata-Pendías & Pendías, 2001). La capacidad de las plantas para bioacumular metales y otros contaminantes varía según la especie vegetal y la naturaleza de los contaminantes, en el caso de los metales pesados, depende de cada metal (Naidu et al., 2003).

Los niveles de As en los alimentos varían entre 20 – 140 ppb, sin embargo, los de As inorgánico, forma que genera mayor preocupación, son mucho más bajos (ATSDR, 2007).

5.6. Exposición materno infantil

La exposición a agentes tóxicos durante el desarrollo fetal, incrementa el riesgo de efectos adversos a la salud como nacimiento prematuro, morbilidad infantil (en el desarrollo neurológico y cáncer), enfermedad y mortalidad en adultos (cáncer y efectos cardiovasculares) debido a su capacidad de atravesar la placenta y entrar en el feto (Stillerman et al., 2008; Gluckman & Hanson, 2004). Se han encontrado agentes tóxicos tanto en orina materna y suero como en líquido amniótico, sangre del cordón y meconio, incluso en algunos casos, la exposición fetal es mayor que la exposición materna (Barr, 1999).

Actualmente, la preocupación por la exposición a sustancias químicas múltiples va en aumento, pues los estudios demuestran que la exposición a varias sustancias que actúan con un mismo efecto adverso, puede tener un efecto mayor que la exposición a una sustancia química individual (Kortenkamp, 2007). Debido a que el As se encuentra en el ambiente, de manera natural o antropogénica, la exposición ocurre por medio de los alimentos, el agua potable o el aire que se respira al aserrar, pulir o quemar madera tratada con As en algunos sitios de desechos peligrosos que no han sido almacenados apropiadamente, en un área que tuvo actividad agrícola en el pasado o cuando se utilizaron productos domésticos como veneno para ratas, ciertos tipos de medicamentos y herbicidas que contenían As. Adicionalmente, los niños pueden estar expuestos por comer tierra (ATSDR, 2007^b). No obstante, es difícil saber a que forma de As se está expuesto, ya que los métodos científicos de análisis para la determinación de los niveles ambientales de As, generalmente no establecen la forma específica de As presente, incluso en sitios de residuos peligrosos (ATSDR, 2007^b).

Se sabe que el As cruza con facilidad la barrera placentaria (Concha et al., 1998), incluso estudios en animales han encontrado que es embriotóxico y teratogénico en dosis altas (Hill et al., 2008; Wang et al., 2006; NRC, 2001). Varias investigaciones han reportado asociación entre aborto espontáneo y muerte fetal por la exposición al As, con un riesgo mayor entre las mujeres que consumieron agua con concentraciones elevadas de As (Von Ehrenstein et al., 2005; Ahmad et al., 2001). En Chile se observó mortalidad neonatal y post neonatal elevada en un área con alta concentración de As en el agua de consumo (800 µg / L) en comparación con otra sin As (Hopenhayn-Rich et al., 2000). En Bangladesh, un estudio retrospectivo de cohorte encontró una asociación débil entre la exposición al As en agua de consumo y la pérdida del feto, y una asociación más clara con la mortalidad infantil (Rahman et al., 2007). La mortalidad infantil puede estar mediada por enfermedades infecciosas, como lo indican algunos estudios en animales y humanos en los que se asocia al As con inmunosupresión e inmunodepresión (Ahmed et al., 2011; Banerjee et al., 2009; Selgrade, 2007; Conde et al., 2007; Lemarie et al., 2006; Soto-Peña et al., 2006; Patterson et al., 2004). Estos efectos inmunológicos pueden aumentar potencialmente la carga de enfermedades infecciosas en la infancia, en particular de infecciones de vías respiratorias bajas y diarrea (Rahman et al., 2009), dos de las causas que cobran más del 90% de defunciones en niños y adultos jóvenes, más comunes en menores a 5 años en los países en desarrollo (OMS, 1999).

6. METODOLOGÍA

6.1. Tipo de estudio:

Estudio observacional, descriptivo, transversal.

6.2. Universo de estudio:

Mujeres embarazadas, residentes de El Salto y Juanacatlán, Jalisco durante el período marzo 2011 - abril 2012.

6.3. Muestreo:

No probabilístico, de las mujeres identificadas en estado de gestación que residían en el área de estudio durante el período marzo 2011 - abril 2012 y acudían a control prenatal a las unidades médicas de las instituciones prestadoras de servicios médicos.

6.4. Tamaño de la muestra:

24 mujeres embarazadas residentes en El Salto y Juanacatlán, Jalisco.

6.5. Criterios de inclusión, exclusión y eliminación

6.5.1. Criterios de inclusión

Mujeres en estado de gestación, con un mínimo de 5 años de residencia en El Salto o Juanacatlán, Jalisco, que aceptaron participar.

6.5.2. Criterios de exclusión

Mujeres en estado de gestación con patologías diagnosticadas o toxicomanías.

6.5.3. Criterios de eliminación

- Mujeres que decidieron no continuar con el estudio o que dejaron de asistir al monitoreo gineco-obstétrico.
- Mujeres que cambiaron de residencia.
- Mujeres que no se adhirieron al protocolo.

6.6. Métodos e instrumentos de recolección de datos

- Historia clínica con énfasis en aspectos toxicológicos y nutrimentales
- Exploración física completa
- Monitoreo gineco-obstétrico
- Recolección de muestras de cabello

6.7. Variables de estudio

Table 1 Tabla 2. Operacionalización de variables			
Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Escala de medición
<i>Hipotensión arterial</i>	Presión arterial menor a la normal	Para definir hipotensión arterial se utilizaron los criterios de la Asociación Americana del Corazón (American Heart Association): Presión arterial menor a la habitual (90/60 mm Hg), con alguno de los siguientes signos o síntomas: mareo, desmayo, deshidratación o sed inusual, falta de concentración, visión borrosa, náusea, palidez y piel fría, respiración agitada, fatiga, depresión. La presión arterial fue medida utilizando un baumanómetro.	Categórica Sí/No
<i>Hipertensión arterial</i>	Presión arterial mayor a la normal	Para definir hipertensión arterial se utilizaron los criterios de American Heart Association: Presión arterial >140/90 mm Hg. La presión arterial fue medida utilizando un baumanómetro.	Categórica Sí/No

<i>Anemia</i>	Trastorno caracterizado por la disminución de la concentración de hemoglobina por debajo de límites que se consideran normales	Para definir anemia se utilizó el criterio de la Organización Mundial de la Salud: nivel de hemoglobina <11 mg/dl. La cuantificación de la concentración de hemoglobina sérica se hizo por medio de examen para clínico.	Categoría Sí/No
<i>Infecciones de vías urinarias (IVU)</i>	Presencia de bacterias, hongos o virus, en la orina	El diagnóstico de las IVU se realizó por medio del examen clínico y la identificación de bacterias, hongos o virus en orina por medio de examen general de orina.	Categoría Sí/No
<i>Amenaza de aborto</i>	Sangrado vaginal, con o sin cólicos abdominales, que hace posible se presente un aborto espontáneo antes de la semana 20 de gestación	La identificación de la probabilidad de aborto se realizó por medio de diagnóstico clínico.	Categoría Sí/No
<i>Aborto espontáneo</i>	Pérdida espontánea de un feto antes de la semana 20 de gestación	Para definir aborto espontáneo se utilizó el glosario de terminología en Técnicas de reproducción asistida del Comité Internacional de Monitoreo de Tecnología de Reproducción Asistida (International Committee for Monitoring Assisted Reproductive Technology –ICMART-) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), como pérdida espontánea de un embarazo clínico antes de completadas las 20 semanas después de la fecundación) o si la edad gestacional es desconocida, la pérdida de un embrión/feto de menos de 400 g. La pérdida espontánea del feto fue confirmada por medio de diagnóstico clínico.	Categoría Sí/No
<i>Muerte fetal</i>	Muerte acaecida antes de la expulsión o extracción completa de la madre, del producto de la concepción, cualquiera que haya sido la duración de la gestación	La muerte del producto de la gestación antes de la expulsión o extracción completa de la madre, fue confirmada por medio de diagnóstico clínico y ecosonograma.	Categoría Sí/No

<i>Edad gestacional al nacimiento</i>	Tiempo transcurrido desde el primer día del último ciclo menstrual hasta el momento del nacimiento	Para definir la edad gestacional al nacimiento se utilizaron los criterios de la Norma oficial mexicana, NOM-007-SSA2-1993, Atención a la mujer durante el embarazo, parto y puerperio a recién nacidos. Criterios y procedimientos para la prestación del servicio.	Semanas de gestación (SDG)
<i>Parto pretérmino espontáneo</i>	Nacimiento del producto de la gestación entre la semana 33 a la 36, que ocurre sin causa conocida o identificada	Para definir parto pretérmino se utilizaron los criterios del Instituto Mexicano del Seguro Social: parto pre término de prematuridad media y parto pre término espontáneo. La fecha de nacimiento se calculó de acuerdo con las semanas transcurridas a partir de la última menstruación.	Categoría Sí/No
<i>Peso al nacer</i>	Primera medida de la masa corporal del recién nacido hecha después del nacimiento	La primera medición del peso del recién nacido se realizó por medio de una balanza graduada en gramos.	Gramos (g)
<i>Talla al nacer</i>	Primera medida de la estatura del recién nacido hecha después del nacimiento	La primera medición de la estatura del recién nacido se realizó por medio de un tallímetro graduado en centímetros.	Centímetros (cm)
<i>Concentración de As en cabello</i>	Cantidad de As presente en el cabello	La cantidad de As en cabello se cuantificó por espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo (ICP/MS)	Microgramos/gramo (µg/g)

6.8. Procedimiento

Se acudió a la UMF 5 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), ubicada en El Salto Jalisco, donde reciben atención médica la población tanto de El Salto como de Juanacatlán, así como al Centro de Salud dependiente de la Secretaría de Salud (SS) en la región, donde se solicitó el apoyo para investigar cuantas son y donde residen las mujeres embarazadas, posteriormente se hizo el proceso de selección. Las mujeres embarazadas seleccionadas fueron citadas e invitadas a participar voluntariamente en el proyecto. Después de explicarles los objetivos del proyecto, se les solicitó que firmaran su carta de consentimiento informado (Anexo I) y sólo entonces se

citaron para la elaboración de su historia clínica con énfasis en aspectos toxicológicos (Anexo II). Se realizó una exploración física completa y se programaron sus citas para el seguimiento gineco-obstétrico del embarazo (Anexo III) a las 8,12,16, 20, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39 y 40 semanas de gestación (SDG). Se registraron los indicadores clínicos de seguimiento.

Las mediciones de peso y talla se realizaron una vez llevado el cero del peso a la línea de referencia, se indicó a la persona se ubicara en el centro de la plataforma, descalza, con la menor cantidad de ropa posible y sin que su cuerpo tuviera contacto con objetos aledaños. Las mediciones antropométricas: peso y talla, además de la edad, permitieron obtener el diagnóstico del estado nutricional, por medio del Índice de masa corporal (IMC), se registraron los datos pregestacionales recabados por interrogatorio directo. Cada expediente se identificó con el nombre de la mujer embarazada y un folio consecutivo.

Después de las mediciones antropométricas, se aplicó la encuesta, que incluye la descripción del consumo alimentario habitual (Anexo IV), con el propósito de identificar los alimentos que componen la dieta diaria de las mujeres embarazadas que residen en el área de estudio, la probable exposición a As a través del consumo de alimentos y las actividades desempeñadas; así como los síntomas y eventos adversos presentados por las embarazadas y sus familiares. La encuesta fue dirigida por la investigadora, que atendió cualquier duda. Se tomaron muestras de cabello para la cuantificación de As.

6.8.1. Recolección de muestras

Cada participante aportó una muestra de 1 g de cabello para la cuantificación de sus concentraciones de As. Con anterioridad se les pidió a las mujeres que no se pintaran el cabello, que lavaran su cabeza con shampoo normal sin acondicionador, que no utilizaran shampoo anti caspa o alguno que contuviese selenio o azufre, ni geles o fijadores para peinarse. Se excluyeron de la toma de muestras las mujeres que no siguieron las instrucciones y se tiñeron el cabello. La investigadora tomó mechones de cabello de 6 puntos diferentes en la nuca de cada participante; se cortaron 2.5 cm del nacimiento de cada mechón hasta coleccionar un total de 1 g de cada persona, que fue pesado con una báscula ex profeso. Las muestras se depositaron en bolsas de polietileno con cierre hermético, previamente identificadas con las claves de cada participante, para su traslado al laboratorio.

6.9. Descripción de técnicas de análisis

6.9.1. Cuantificación de arsénico en cabello

En el laboratorio, el cabello se cortó y lavó con el método modificado de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA). Se pesaron aproximadamente 0.2 g de cabello en tubos desechables de polipropileno de 50 mL para centrífuga. Se solubilizaron las muestras en ácido nítrico concentrado (grado metales traza) y se llevaron a digestión en un horno de microondas de caudal continuo automatizado por cinco minutos, la solución se evaporó a 1 mL y se diluyó a 5 mL. Todas las concentraciones de As se cuantificaron por espectrometría de masas con plasma de acoplamiento

inductivo (ICP-MS. Elan 5000, Perkin Elmer) con sistema de inyección de flujo (FIAS 400, Perkin Elmer).

6.9.2. Análisis estadístico

Estadística descriptiva.

Se resumieron las variables de manera estadística y gráfica, para proporcionar información sobre su localización, dispersión y distribución. Se utilizaron el estadístico de tendencia central, media aritmética; y los estadísticos de dispersión, desviación estándar y rango.

6.10. Consideraciones éticas

En esta investigación no se empleó ningún procedimiento invasivo, ni se extrajo ADN, todos los estudios fueron los de rutina y sólo se requirió una muestra de cabello, prevaleció el respeto a la dignidad y la protección de derechos y bienestar de las mujeres embarazadas y de sus hijos, aunque no se requería se obtuvo su consentimiento informado y por escrito, se protegió la privacidad de las mujeres embarazadas estudiadas, identificándolas sólo cuando los resultados lo requirieron y éstas lo autorizaron, en conformidad a los artículos 13, 14, 16 y 17, De los Aspectos Éticos de la Investigación en Seres Humanos del Reglamento de la Ley General de Salud de México en Materia de Investigación para la Salud, que clasifica esta investigación en la categoría II: Investigación con riesgo mínimo. Asimismo se observaron los lineamientos establecidos en la "Declaración de Helsinki", enmendadura de Seúl.

7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El municipio El Salto se localiza al centro del estado de Jalisco en México, en las coordenadas 20° 28'30" a 20° 35'15" de latitud norte y de 103°20'00" a 103°20'08" de longitud oeste a una altura de 1,508 metros sobre el nivel del mar. Su extensión geográfica es de 41.50 km² (Sistema Estatal de Información Jalisco, 2005). El municipio de Juanacatlán se sitúa en la parte centro oriente del estado de Jalisco, se encuentra dentro de las coordenadas 20°24'00" a 20°32'15" latitud norte y de 103°03'10" a 103°15'00" longitud oeste, a una altura de 1,530 metros sobre el nivel del mar. Limitado al norte con Tonalá y Zapotlanejo, al sur con Chapala y Poncitlán; al este con Zapotlán del Rey y al oeste con Ixtlahuacán de los Membrillos, El Salto y Tlajomulco de Zúñiga. Su extensión territorial es de 89.08 km² (Sistema Estatal de Información Jalisco, 2005).

Los resultados preliminares del Censo de Población y Vivienda 2010 registran en el municipio El Salto 138 585 habitantes, de los cuales 69 213 son hombres y 69 372 mujeres, distribuidos en 32 314 viviendas habitadas. El municipio de Juanacatlán registra 13 218 habitantes, de los cuales 6 675 son hombres y 6 543 mujeres, que habitan 3 232 viviendas (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010).

Ambos municipios tienen clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media: 86.5% en El Salto, 69.7% en Juanacatlán y de menor humedad: 13.5% y 30.3% respectivamente, con un rango de precipitación de 800-1000 mm en ambos municipios y rangos de temperatura de 18-20°C en El Salto y 18-22°C en Juanacatlán (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2009).

El principal recurso hidrológico de ambos municipios es el río Santiago, en El Salto en conjunto con el arroyo del Ahogado, algunos manantiales, como el de Cerro Colorado y Cerro de la Cruz; y las presas El Ahogado, Las Pintas y El Cajón. En Juanacatlán conjuntamente con los arroyos: Colorado, Buena Vista, Los Corteses, La Cruz, La Tinaja, El Gallo, El Puerto, Hondo, Miseria, Chiquito, Limoncito y Lomelines, además del canal de riego del río Santiago (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2009). El río Lerma-Santiago es uno de los afluentes más importantes de México con una extensión de 132, 476 kilómetros, recorre los estados de México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Jalisco, Aguascalientes, Zacatecas, Durango y finalmente desemboca en el océano Pacífico en el puerto de San Blas del estado de Nayarit. En Jalisco atraviesa los municipios de Ocotlán, Poncitlán, Atequiza, Atotonilquillo, Juanacatlán, El Salto y Tonalá, a la altura de las cabeceras municipales de El Salto y Juanacatlán desciende por una cascada de 20 metros de altura (Sistema Estatal de Información Jalisco, 2005).

Mapa 1. Municipios El Salto y Juanacatlán, Jalisco



Fuente: Mapas google 2012.

8. RESULTADOS

La investigación para evaluar los eventos adversos en la salud materno infantil en mujeres embarazadas con exposición crónica al As ambiental en El Salto y Juanacatlán, Jalisco se desarrolló de marzo del 2011 a abril del 2012, comprendió la recolección de datos para la historia clínica con énfasis en aspectos toxicológicos, exploración física completa, monitoreo gineco-obstétrico así como la recolección y análisis de las muestras biológicas. En el análisis descriptivo de los datos, se obtuvieron los porcentajes de cada variable categórica para reflejar el número de casos de cada categoría; para variables cuantitativas se calcularon los promedios y desviaciones estándar así como rangos y valores mínimos y máximos.

El grupo de estudio de El Salto y Juanacatlán incluyó 24 mujeres embarazadas de 15 a 37 años, cuyas características se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Características sociodemográficas de las mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán. 2011 – 2012.			
<i>Edad</i>	Promedio ± D.E. 24.8 ± 6.7 años	Mín. - Máx. 15 - 37 años	
		Frecuencia	Porcentaje (%)
<i>Ocupación</i>	Hogar	18	75.0
	Comerciante	3	12.5
	Empleada	2	8.3
	Estudiante	1	4.2
<i>Escolaridad</i>	Primaria	7	29.2
	Secundaria	10	41.7
	Carrera Técnica	3	12.5
	Preparatoria	4	16.7
<i>Estado Civil</i>	Soltera	5	20.8
	Casada	9	37.5
	Unión Libre	10	41.7
Datos aportados por el presente estudio a partir de las historias clínicas. n=24. D.E.= Desviación estándar.			

Como se aprecia en la Tabla 4, el peso pregestacional mínimo entre las mujeres embarazadas fue 38 kilogramos, el peso pregestacional máximo 98 kg, el peso promedio del grupo de estudio al final del embarazo fue 70.96 kilogramos; la talla mínima fue 146.4 cm y la máxima 172 cm; de acuerdo con la evaluación de sus características antropométricas, el 37.5% inició el embarazo con sobrepeso (25%) u obesidad (12.5%), conforme a la clasificación de las normas oficiales mexicanas Norma Oficial Mexicana NOM-174-SSA1-1998 Para el manejo integral de la obesidad y NOM-008-SSA2-1993 Control de la nutrición, crecimiento y desarrollo del niño y del adolescente.

Tabla 4. Características antropométricas de las mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán. 2011 – 2012.		
	Promedio \pm D.E.	Rango (Mín. - Máx.)
<i>Talla (cm)</i>	158 \pm 8.32	25.6 (146.4 – 172)
<i>Peso pregestacional (kg)</i>	61.44 \pm 15.84	60 (38 – 98)
<i>IMC pregestacional</i>	24.09 \pm 5.48	19.25 (16.22 – 35.47)
<i>Peso gestacional final (kg)</i>	70.96 \pm 14.96	57 (45 – 102)
Clasificación		Porcentaje (%)
<i>Talla</i>	Normal	79.2
	Baja	20.8
<i>IMC pregestacional</i>	Obesidad	12.5
	Sobrepeso	25
	Normal	54.2
	Bajo peso	8.3
Datos aportados por el presente estudio a partir de las historias clínicas, n=24. D.E.= Desviación estándar. Clasificación de la talla: NOM-174-SSA1-1998. Clasificación del IMC: OMS.		

En las historias clínicas se registró el ciclo sueño-vigilia, se encontró que las embarazadas dormían diariamente un mínimo de 7 horas y un máximo de 12, en promedio 9.5 horas por día, pese a lo cual sólo el 12.5% refirió sentirse

bien durante el día. El 100% del grupo de estudio expuso despertar durante la noche por los fuertes olores que despide el río Santiago generalmente de las 23 a las 3 h. Un 57.5% manifestó dificultad para conciliar el sueño y el mismo porcentaje padeció insomnio. Respecto a la actividad física habitual, 58.3% de las mujeres eran sedentarias, 29.2% refirió caminar como práctica de ejercicio y 12.5% señaló practicar ejercicio aeróbico.

Durante la investigación, se asentó la historia reproductiva de las mujeres embarazadas, cuyas características se detallan en la Tabla 5. La edad mínima de menarca fue 9 años, la edad del primer embarazo 15 años y la edad máxima del último embarazo 37 años.

Tabla 5. Historia reproductiva de las mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán. 2011 – 2012.		
	Promedio \pm D.E.	Min - Max
<i>Edad de menarca (años)</i>	12.33 \pm 1.34	9 – 15
<i>Edad del primer embarazo (años)</i>	19.58 \pm 3.40	15 – 27
<i>Edad del último embarazo (años)</i>	24.8 \pm 6.63	15 – 37
<i>Embarazos</i>	2.38 \pm 1.35	1 – 6
<i>Partos</i>	1.08 \pm 1.04	0 – 3
<i>Cesáreas</i>	0.25 \pm 0.43	0 – 1
<i>Abortos espontáneos</i>	0.38 \pm 0.70	0 – 2
Datos aportados por el presente estudio a partir de las historias clínicas, n=24. D.E.= Desviación estándar.		

El 25% de las embarazadas presentó abortos espontáneos previos a la gestación monitoreada, la mitad de las cuales cursó dos eventos. En el grupo de 30-37 años se presentaron 66.6% de los abortos, en el de 20-29 años 16.6% y en el de 15-19 años 16.6%.

Fuentes de exposición al arsénico

En esta investigación se registraron los hábitos relacionados con las fuentes de exposición al As: agua, aire, suelo y alimentos, ya que existen antecedentes de contaminación por As en el territorio. Uno de los criterios de selección del grupo de estudio fue residencia mínima durante los últimos 5 años en El Salto y Juanacatlán. Se encontró que el 87.5% de las embarazadas residían en colonias por las que pasan corrientes de aguas residuales y, en diferentes proporciones, vivían próximas a caminos de terracería, parcelas, granjas y zona industrial; que son fuentes de exposición a arsenicales diversos; también se registró la cercanía de la vivienda durante los primeros cinco años de vida de las embarazadas, además de la exposición a As por otras fuentes como hábito tabáquico y hábitos de consumo de alimentos y agua (Tabla 6).

Tabla 6. Fuentes de exposición al arsénico de las mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán . 2011 – 2012.			
Mujeres expuestas durante los últimos 5 años (%)		Mujeres expuestas durante los primeros 5 años de vida:	
<i>Aguas residuales</i>	87.5	<i>Terracería</i>	60
<i>Terracería</i>	42.5	<i>Aguas residuales</i>	57.5
<i>Parcelas</i>	17.5	<i>Parcelas</i>	35
<i>Granjas</i>	15	<i>Granjas</i>	22.5
<i>Vertedero</i>	7.5	<i>Vertedero</i>	20
<i>Zona industrial</i>	7.5	<i>Zona industrial</i>	2.5
Hábitos actuales			
<i>Tabaquismo</i>	No fumadora		79%
	Fumadora activa		21%
<i>Consumo de pescado</i>	No consume		87.5%
	Al menos 1 vez/semana		12.5%
<i>Consumo de mariscos</i>	No consume		92 %
	Al menos 1 vez/semana		8%
<i>Consumo de agua</i>	Promedio/día		5 vasos*
Datos aportados por el presente estudio a partir de las historias clínicas, (n=24).			
*Vaso de 250 mL			

En la Tabla 7 se observa el número de vasos de agua consumidos diariamente por el grupo de estudio, el promedio fue de 5 vasos.

Tabla 7. Consumo diario de agua de las mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán. 2011 – 2012.	
# de vasos*	Mujeres que la consumen (%)
≥9	20
7-8	12.5
5-6	27.5
3-4	22.5
1-2	17.5
Total	100

Datos aportados por el presente estudio, a partir de las historias clínicas, (n=24).
*1 vaso= 250 mL.

El grupo de estudio consumió agua de procedencia diversa: agua embotellada en el municipio, agua de pozo y agua de llave o bebedero, en la Tabla 8 se aprecia la frecuencia de consumo de cada una.

Tabla 8. Procedencia y frecuencia de consumo de agua de las mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán. 2011 – 2012.			
Frecuencia de consumo	Porcentaje de mujeres que consumen: (%)		
	Agua de llave o bebedero	Agua de pozo	Agua embotellada en el municipio
<i>Diario</i>	5	5	92.5
<i>2-6 veces/semana</i>	5	2.5	2.5
<i>1 vez/semana</i>	2.5	-	2.5
<i>1 vez/quincena</i>	2.5	-	-
<i>1 vez/mes</i>	-	-	-
<i>1 vez/semestre</i>	-	2.5	-
<i>Nunca</i>	85	90	2.5
<i>Total</i>	100	100	100

Datos aportados por el presente estudio, a partir de las historias clínicas, (n=24).
*1 vaso= 250 mL.

Para el análisis descriptivo de los datos se establecieron 3 grupos etarios: 15-19 años, 20-29 y 30-37 años, tomando en cuenta el criterio de “embarazo en la adolescencia” de la Organización Mundial de la Salud, ya que en esta etapa tanto la madre como su hijo tienen mayores probabilidades de sufrir enfermedades o muerte durante el embarazo. En esta investigación el criterio corresponde al grupo de 15 – 19 años.

En la historia clínica de las mujeres, se registraron sus antecedentes patológicos, encontrándose antecedentes gástricos (29%), vasculares (13%) y respiratorios (4%) en el grupo, así como signos y síntomas atribuibles al As. Los signos y síntomas de mayor referencia en el grupo fueron cefalea, astenia y opresión torácica; se presentaron, en orden descendente y por grupos etarios: cefalea, náusea, pérdida de cabello y comezón en la piel en el grupo de 15-19 años; astenia, cefalea, opresión torácica y pérdida de cabello en el de 20-29 años; y cefalea, astenia, dolor articular, comezón en la piel y opresión torácica en el grupo de 30-37 años, como se observa con mayor detalle en la Tabla 9.

Tabla 9. Signos y síntomas atribuibles al arsénico presentados por las mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán por grupos etarios. 2011 – 2012.				
	Mujeres del total de la muestra (n=24) (%)	Mujeres de 15-19 años (n=6) (%)	Mujeres de 20-29 años (n=12) (%)	Mujeres de 30-37 años (n=6) (%)
<i>Cefalea</i>	88	67	92	100
<i>Astenia</i>	88	50	100	100
<i>Opresión torácica</i>	67	50	75	67
<i>Náusea</i>	63	67	67	50
<i>Pérdida de cabello</i>	63	67	75	33
<i>Dolor articular</i>	63	50	58	83

<i>Hormigueo manos y pies</i>	54	33	67	50
<i>Falta de apetito</i>	54	33	67	50
<i>Dificultad para recordar</i>	50	50	58	33
<i>Dolor epigástrico</i>	42	17	67	17
<i>Comezón en la piel</i>	42	67	8	83
<i>Pérdida de peso</i>	29	17	42	17
<i>Diarrea</i>	25	17	33	17
<i>Dificultad visual</i>	21	17	17	33
<i>Dificultad para escuchar</i>	21	17	25	17
<i>Hormigueo en boca</i>	13	17	17	-
<i>Dificultad para hablar</i>	8	-	8	17
<i>Falta de coordinación</i>	8	17	-	17
<i>Conjuntivitis</i>	8	-	17	-
<i>Parestesia en manos</i>	4	-	8	-
Datos aportados por el presente estudio, a partir de historias clínicas y monitoreo gineco-obstétrico, n=24.				

Durante la investigación, se realizó el monitoreo gineco-obstétrico del embarazo, por medio del cual se detectaron eventos adversos como: hipotensión e hipertensión arterial, definidas de acuerdo con los criterios de la Asociación Americana del Corazón (American Heart Association); infecciones de vías urinarias y anemia por diagnóstico clínico y paraclínico; amenaza de aborto, aborto espontáneo y muerte fetal, por diagnóstico clínico; y parto pretérmino de acuerdo con los criterios del Instituto Mexicano del Seguro Social (Tabla 10).

Tabla 10. Eventos adversos presentados por las mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán. 2011 – 2012.	
Evento	Porcentaje (%)
<i>Hipotensión arterial</i>	79
<i>Infecciones de vías urinarias</i>	71
<i>Amenaza de aborto</i>	62.5
<i>Hipertensión arterial</i>	33
<i>Anemia</i>	29
<i>Parto pretérmino espontáneo</i>	17
<i>Aborto espontáneo</i>	8
<i>Muerte fetal</i>	4
Datos aportados por el presente estudio, a partir del monitoreo gineco-obstétrico, (n=24).	

Se presentaron 4 nacimientos pretérmino, entre los cuales se registró uno gemelar a las 33 SDG, también se registraron 2 abortos espontáneos y 1 muerte fetal (Tabla 11).

Tabla 11. Resolución del embarazo del grupo de estudio de El Salto y Juanacatlán. 2011 – 2012.					
	Promedio ± D.E.			Mín. - Máx.	
<i>Edad materna (años)</i>	24.79 ± 6.62			15 – 37	
<i>Edad gestacional al nacimiento (SDG)</i>	38.61 ± 1.56			35 – 41	
<i>Peso al nacer (g)</i>	3186 ± 422			2350 - 3805	
<i>Talla al nacer(cm)</i>	49.52 ± 2.52			45 – 54	
	Masculino			Femenino	
<i>Recién nacidos</i>	43.5%			56.5%	
	F	Edad materna	SDG	Peso R.N.	Talla R.N.
<i>Nacimientos pretérmino</i>	4	37	33	1500	40
				1600	40
		27	35	2850	49
		23	36	2850	49
		15	36	2750	45
<i>Muerte fetal</i>	1	18	37	2600	45
<i>Aborto espontáneo</i>	2	32	8	-	-
		15	12	-	-
Datos aportados por el presente estudio, a partir del monitoreo gineco-obstétrico, n=24. D.E.= Desviación estándar, R.N. = Recién nacido, SDG = Semanas de gestación, g=gramos, cm= centímetros, F=frecuencia. El porcentaje de recién nacidos por sexo se obtuvo de una n=23, se excluyó el nacimiento gemelar. La edad gestacional al nacimiento, peso y talla al nacer se calcularon sobre una n=21, porque se excluyeron los datos del nacimiento gemelar para evitar la desviación de promedios.					

No se observaron diferencias importantes en relación al sexo de los recién nacidos respecto a la edad gestacional, peso y talla. Nacieron 10 niños y 13 niñas, 2 de ellas gemelas (Tabla 12).

Tabla 12. Características de los recién nacidos del grupo de estudio en El Salto y Juanacatlán, Jalisco. 2011 – 2012.				
Recién nacidos (n= 23)	Características de los recién nacidos	Promedio \pm D.E.		Mín. – Máx.
<i>Masculino</i> (n=10)	Edad gestacional (SDG)	38.3 \pm 1.82		35 - 41
	Peso (g)	3192 \pm 364		2750 – 3800
	Talla (cm)	49.7 \pm 1.33		48 – 52
<i>Femenino individual</i> (n=11)	Edad gestacional (SDG)	38.9 \pm 1.3		36 – 40
	Peso (g)	3180.5 \pm 487		2350 - 3805
	Talla (cm)	49.4 \pm 3.3		45 - 54
<i>Femenino gemelar</i> (n=2)	Edad gestacional (SDG)	33		
	Peso (g)	1600	1500	
	Talla (cm)	40	40	
Datos aportados por el presente estudio, a partir de historias clínicas y cuantificaciones de arsénico en cabello materno por ICP MS, n=24. Valor de referencia: 0.059 μ g/g. D.E.= Desviación estándar, , SDG = Semanas de gestación, g=gramos, cm= centímetros. La edad gestacional al nacimiento, peso y talla al nacer se calcularon sobre una n=21, se excluyeron los datos del parto gemelar.				

Concentraciones de arsénico en cabello

Uno de los objetivos específicos de esta investigación fue cuantificar las concentraciones de As en cabello de las mujeres, para establecer la exposición del grupo de estudio a este metaloide, lo que en Toxicología se conoce como "dosis absorbida"; ya que puede tenerse una exposición sin dosis, pero no una dosis sin exposición previa. Las concentraciones de As en cabello se midieron por espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS). En el grupo de estudio se encontró una concentración promedio de 0.085 μ g/g, el 54% de las mujeres registraron concentraciones de As en cabello mayores que el valor de referencia (0.059 μ g/g); el rango de las

concentraciones fue de 0.409 $\mu\text{g/g}$, con un mínimo de 0.011 y un máximo de 0.420 $\mu\text{g/g}$, como se aprecia en el gráfico de dispersión (Figura 1).

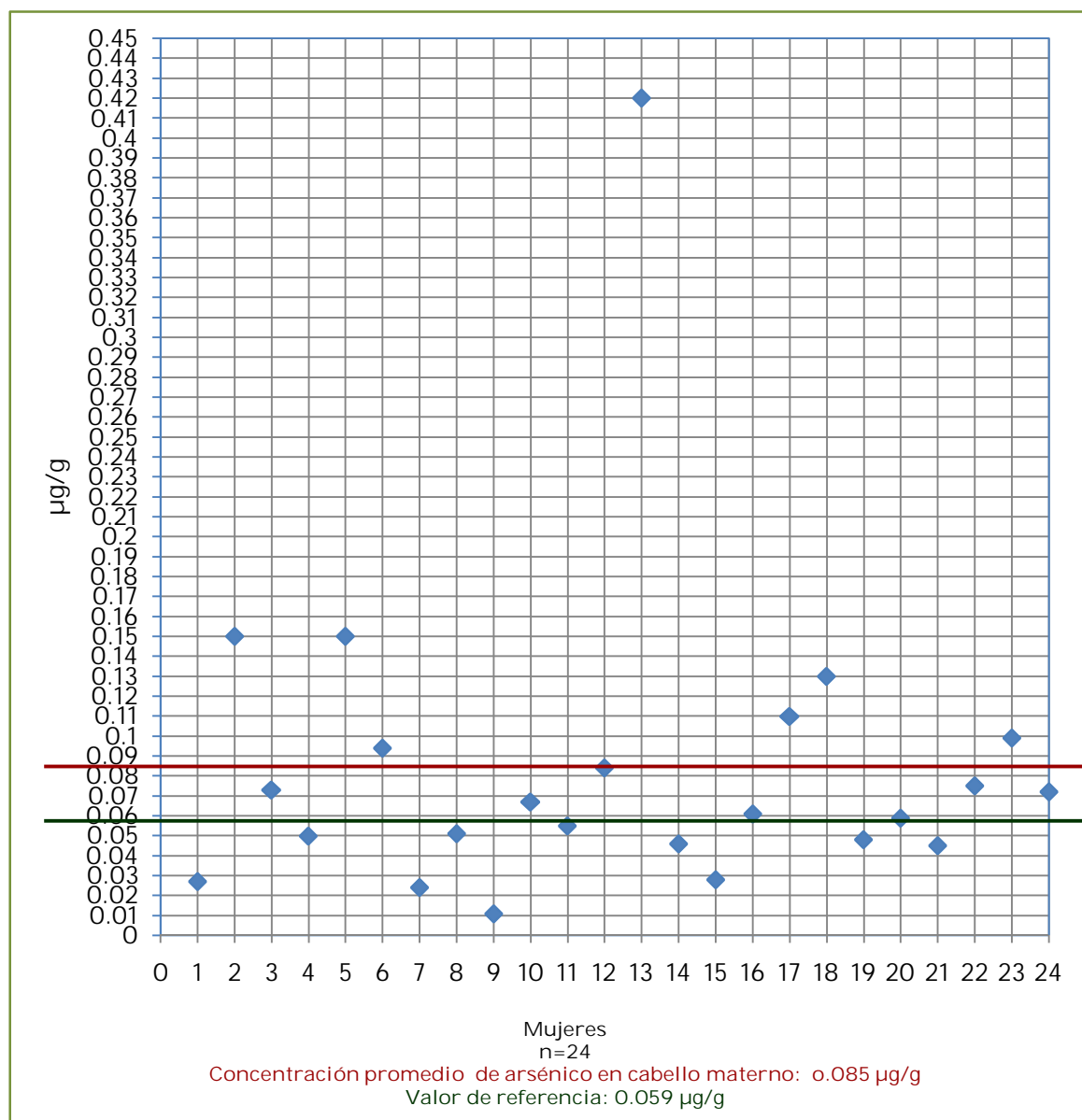


Figura 1.

Concentraciones de arsénico en cabello de las mujeres de El Salto y Juanacatlán. 2011 - 2012. Cuantificación por ICP MS.

Las concentraciones de As en cabello, analizadas en relación a la ocupación, fueron mayores en las amas de casa que en las demás ocupaciones, también se estimó el porcentaje de la muestra que rebasó el valor de referencia (0.059 $\mu\text{g/g}$) como se observa en la Tabla 13.

Tabla 13. Concentraciones de arsénico en cabello por ocupación de las mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán. 2011 – 2012.				
Ocupación	Arsénico en cabello ($\mu\text{g/g}$)		Arsénico en cabello $> 0.059 \mu\text{g/g}$	
	Promedio	n	Porcentaje (%)	n
<i>Ama de casa</i>	0.090	18	50.00	9
<i>Otra ocupación</i>	0.070	6	66.66	4

Datos aportados por el presente estudio, a partir de historias clínicas y cuantificaciones de arsénico en cabello materno por ICP MS, (n=24). Valor de referencia: $0.059 \mu\text{g/g}$

Se observaron concentraciones promedio mayores que el valor de referencia ($0.059 \mu\text{g/g}$) en los grupos de 15 – 19 y de 20 – 29 años. En el grupo de 30 - 37 años, el 67% de las concentraciones rebasaron el valor de referencia, pese a que la concentración promedio de As en cabello fue $0.059 \pm 0.019 \mu\text{g/g}$. La mayor concentración promedio de As en cabello se presentó en el grupo de 15-19 años (Tabla 14).

Tabla 14. Concentraciones de arsénico en cabello por grupos etarios de las mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán. 2011 – 2012.				
Grupos etarios (años)	Arsénico en cabello ($\mu\text{g/g}$)			
	Promedio \pm D.E.	Frecuencia	% de concentraciones $>$ valor de referencia	Frecuencia
<i>15-19</i>	0.127 ± 0.165	6	50	3
<i>20-29</i>	0.076 ± 0.044	12	50	6
<i>30-37</i>	0.059 ± 0.019	6	67	4
<i>15-37</i>	0.085 ± 0.081	24	54	13

Datos aportados por el presente estudio, a partir de historias clínicas y cuantificaciones de arsénico en cabello materno por ICP MS, (n=24). Valor de referencia: $0.059 \mu\text{g/g}$
D.E.= Desviación estándar

Respecto al estado nutricional de las mujeres, se registraron concentraciones promedio de As en cabello superiores al valor de referencia ($0.059 \mu\text{g/g}$) en

50% del grupo con bajo peso, 46% del grupo con estado nutricional normal, 33% del grupo con sobrepeso y 83% del grupo con obesidad (Tabla 15).

Tabla 15. Concentraciones de arsénico en cabello por estado nutricional de las mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán. 2011 – 2012.			
Estado nutricional	>0.059 µg/g	≤0.059 µg/g	Promedio (µg/g)
<i>Bajo peso</i>	0.110	0.048	0.079
<i>Normal</i>	0.420	0.059	0.088
	0.150	0.050	
	0.130	0.046	
	0.072	0.028	
	0.067	0.027	
	0.061	0.024	
		0.011	
<i>Sobrepeso</i>	0.094	0.055	0.066
		0.051	
<i>Obesidad</i>	0.150	0.045	0.087
	0.099		
	0.084		
	0.075		
	0.073		
Datos aportados por el presente estudio, a partir de historias clínicas y cuantificaciones de arsénico en cabello materno por ICP MS, (n=24). Valor de referencia: 0.059 µg/g			

Cuando se analizaron las concentraciones de As en cabello de acuerdo con la proximidad de las viviendas de las embarazadas a las diferentes fuentes de exposición a arsenicales, se encontró que quienes han vivido cerca de caminos de terracería, tanto en sus primeros cinco años de vida como durante los últimos cinco, presentaron las mayores concentraciones (Tabla 16).

Tabla 16. Concentraciones promedio de arsénico en cabello por exposición en vivienda de las mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán. 2011 – 2012.						
	Arsénico en cabello ($\mu\text{g/g}$)					
	Aguas residuales	Terracería	Parcelas	Granjas	Vertedero	Zona industrial
<i>Vivienda últimos 5 años</i>	0.083	0.137	0.099	0.109	0.079	0.099
<i>Vivienda primeros 5 años de vida</i>	0.085	0.121	0.098	0.093	0.084	0.073

Datos aportados por el presente estudio, a partir de historias clínicas y cuantificaciones de arsénico en cabello materno por ICP MS, n=24. Valor de referencia: 0.059 $\mu\text{g/g}$

Puesto que durante el período de investigación, las mujeres del grupo de estudio se quejaron constantemente de la severa contaminación de las corrientes de agua que pasan por sus colonias, y argumentaron que sus emanaciones les causaban incomodidad durante el día y provocaban la interrupción del sueño por las noches, se calcularon las distancias entre las aguas residuales y los lugares donde las mujeres embarazadas vivían o pasaban la mayor parte del día (Tabla 17). Al analizar las distancias de las casas de tres mujeres que presentaron abortos espontáneos (2) y muerte fetal (1), se encontró que quienes abortaron espontáneamente a las 8 y 12 SDG vivían a 500 y 345 m de las aguas residuales y la mujer que presentó muerte fetal a 4 m, este hallazgo propició la selección de dos distancias de comparación (≤ 500 m y 501 – 999 m) de la exposición de las mujeres a las aguas residuales. Respecto a las concentraciones de As en cabello, la mujer que abortó a las 8 SDG registró una concentración de 0.075 $\mu\text{g/g}$, que excedió el valor de referencia (0.059 $\mu\text{g/g}$) en un 27.1%; mientras la concentración de As en cabello de quien abortó a las 12 SDG (0.045 $\mu\text{g/g}$) fue 23.7% menor a

este valor. El 50% de las mujeres que exhibieron concentraciones mayores al valor de referencia, habían presentado uno a dos abortos espontáneos previos.

La mayor concentración de As en cabello registrada en el grupo de estudio fue $0.420 \mu\text{g/g}$, esta concentración rebasó considerablemente el valor de referencia (611.9%), y correspondió a la mujer que presentó muerte fetal a las 37 SDG, cuya vivienda se ubica a una distancia aproximada de 4 m de las aguas residuales. Al analizar las concentraciones promedio de As en cabello, se encontró que las mujeres que vivían a una distancia ≤ 500 m de las aguas residuales ($0.099 \pm 0.091 \mu\text{g/g}$) presentaron un incremento de 102% respecto a las que viven a una distancia de 501-999 metros ($0.049 \pm 0.022 \mu\text{g/g}$). En cuanto a los recién nacidos de estas mujeres, se observó que los hijos de quienes vivían a una distancia ≤ 500 m de las aguas residuales, registraron menor peso y talla al nacer que los recién nacidos de quienes vivían a una distancia mayor, como se observa en la Tabla 17.

El grupo de mujeres que vivían cerca de caminos de terracería presentó la mayor concentración promedio de As en cabello, sin embargo, sus recién nacidos alcanzaron mayor peso y talla al nacer que los hijos de quienes vivían cerca de vertederos, quienes registraron los promedios más bajos tanto en peso como en talla al nacer; en comparación con estos, los hijos de las mujeres con viviendas cercanas a caminos de terracería presentaron una diferencia de +19 g en peso y +1.63 cm en talla, como puede apreciarse en detalle en la Tabla 17.

Tabla 17. Concentraciones de arsénico en cabello materno y características antropométricas de sus recién nacidos por fuente de exposición en El Salto y Juanacatlán. 2011 – 2012.							
Exposición crónica		Mujeres		Recién nacidos			
		Arsénico en cabello ($\mu\text{g/g}$)		Peso al nacer (g)		Talla al nacer (cm)	
		Promedio \pm D.E.	n	Promedio \pm D.E.	Rango (Mín. - Máx.)	Promedio \pm D.E.	Rango (Mín. - Máx.)
Aguas residuales	≤ 500 m	0.099 \pm 0.091	17	3148 \pm 452	1455 (2350 – 3805)	49.26 \pm 2.78	9 (45 – 54)
	501-999 m	0.049 \pm 0.022	7	3297 \pm 332	880 (2750 – 3630)	50.16 \pm 1.72	4 (48 – 52)
	1550			100 (1500 – 1600)	40	-	
Terracería		0.137 \pm 0.109	9	3094 \pm 422	1200 (2600 – 3800)	49.13 \pm 2.85	8 (45 – 53)
Parcelas		0.099 \pm 0.036	4	3263 \pm 427	950 (2850 – 3800)	50.25 \pm 0.96	2 (49 – 51)
Granjas		0.109 \pm 0.036	3	3100 \pm 478	1050 (2750 – 3800)	49.5 \pm 1.29	3 (48 – 51)
Vertedero		0.079	2	3075 \pm 460	650 (2750 – 3400)	47.5 \pm 3.54	5 (45 – 50)
Zona industrial		0.099	1	3500	-	53	-

Datos aportados por el presente estudio a partir de historias clínicas y cuantificaciones de arsénico en cabello materno por ICP MS, n=24. Valor de referencia: 0.059 $\mu\text{g/g}$.
D.E.= Desviación estándar.
Las características de peso y talla al nacer del parto gemelar, respecto a las aguas residuales, se presentan de manera independiente, estos datos se excluyeron del cálculo de los promedios de peso y talla al nacer.

También se analizó el hábito tabáquico como fuente de exposición, ya que en los cultivos de tabaco se emplean arsenicales como plaguicidas y el As se volatiliza cuando se encienden los cigarrillos. A pesar de que las fumadoras activas presentaron concentraciones menores de As en cabello, sus recién nacidos pesaron y midieron menos que los hijos de las no fumadoras (Tabla 18).

Tabla 18. Características de los recién nacidos por hábito tabáquico y concentraciones de arsénico en cabello materno en El Salto y Juanacatlán. 2011 – 2012.		
Mujeres		Promedio ± D.E.
<i>Fumadoras activas</i> (n=5)	Arsénico en cabello (µg/g)	0.056 ± 0.031
	Edad gestacional al nacimiento (SDG)	39 ± 2.16
	Peso de sus recién nacidos (g)	3140 ± 426
	Talla de sus recién nacidos (cm)	49.4 ± 2.6
<i>No fumadoras</i> (n=19)	Arsénico en cabello (µg/g)	0.091 ± 0.088
	Edad gestacional al nacimiento (SDG)	38.53 ± 1.46
	Peso de sus recién nacidos (g)	3229 ± 427
	Talla de sus recién nacidos (cm)	49.71 ± 2.56
Datos aportados por el presente estudio a partir de historias clínicas y cuantificaciones de arsénico en cabello materno por ICP MS, n=24. Valor de referencia: 0.059 µg/g. D.E.= Desviación estándar. La edad gestacional al nacimiento, peso y talla al nacer se calcularon sobre una n=21, se excluyeron los datos del parto gemelar.		

En cuanto a los recién nacidos, en la Tabla 19 se observan notables diferencias entre los hijos de las mujeres con concentraciones de As en cabello mayores al valor de referencia, quienes al nacer registraron en promedio -1.3 SDG, -362 g de peso y -0.91 cm de talla, respecto a los hijos de las madres con concentraciones menores o iguales al valor de referencia. La madre del embarazo gemelar presentó una concentración de As en cabello (0.061 µg/g), mayor que el valor de referencia (0.059 µg/g), sus niñas nacieron a las 33 SDG, pesaron 1600 y 1500 g y midieron 40 cm cada una. Los 4 nacimientos pretérmino espontáneos: uno a las 33, otro a las 35 y dos a las 36 SDG, se presentaron en mujeres con concentraciones de As en cabello mayores al valor de referencia; al igual que la muerte fetal a las 37 SDG.

Tabla 19. Características de los recién nacidos por concentraciones de arsénico en cabello materno en El Salto y Juanacatlán, Jalisco. 2011 – 2012.			
Mujeres (n=24)	Parto gemelar		
	Características de los recién nacidos	Promedio ± D.E.	
<i>Arsénico en cabello materno >0.059 µg/g (n=13)</i>	Edad gestacional (SDG)	33	
	Peso (g)	1600	1500
	Talla (cm)	40	40
	Partos individuales		
	Características de los neonatos	Promedio ± D.E.	
	Edad gestacional (SDG)	38 ± 1.84	
	Peso (g)	3013.18 ± 418	
	Talla (cm)	49.09 ± 2.5	
<i>Concentraciones de arsénico en cabello materno ≤0.059 µg/g (n=11)</i>	Edad gestacional (SDG)	39.3 ± 0.82	
	Peso (g)	3375.5 ± 354	
	Talla (cm)	50 ± 2.54	
Datos aportados por el presente estudio a partir de historias clínicas y cuantificaciones de arsénico en cabello materno por ICP MS, n=24. Valor de referencia: 0.059 µg/g. D.E. = Desviación estándar La edad gestacional al nacimiento, peso y talla al nacer se calcularon sobre una n=21, porque se excluyeron los datos del parto gemelar.			

Los recién nacidos de madres con concentraciones de As en cabello mayores al valor de referencia (Tabla 19), incluso registraron menores promedios en edad gestacional, peso y talla que los hijos de las fumadoras activas (Tabla 18).

Entre las mujeres con concentraciones de As en cabello mayores al valor de referencia (0.059 µg/g), 23.1% de los partos alcanzaron las 40 SDG, 30.8% se presentaron entre las 37 – 39 SDG y 30.8% entre las 33 – 36 SDG. Se registraron un aborto a las 12 SDG y una muerte fetal a las 37 SDG como se observa en la Tabla 20.

Tabla 20. Edad gestacional de los hijos de mujeres con concentraciones de arsénico en cabello > al valor de referencia en El Salto y Juanacatlán. 2011 – 2012.	
<i>Arsénico en cabello (µg/g)</i>	<i>Edad gestacional (SDG)</i>
0.420	37 (Muerte fetal)
0.150	37
0.150	35
0.130	36
0.110	36
0.099	40
0.094	39
0.084	39
0.075	12 (Aborto)
0.073	40
0.072	40
0.067	39
0.061	33 (Parto gemelar)
<p>Datos aportados por el presente estudio a partir de historias clínicas y cuantificaciones de arsénico en cabello materno por ICP MS, n=24. En esta tabla se presentan sólo los datos (13) de edad gestacional de las mujeres con concentraciones de As en cabello > al valor de referencia: 0.059 µg/g. SDG=Semanas de gestación.</p>	

9. DISCUSIÓN

Los niños y las mujeres embarazadas, al igual que los adultos mayores, son más vulnerables a los efectos de la contaminación ambiental. Esta condición es debida a las diferencias en la exposición y a su inmadurez fisiológica, incluso a su metabolismo que en general es más acelerado. Estudios realizados con anterioridad, demuestran que los fetos y los niños pequeños son mas vulnerables a las partículas finas en suspensión, hidrocarburos aromáticos policíclicos, compuestos orgánicos volátiles, humo de tabaco, metales y ozono. También existe la preocupación por el estudio de los efectos de la exposición a contaminantes ambientales durante la gestación, tanto en el ambiente interior como en el exterior y hay datos que demuestran que este tipo de contaminación está asociada con el riesgo de mortalidad intrauterina, la prematurez, así como con la talla baja y peso, al nacimiento y en el desarrollo postnatal.

La presente investigación describe los eventos adversos en salud por exposición crónica al As, que presentaron durante el embarazo y en el período perinatal, un grupo de 24 mujeres residentes en los municipios El Salto y Juanacatlán, Jalisco, México y sus recién nacidos. Inicialmente se identificaron 30 mujeres que reunieron los criterios de inclusión, todas fueron invitadas y aceptaron participar en el estudio; sin embargo, 8 dejaron de asistir al monitoreo gineco-obstétrico porque migraron a otras poblaciones y fue necesario sustituirlas con 10 mujeres más. En la etapa de recolección de muestras, 8 mujeres se tiñeron el pelo, por lo cual finalmente se contó con los datos completos de las 24 mujeres que se adhirieron al protocolo de cuantificación de As en cabello.

Las mujeres de El Salto y Juanacatlán manifestaron durante el embarazo algunos de los signos y síntomas atribuibles al As, reportados por Albores y colaboradores (1979) en su investigación "Estudio comparativo de hidroarsenicismo crónico en dos comunidades rurales de la región lagunera de México". Los signos y síntomas sobresalientes en ambas investigaciones fueron: astenia, cefalea, dolor epigástrico y náusea, aunque en el grupo de estudio de El Salto y Juanacatlán se presentaron en mayor proporción y diferente orden, acompañados de 14 signos y síntomas adicionales, descritos por la ATSDR y por otros investigadores, que pueden resultar útiles para orientar futuros estudios de causalidad en cada municipio.

En particular, el estudio de Albores y colaboradores documentó problemas dérmicos como discromías, hipequeratosis palmoplantar y trastornos sensoriales y observó incremento de la proporción de individuos afectados conforme al aumento de edad, especialmente de los 40 a los 64 años; en las mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán no se observaron estos problemas dérmicos, sin embargo, las concentraciones de As en cabello, mayores que el valor de referencia en el 54% del grupo de estudio, y la presencia de comezón en la piel en el 42%, permiten suponer su aparición en una edad más avanzada.

Otro aspecto importante a considerar en investigaciones futuras, es la cuantificación de As en el agua de consumo, pues permite estimar la magnitud de la exposición, como en El Salvador de Arriba, Coahuila, donde Albores y colaboradores midieron la concentración anual media de As, a diferencia de la presente investigación en la que no se cuantificaron las concentraciones de As en el agua de consumo de las diversas fuentes de abastecimiento de El Salto y Juanacatlán.

En Bangladesh, el estudio de Milton y colaboradores (2005) encontró aumento del riesgo de muerte fetal e infantil en un grupo de 533 mujeres con exposición crónica a As. Los investigadores obtuvieron sus características sociodemográficas, de utilización de agua de consumo y eventos adversos durante el embarazo por medio de un cuestionario estructurado, además de analizar muestras de agua de los 223 pozos utilizados; en contraste, en el grupo de estudio de El Salto y Juanacatlán no se estimó el riesgo ni se analizaron muestras de agua de los pozos de abastecimiento, pero se cuantificaron las concentraciones de As en cabello y se encontró evidencia de la exposición crónica a este metal pesado. También se realizó el seguimiento clínico del embarazo o monitoreo gineco-obstétrico, por medio del cual se detectaron amenazas de aborto en 62.5% de las mujeres estudiadas, parto pretérmino espontáneo en 17%, aborto espontáneo en 8% y muerte fetal en 4% del grupo.

Los resultados del grupo de estudio de El Salto y Juanacatlán también contrastan con los de la investigación de Ahmad y colaboradores, en 192 mujeres de 15 a 49 años de Bangladesh, que reportan: 6.8% partos pretérmino, 6.8% abortos espontáneos y 5.3% muertes fetales en el grupo expuesto, además de significancia estadística entre arsenicismo crónico y aborto espontáneo, muerte fetal y parto pretérmino. (Ahmad et al., 2001).

En la investigación "Pregnancy Outcomes, Infant Mortality, and Arsenic in Drinking Water in West Bengal, India" Von Ehrenstein y colaboradores informaron aumento en el riesgo de muerte fetal por exposición a concentraciones altas de As durante el embarazo, en mujeres de Bengala Occidental, India, del 2001 al 2003 pero no encontraron asociación con aborto espontáneo. Estos investigadores obtuvieron los datos de los

eventos adversos durante el embarazo, por medio de entrevistas a las participantes y cuantificaron las concentraciones de As en agua de los pozos de abastecimiento. A diferencia del estudio de Von Ehrenstein y colaboradores, en El Salto y Juanacatlán los datos de los abortos espontáneos y muerte fetal se obtuvieron directamente del monitoreo gineco-obstétrico de las participantes, realizado por el equipo de investigación y se cuantificaron sus concentraciones de As en cabello inmediatamente después de los sucesos. Sin embargo, el objetivo del presente estudio no fue inferir la causalidad, sino describir los eventos adversos encontrados en las mujeres y sus recién nacidos, que permitan dirigir estudios a mayor profundidad en el futuro.

Respecto a la severa contaminación ambiental del área que ocupan los municipios El Salto y Juanacatlán, esta se atribuye principalmente a la contaminación del río Santiago, que recibe descargas municipales, agrícolas, pecuarias e industriales de poblaciones por las que atraviesa, además de las descargas del corredor industrial El Salto, uno de los más importantes de América Latina, y de la zona metropolitana de Guadalajara (Universidad de Guadalajara, 2007). Entre las participantes del grupo de estudio de El Salto y Juanacatlán, la mujer que residía en la vivienda más cercana a las aguas residuales (4 m.) presentó muerte fetal a las 37 SDG y registró la mayor concentración de As en cabello ($0.420 \mu\text{g/g}$), concentración 612% superior al valor de referencia. Entre las mujeres que vivían a una distancia ≤ 500 m de las aguas residuales, la concentración promedio de As en cabello ($0.099 \pm 0.091 \mu\text{g/g}$) superó en 102% a la registrada por quienes habitaban a una distancia de 501-999 metros ($0.049 \pm 0.022 \mu\text{g/g}$). Los recién nacidos de las mujeres con las viviendas más cercanas a las aguas residuales registraron menor peso y talla al nacer que los hijos de las que vivían a mayor distancia.

El municipio El Salto aloja también al Vertedero municipal Los Laureles, instalación que genera una gran preocupación entre la población, pues además de la presencia de metales pesados en el río Santiago se ha demostrado la descarga de desechos en terrenos aledaños a las plantas industriales y vertederos municipales de la zona (Durán y Torres, 2009). En el presente estudio, los recién nacidos de las mujeres que vivían cerca de vertederos registraron menor peso y talla promedio al nacer y sus madres reportaron concentraciones de As en cabello ($0.079 \mu\text{g/g}$) mayores que el valor de referencia ($0.059 \mu\text{g/g}$).

De acuerdo con la ATSDR (2007), el As liberado por los procesos de combustión generalmente está adherido a partículas muy pequeñas que pueden permanecer en el aire varios días y movilizarse largas distancias. El As contenido en el polvo que levanta el viento se encuentra generalmente en partículas más grandes que se depositan en el suelo o son removidas por la lluvia, sin embargo al final, la mayor parte del As termina en el suelo o en el sedimento. En esta investigación se identificaron 30 "ladrilleras" en el área de estudio, que utilizaban viruta con excretas para la fabricación de ladrillos y madera para hornearlos. Se encontró que las mujeres con las mayores concentraciones de As en cabello de la muestra, vivían cerca de caminos de terracería ($0.137 \pm 0.109 \mu\text{g/g}$), granjas ($0.109 \pm 0.036 \mu\text{g/g}$) y parcelas ($0.099 \pm 0.036 \mu\text{g/g}$).

En el estudio "Arsenic concentrations in water, soil, milk and forage in Comarca Lagunera, México", Rosas y colaboradores (1999) encontraron concentraciones de As mayores al límite permisible en 37% de las muestras de forraje producido en suelos irrigados con agua naturalmente rica en este metaloide y en el 10% de las muestras de leche de vacas alimentadas con

dicho forraje, estos resultados exhortaron a los investigadores a expresar advertencias sobre las posibles afectaciones a la salud humana por el consumo de leche. En El Salto y Juanacatlán, la contaminación ambiental y la presencia de las mayores concentraciones de As en cabello en quienes viven cerca de granjas y parcelas, precisan analizar el contenido de As en leche y alimentos producidos bajo estas condiciones, así como la frecuencia de su consumo, para prevenir la ingesta de alimentos contaminados con As y sus consecuencias adversas en la salud.

En la presente investigación destacaron varios hallazgos respecto a la concentración de As en cabello: La concentración registrada por el grupo de 15 a 19 años ($0.127 \pm 0.165 \mu\text{g/g}$), resultó 115% mayor que la del grupo de 30 a 37 años ($0.059 \pm 0.019 \mu\text{g/g}$), en el que se esperaba encontrar la mayor concentración por bioacumulación. También resaltaron: la concentración de As en cabello de las fumadoras activas ($0.056 \pm 0.031 \mu\text{g/g}$), menor al valor de referencia ($0.059 \mu\text{g/g}$), pese a que se anticipaba fuese mayor por la incorporación del As liberado durante la combustión del cigarro; y la concentración de As en cabello de las no fumadoras ($0.091 \pm 0.088 \mu\text{g/g}$) que resultó 62.5% mayor que la registrada por las fumadoras activas.

Respecto a la edad gestacional de las mujeres con concentraciones de As en cabello mayores al valor de referencia ($0.059 \mu\text{g/g}$), se observó que solo 23.1% de los partos alcanzaron las 40 SDG que la OMS (2012) plantea como edad gestacional mínima para la inducción del parto o cesárea. 30.8% fueron nacimientos con resultados sub-óptimos, pues se presentaron entre las 37 – 39 SDG y 30.8% partos prematuros moderados, que se registraron entre las 33 – 36 SDG, de acuerdo con el criterio de parto prematuro de la OMS (2012). También se observó que sus hijos nacieron una semana antes que los

bebés de las madres con concentraciones menores o iguales al valor de referencia, quienes nacieron a las 39.3 ± 0.82 SDG; en cuanto a las características de los recién nacidos, los hijos de las madres con concentraciones de As en cabello mayores al valor de referencia, registraron en promedio un déficit de 362 gramos en peso y 0.91 centímetros en talla al nacer, respecto a los neonatos de madres con concentraciones menores o iguales al valor de referencia.

Aunque la presente investigación tuvo entre sus limitantes los recursos económicos, humanos y de tiempo que deben ser considerados para investigar en profundidad el problema de contaminación crónica por As, el estudio aporta signos, síntomas, eventos adversos y hallazgos atribuibles a este metaloide, que pueden orientar investigaciones futuras para delimitar sus escenarios de vulnerabilidad, permitir el monitoreo de los riesgos y prevenir la exposición materno infantil al As; también se demostró la exposición crónica de las mujeres al As ambiental, por medio de su cuantificación en cabello. El porcentaje de concentraciones de As en cabello materno, superiores al valor de referencia (54%), constituye la evidencia de la exposición crónica a la contaminación en El Salto y Juanacatlán y urge a plantear estrategias y acciones inmediatas de saneamiento ambiental.

10. CONCLUSIONES

La presencia de As en el cabello de las embarazadas del grupo de estudio estableció la exposición crónica al As ambiental en los municipios El Salto y Juanacatlán, Jalisco y fue un factor de riesgo para presentar algún evento adverso en la salud materno infantil.

Las concentraciones de As en cabello materno observaron un patrón dosis-respuesta, las mujeres que registraron las mayores concentraciones, también fueron las que presentaron complicaciones más significativas como muerte fetal, nacimientos prematuros o abortos espontáneos.

En México no se tienen antecedentes de investigaciones sobre los efectos de la exposición crónica al As ambiental en la salud materno infantil, sin embargo, algunos de los eventos adversos observados en las mujeres y recién nacidos del presente estudio, habían sido reportados por investigaciones realizadas en Asia.

Las concentraciones de As encontradas en las mujeres del grupo de estudio constituyen la evidencia de la contaminación ambiental de los municipios El Salto y Juanacatlán, Jalisco. Evitar la exposición de la población por medio del aire, suelo, agua y alimentos contaminados, prevendría enfermedades asociadas y salvaría numerosas vidas, en particular las de los niños.

11. RECOMENDACIONES

Consideramos que es importante ampliar la investigación en salud ambiental en los municipios El Salto y Juanacatlán, Jalisco, con la participación de equipos multidisciplinarios que evalúen los efectos del As y otros metales pesados en la salud de la población, particularmente durante la gestación.

Es urgente estudiar las diversas fuentes de exposición al As para implementar estrategias de prevención de eventos adversos en la salud materno infantil, así como en el resto de la población de los municipios El Salto y Juanacatlán, Jalisco.

Sería conveniente impulsar la construcción de indicadores que permitan una percepción más clara de la problemática, la educación nutricia y la identificación de las situaciones de vulnerabilidad al As, para capacitar a las mujeres de El Salto y Juanacatlán en su reducción, monitoreo y fomento de alerta temprana, con el propósito de revertir los efectos adversos de la contaminación en la salud de los habitantes de estos municipios.

Es importante que toda fuente de abastecimiento de agua y alimentos en los municipios El Salto y Juanacatlán, Jalisco, sea analizada para evaluar su calidad y legitimar la inocuidad de su producción.

Es impostergable impulsar que se establezca la obligación legal para toda empresa, institución o negocio particular que emplea compuestos de As en los municipios El Salto y Juanacatlán, Jalisco, de recibir capacitación

periódica sobre su manejo y disposición, y asumir la responsabilidad plena de las consecuencias de su uso.

Debe lograrse el diálogo entre la administración pública, los industriales y la población civil, para transformar la situación ambiental de ambos municipios, lo cual implica tomar sistemáticamente en cuenta la opinión pública para la formulación e implementación de políticas.

Debe promoverse la participación ciudadana de denuncia y sanción, aún cuando se trate de una dependencia de gobierno o de un particular, ante órganos autónomos e independientes de la administración estatal, que den certeza jurídica de que procederán y obligarán a particulares y agencias públicas a actuar bajo los principios de legalidad, honradez, lealtad, imparcialidad y eficiencia, que se refieren en la fracción III del artículo 109 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Debe analizarse y definirse la mejor estrategia de comunicación para difundir los resultados de esta investigación, puesto que se espera que la información sea útil en la prevención de la exposición materno infantil al arsénico y contribuya a forjar una cultura de salud ambiental en los habitantes de El Salto y Juanacatlán, Jalisco.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abrams, B., Newman, V. (1991). Small for gestational age birth: maternal predictors and comparison with risk factors of spontaneous preterm delivery in the same cohort. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 164: 785-90.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2009). Estudios de caso en Medicina Ambiental. La toxicidad del arsénico. Atlanta: Kim Gehle.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2009). Glosario de términos. Atlanta: Ed Murray.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007^a). Health effects. En: Toxicological profile for Arsenic. Atlanta: División de Toxicología y Salud Ambiental.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007^b). Resumen de Salud Pública: Arsénico. Atlanta: División de Toxicología y Salud Ambiental.
- Ahmad, S.A., Sayed, M.H., Barua, S., Khan, M.H., Faruquee, M.H., Jalil, A., Hadi, S.A., Talukder, H.K. (2001). Arsenic in drinking water and pregnancy outcomes. *Environmental Health Perspectives*. 109(6): 629- 31.
- Ahmad, S., Anderson, W.L., Kitchin, K.T. (1999). Dimethylarsinic acid effects on DNA damage and oxidative stress related biochemical parameters in B6C3F1 mice. *Cancer letters*. 139(2): 129-35.
- Ahmad, S.A., Bandaranayake, D., Khan, A.W., et al. (1997). Arsenic contamination in ground water and arsenicosis in Bangladesh. *International Journal of Environmental Health Research*. 7(4): 271-76.
- Ahmed, S., Mahabbat-e Khoda, S., Rekha, R., Gardner, R., Ameer, S., Moore, S., Ekström, E., Vahter, M., Raqib, R. (2011). Arsenic-associated oxidative stress, inflammation, and immune disruption in human placenta and cord blood. *Environmental Health Perspectives*. 119(2): 258-64.
- Ahsan, H., Perrin, M., Rahman, A., Parvez, F., Stute, M., Zheng, Y., et al. (2000). Associations between drinking water and urinary arsenic

- levels and skin lesions in Bangladesh. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 42(12): 1195-201.
- Alarcón, H., Flores, M., Navar, R., Martín, D., Trejo, V. (2001). Contenido de arsénico en el agua potable del valle del Guadiana, México. *Ingeniería Hidráulica en México*. (XVI): 63-70.
- Albores, A., Cebrián, M., Téllez, I., Valdez, B. (1979). *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*. 86(3).
- Arias, R. (1996). Clasificación e identificación de materiales peligrosos. En *Curso de auto instrucción en prevención, preparación y respuesta para desastres por productos químicos*. Sao Paulo, Brasil: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de Brasil (CETESB).
- Armienta, M., Rodríguez, M. (2005). Metales y metaloides. Estudio de caso: Contaminación por arsénico en el agua subterránea de Zimapán, Hidalgo; problemática ambiental y enfoque metodológico. En B. Jiménez, L. Marín (Eds.) *El agua en México vista desde la Academia*. (pp. 93-112). México, D.F.: Academia Mexicana de Ciencias.
- Aschengrau A, Zierler S, Cohen A. (1989). Quality of community drinking water and the occurrence of spontaneous abortion. *Archives of Environmental Health*. 44(5):283-90.
- Baird C. (1999). *Environmental Chemistry*. (2nd Ed). USA: W.H.Freman & Company.
- Banerjee, N., Banerjee, S., Sen, R., Bandyopadhyay, A., Sarma, N., Majumder, P., Das, J., Chatterjee, M., Kabir, S. & Giri, A. (2009). Chronic arsenic exposure impairs macrophage functions in the exposed individuals. *Journal of Clinical Immunology*. 29(5):582-94.
- Barr, D., Bishop, A., Needham, L. (2007). Concentrations of xenobiotic chemicals in the maternal-fetal unit. *Reproductive Toxicology*. 23(3): 260– 66.
- Barros, F. et al. (1992). Comparison of the causes and consequences of prematurity and intrauterine growth retardation: a longitudinal study in southern Brazil. *Pediatrics*. 90: 238-44.
- Barton, E.N., Gilbert, D.T., Raju, K., et al. (1992). Arsenic: The forgotten poison? *West Indian Medical Journal*. 41(1): 36-8.
- Bencko, V., Symon, K., Chlader, V., et al. (1977). Health aspects of burning

- coal with a high arsenic content. Hearing changes in exposed children. *Environmental Research Letters*. 13: 386-95.
- Birkle, P., Merkel, B., Torres- Rodríguez, V., González- Partida, E. (1998). Efectos ambientales por la descarga de salmueras en el campo geotérmico de Los Azufres, México. *1a Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra*. México.
- Carbonell, A., Carbonell, F., Mataix, J. (1995). Arsénico en el sistema suelo-planta. En *Significado ambiental*. (pp. 13-18). España: Universidad de Alicante.
- Carrillo, A., Drever, J. (1998). Environmental assessment of the potential for arsenic leaching into groundwater from mine wastes in Baja California Sur, México. *Geofísica Internacional*. 35-9.
- Cebrián, M., Albores, A., García-Vargas, G., Del Razo, L., Ostrosky-Wegman, P. (1994). Chronic arsenic poisoning in humans: the case of Mexico. In: Nriagu J, editor. *Arsenic in the Environment, Part II: Human Health and Ecosystem Effects*. (pp.93-107). NY: John Wiley & Sons.
- Cebrian, M.E., Albores, A., Aguilar, M., Blakely, E. (1983). Chronic arsenic poisoning in the north of Mexico. *Human Toxicology*. 2(1): 121-33.
- Civantos, D.P., Rodríguez, A.L., Aguado-Borruey, J.M., et al. (1995). Fulminant malignant arrhythmia and multiorgan failure in acute arsenic poisoning. *Chest*. 108(6):1774-75.
- Concha, G., Vogler, G., Lezcano, D., Nermell, B., Vahter, M. (1998). Exposure to inorganic arsenic metabolites during early human development. *Toxicological Sciences*. 44: 185–90.
- Conde, P., Acosta-Saavedra, L.C., Goytia-Acevedo, R.C., Calderón-Aranda, E.S. (2007) . Sodium arsenite-induced inhibition of cell proliferation is related to inhibition of IL-2 mRNA expression in mouse activated T cells. *Archives of Toxicology*. 81(4): 251–59.
- Connell, D., Miller, G. (1984). *Chemistry and Ecotoxicology of Pollution*. NY.: John Wiley & Sons.
- Chelala, C. (1999). Interacción entre los seres humanos y el medio ambiente. En *Impacto del ambiente sobre la salud infantil*.

- Washington D.C: Organización Panamericana de la Salud.
- Chiou, H.Y., Huang, W.I., Su, C.L., et al. (1997). Dose-response relationship between prevalence of cerebrovascular disease and ingested inorganic arsenic. *Stroke*. 28(9): 1717-23.
- Díaz-Barriga et al. (1993). Arsenic and cadmium exposure in children living near a smelter complex in San Luis Potosí, Mexico. *Environmental Research*. 62(2): 242-50.
- Durán, J.M., Torres, A. (2009). La sustentabilidad de la cuenca del río Santiago y su relación con la metropolización. *Cultura, Tecnología y Patrimonio*. 4(7):5-31.
- Durán, J., Torres, A. (2006). *¿Agua para Guadalajara? La gestión del agua urbana en México Retos, debates y bienestar*. México: Universidad de Guadalajara.
- Escobar, B. (2006). La cuenca Lerma Chapala. El agua de la discordia. *Gestión y Política Pública*. XV (2): 369-92.
- Fincher, R., Koerker, R.M. (1987). Long-term survival in acute arsenic encephalopathy: Follow-up using newer measures of electrophysiologic parameters. *American Journal of Medicine*. 82: 549-52.
- Furr, A., Kelly, W., Bache, C., Gutenmann, W., Lisk, D. (1976). Multi-elemental uptake by vegetables and millet grown in pots on fly ash amended soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 24: 885-88.
- Galvao, L., Corey, G. (1987). Arsénico. En: Salud. Metepec, México.: Organización Mundial de la Salud.
- García, G.G., Cebrián, M.E. (1996). Health effects of arsenic. In: Wang, L.G., ed. *Toxicology of metals*. pp. (423-38). Boca Raton: CRC Press.
- Glazener, F.S., Ellis, J.G., Johnson, P.K. (1968). Electrocardiographic findings with arsenic poisoning. *California Medicine*. 109(2): 158-62.
- Gluckman, P.D., Hanson, M.A. (2004). Living with the past: evolution, development, and patterns of disease. *Science*. 305 (5691): 1733–36.
- Goddard, M.J., Tanhehco, J.L., Dau, P.C. (1992). Chronic arsenic poisoning masquerading as Landry-Guillain-Barre syndrome. *Electromyography and clinical neurophysiology*. 32(9): 419-23.

- González, A., Ávila-Pérez, P., Tejeda-Vega, S., Zarazúa-Ortega, G., Longoria-Gándara, L. (2009). Estudio del Curso Alto del Río Lerma desde una Perspectiva Sustentable. *Monitoreo e indicadores para cuencas y microcuencas*. Querétaro.
- Guallar, E., Sanz-Gallardo, M.I., Van't Veer, P., Bode, P., Aro, A., Gomez-Aracena, J., et al. (2002). Mercury, fish oils, and the risk of myocardial infarction. *The New England Journal of Medicine*. 347(22): 1747-54.
- Guha-Mazumder, D.N., Chakraborty, A.K., Ghose, A., et al. (1988). Chronic arsenic toxicity from drinking tubewell water in rural west Bengal. *Bulletin of the World Health Organization*. 66(4):499-506.
- Guha-Mazumder, D.N., Steinmaus, C., Bhattacharya, P., et al. (2005). Bronchiectasis in persons with skin lesions resulting from arsenic in drinking water. *Epidemiology*. 16(6):760-65.
- Gulson, B., Mizon, K., Korsch, M., Howarth, D. (1996). Non-orebody sources are significant contributors to blood lead of some children with low to moderate lead exposure in a major mining community. *The Science of the total environment*. 181:223-30.
- Gutiérrez, P., Rodríguez, R., Romero, G., Velázquez, G. (1996). Eliminación de arsénico en agua potable de pozos. 6° Congreso Nacional de Geoquímica. San Luis Potosí (pp. 319-32). SLP: Instituto Nacional de Geoquímica.
- Haan, S. (1978). Yield and mineral composition of grass grown on soils treated with sewage sludge. *7th General Meeting of the European Grass Land Federation* (pp. 933-40). Ghent.
- Hansen, A., Van Afferden, M. (2005). El lago de Chapala: destino final del río Lerma. En: B. Jiménez LM, editor. *El agua en México vista desde la Academia México*. D.F.: Academia Mexicana de Ciencias.
- Hauptert, T.A., Wiersma, J.H., Goldring, J.M. (1996). Health effects of ingesting arsenic-contaminated groundwater. *Wisconsin Medical Journal*. 95(2): 100-04.
- Herrera, M., Montenegro, I., Navar, P., Domínguez, I., Vázquez, R. (2001). Arsenic content of the drinking water sources for the Guadiana Valley, México. *Ingeniería Hidráulica en México*. 16: 63 - 70.

- Heywood, R., Sortwell, R.J. (1979). Arsenic intoxication in the Rhesus monkey. *Toxicology Letters*. 3: 137-44.
- Hill, D.S., Wlodarczyk, B.J., Finnell, R.H. (2008). Reproductive consequences of oral arsenate exposure during pregnancy in a mouse model. *Birth Defects Research: Part B, Developmental and Reproductive Toxicology*. 83: 40–47.
- Hindmarsh, J.T., McLetchie, O.R., Heffernan, L.P.M., et al. (1977). Electromyographic abnormalities in chronic environmental arsenicalism. *Journal of Analytical Toxicology*. 1: 270-76.
- Hopenhayn-Rich, C., Browning, S.R., Hertz-Picciotto, I., Ferreccio, C., Peralta, C., Gibb, H. (2000). Chronic arsenic exposure and risk of infant mortality in two areas of Chile. *Environmental Health Perspectives*. 108: 667–73.
- Huang, Y.Z., Qian, X.C., Wang, G.Q., et al. (1985). Endemic chronic arsenism in Xinjiang. *Chinese Medical Journal*. 98(3): 219-22.
- Jervis, R., Tiefenbach, B. (1979). Arsenic accumulation in gold smelter workers and nearby residents. In: *Nuclear Activation Techniques in the Life Sciences, International Atomic Energy Agency*. (pp. 627-42). Vienna.
- John, D., Leventhal, J. (1995). Bioavailability of metals. Preliminary Compilation of Descriptive Geoenvironmental Mineral Deposit Models. *US Geological Survey Open-File Report 95-831*. (pp.10-19).USA.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (2001). *Trace elements in soils and plants*. USA, Florida: CRC Press.
- Kalkwarf, H. (1991). *Maternal weight gain during pregnancy and risk of preterm delivery: effects on neonatal mortality and public health impact* (Thesis). Ithaca, NY, Cornell University.
- Kapaj, S., Peterson, H., Liber, K., Bhattacharya, P. (2006). Human health effects from chronic arsenic poisoning: A review. *Journal of Environmental Science and Health*. 41(10): 2399-428.
- Keating, M., Mahaffey, K., Schoemy, R. et al. (1997). *Mercury study report to Congress*. Washington, D.C.: Environmental Protection Agency.

- Keirse, M. (1984). Epidemiology and aetiology of the growth retarded baby. *Clinical Obstetrics and Gynaecology*. 11: 415-36.
- Kortenkamp, A. (2007). Ten years of mixing cocktails: a review of combination effects of endocrine-disrupting chemicals. *Environmental Health Perspectives*. 115(1): 98–105.
- Kramer, M. (1987). Determinants of low birth weight: methodological assessment and meta-analysis. *Bulletin of the World Health Organization*. 65: 663-37.
- Kramer, M. (1990^a). Birth weight and infant mortality: perceptions and pitfalls. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*. 4: 381-90.
- Kramer, M. et al. (1990^b). Determinants of fetal growth and body proportionality. *Pediatrics*. 86: 18-26.
- Kramer, M. (1992). Maternal nutrition and spontaneous preterm birth. *American Journal of Epidemiology*. 136: 574-83.
- Kramer, M. (1993). Effects of energy and protein intake on pregnancy outcome: an overview of the research evidence from controlled clinical trials. *American Journal of Clinical Nutrition*. 58: 627-35.
- Lasat, M.M. (2002). Phytoextraction of toxic metals: a review of biological mechanisms. *Journal of Environmental Quality*. 31(1): 109-20.
- Leke, R., Oduma, J., Bassol-Mayagoitia S., Bacha, A., Grigor, K. (1993). Regional and geographical variations in infertility: effects of environmental, cultural, and socioeconomic factors. *Environmental Health Perspectives*. 101: 73-80.
- Lemarie, A., Morzadec, C., Bourdonnay, E., Fardel, O., Vernhet, L. (2006). Human macrophages constitute targets for immunotoxic inorganic arsenic. *The Journal of Immunology*. 177(5):3019-27.
- Lepp, N. (1981). *Effect of heavy metals pollution on plants. Vol. 1. Effects of trace metal on plant function*. London: Applied Science Publishers.
- Levin-Scherz, J.K., Patrick, J.D., Weber, F.H., et al. (1987). Acute arsenic ingestion. *Annals of Emergency Medicine*. 16(6): 702-04.
- López, J. (2001). Técnicas de biorrecuperación in situ en acuíferos contaminados por metales pesados. *Investigación, gestión y recuperación de acuíferos contaminados*. 233-43.

- Lucas E. (2008). Trazas de metales en alimentos. *Boletín electrónico informativo sobre productos y residuos químicos*. 4(37): 1.
- Manning, B., Goldberg, N. (1997). Adsorption and stability of arsenic (III) at the clay mineral-water interface. *Environmental Science and Technology*. 31 (7): 2005-11.
- Mazumder, D., Gupta, J., Santra, A., Pal, A., Ghose, A., Sarkar, S. (1998). Chronic arsenic toxicity in West Bengal. The worst calamity in the world. *Journal of the Indian Medical Association*. 96(1): 4-7, 18.
- Mc Cormick, M. (1985). The contribution of low birth weight to infant mortality and childhood morbidity. *New England Journal of Medicine*. 312: 82-90.
- McCullough, J., Hazen, T., Benson, S., Metting, F., Palmisano, A. (1999). *Bioremediation of Metals and Radionuclides. What it is and how it works*. USA: Department of Energy.
- Mc Culligh, C., Paez, J., Moya, G. (2007). *Mártires del Río Santiago, Informe sobre violaciones al derecho a la salud y a un medio ambiente sano en Juanacatlán y El Salto, Jalisco, México*. México: Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario, A.C.
- México, Comisión Federal de los Derechos Humanos Jalisco. (2009). *Boletín 012/09*. Guadalajara: Boletines Enero 2009.
- México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). *Censo de población y vivienda 2010*. D.F.: Censos y conteos de población y vivienda.
- México, Secretaría de Salud. (2000). *Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*. D.F.: Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario.
- México, Sistema Estatal de Información Jalisco. (2005). *Localización geográfica del municipio de El Salto*. Jalisco: Instituto de Geografía de la UNAM y Departamento de Programación y Desarrollo del Estado de Jalisco.

- México, Sistema Estatal de Información Jalisco. (2005). *Localización geográfica del municipio de Juanacatlán*. Jalisco: Instituto de Geografía de la UNAM y Departamento de Programación y Desarrollo del Estado de Jalisco.
- Milton, A.H., Rahman, M. (2002). Respiratory effects and arsenic contaminated well water in Bangladesh. *International Journal of Environmental Health Research*. 12(2): 175-79.
- Milton, A., Smith, W., Rahman, B., et al. (2005). Chronic arsenic exposure and adverse pregnancy outcomes in Bangladesh. *Epidemiology*. 16(1): 82-86.
- Mizuta, N., Mizuta, M., Ito, F., et al. (1956). An outbreak of acute arsenic poisoning caused by arsenic-contaminated soy-sauce (shoyu): A clinical report of 220 cases. *Bulletin of the Yamaguchi Medical School*. 4(2- 3): 1311-49.
- Moore, M.M., Harrington-Brock, K., Doerr, C.L. (1994^b). Genotoxicity of arsenic and its methylated metabolites. *Environmental Geochemistry and Health*. 16: 191-98.
- Naidu, R. et al. (2003). Role of phosphorous in immobilization and bioavailability of heavy metals in the soil-plant system. *Reviews on Environmental Contamination and Toxicology*. (177): 1-44.
- National Academy of Sciences. (1990). *Nutrition during pregnancy*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2001). *Arsenic in Drinking Water: 2001 Update*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (1999). *Arsenic in drinking water*. Washington, DC: National Academy Press.
- Navas- Acien, A., Silbergeld, E., Pastor-Barriuso, R., Guallar, E. (2008). Arsenic exposure and prevalence of type 2 diabetes in US adults. *Journal of the American Medical Association*. 300(7): 814-22.
- Nordström, S., Beckman, L., Nordenson, I. (1979^a). Occupational and environmental risks in and around a smelter in northern Sweden. V. Spontaneous abortion among female employees and decreased birth weight in their offspring. *Hereditas*. 90: 291-96.
- Nordström, S., Beckman, L., Nordenson, I. (1979^b). Occupational and

- environmental risks in and around a smelter in northern Sweden. VI. Congenital malformations. *Hereditas*. 90: 297-02.
- Nordström, S., Beckman, L., Nordenson, I. (1978^a). Occupational and environmental risks in and around a smelter in northern Sweden. I. Variations in birthweight. *Hereditas*. 88: 43-46.
- Nordström, S., Beckman, L., Nordenson, I. (1978^b). Occupational and environmental risks in and around a smelter in northern Sweden. III. Frequencies of spontaneous abortion. *Hereditas*. 88: 51-54.
- Organización Mundial de la Salud. (2012). *Nacidos demasiado pronto: Informe de acción global sobre nacimientos prematuros*. Nueva York: Howson, Kinney & Lawn.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Ambientes saludables y prevención de enfermedades. Hacia una estimación de la carga de morbilidad atribuible al medio ambiente*. Ginebra: Prüs-Üstün & Corvalán.
- Organización Mundial de la Salud. (2005). Enfermedades crónicas y promoción de la salud. En *Prevención de las enfermedades crónicas. Factores de riesgo generalizados*. Ginebra: OMS.
- Organización Mundial de la Salud. (2001). Arsenic and arsenic compounds. (2nd Ed). En *Environmental Health Criteria 224*. Ginebra: OMS.
- Organización Mundial de la Salud. (1999). La carga de las enfermedades infecciosas. En *Informe sobre las enfermedades infecciosas: Eliminar obstáculos al desarrollo saludable*. Ginebra: Jay Dowle.
- Organización Mundial de la Salud. (1993). Chemical aspects. (2nd Ed). In *Guidelines for drinking-water quality*. Ginebra: OMS.
- Organización Panamericana de la Salud. (1997). *Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos*. Xalapa: Lilia Albert.
- Ortega, M. (2009). Presencia, distribución, hidrogeoquímica y origen de arsénico, fluoruro y otros elementos traza disueltos en agua subterránea, a escala de cuenca hidrológica tributaria de Lerma-Chapala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 26(1): 143-61.

- Patterson, R., Vega, L., Trouba, K., Bortner, C., Germolec, D. (2004). Arsenic-induced alterations in the contact hypersensitivity response in Balb/c mice. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 198(3): 434–43.
- Petitti, D., Coleman, C. (1990). Cocaine and the risk of low birth weight. *American Journal of Public Health* 80: 25-28.
- Quatrehomme, G., Ricq, O., Lapalus, P., et al. (1992). Acute arsenic intoxication: Forensic and toxicologic aspects (an observation). *Journal of Forensic Sciences*. 37(4): 1163-71.
- Quinto, A., Santoyo, E., Torres, E., González, E., Castillo, D. (1995). Estudio geoquímico-ambiental de los efluentes naturales producidos en la zona geotérmica de Acapulco, Puebla. *Ingeniería Hidráulica en México*. X: 21-27.
- Rahman, A., Vahter, M., Ekstrom, E.C., et al. (2007). Association of arsenic exposure during pregnancy with fetal loss and infant death: a cohort study in Bangladesh. *American Journal of Epidemiology*. 165: 1389 –96.
- Rahman, A., Persson, L.A., Nermell, B., El Arifeen, S., Ekstrom, E.C., Smith, A.H., et al. (2010). Arsenic exposure and risk of spontaneous abortion, stillbirth, and infant mortality. *Epidemiology*. 21(6):797–04.
- Rahman, A., Vahter, M., Ekström, E.M., Persson, L.A. (2011). Arsenic Exposure in Pregnancy Increases the Risk of Lower Respiratory Tract Infection and Diarrhea during Infancy in Bangladesh. *Environmental Health Perspectives*. 119 (5): 719-24.
- Rocha- Amador, D., Navarro, M., Carrizales, L., Morales, R., Calderón, J. (2007). Disminución de la inteligencia en niños y exposición al flúor y arsénico en el agua potable. *Cadernos de Saúde Pública*. 23, 4: 579-87.
- Rodríguez, R., Armienta, A., Berlin, J., Mejía, J. (2002). As and Pb groundwater pollution of the Salamanca Aquifer system. *Origin, mobilization and restoration alternatives*. 561-65.
- Rosas, I., Belmont, R., Armienta, A., Baez, A. (1999). Arsenic concentrations in water, soil, milk and forage in Comarca

- Lagunera, Mexico". *Water, Air and Soil Pollution* 112: 133-49.
- Rosehart, R., Lee, J. (1973). The effects of arsenic on the growth of white spruce seedlings. *Water, Air, & Soil Pollution* 2: 439-43.
- Rosenberg, H.G. (1974). Systemic arterial disease and chronic arsenicism in infants. *Archives of Pathology* 97: 360-65.
- Sadiq, M. (1995). Arsenic Chemistry in soils: an overview of thermodynamic predictions and field observations. *Water, Air and Soil Pollution*. 93:117-36.
- Sass, U., Grosshans, E., Simonart, J.M. (1993). Chronic arsenicism: Criminal poisoning or drug-intoxication? Report of two cases. *Dermatology*. 186(4): 303-05.
- Selgrade, M.K. (2007). Immunotoxicity: the risk is real. *Toxicological Sciences*. 100(2): 328–32.
- Silver, A.S., Wainman, P.L. (1952). Chronic arsenic poisoning following use of an asthma remedy. *Journal of the American Medical Association*. 150(6): 584-85.
- Siripitayakunkit, P., Visudhiphan, M., Pradipasen, M., Vorapongsathron, T. (1999). Association between chronic arsenic exposure and children's intelligence in Thailand. In: W. Chappell CA, R. Calderon. *Arsenic Exposure and Health Effects* (pp.141-50). USA, N.Y.: Elsevier.
- Smedley, P., Kinniburgh, D. (2002). A Review of the Source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*. 17: 517-68.
- Soto-Peña, G., Luna, A., Acosta-Saavedra, I., Conde, P, López-Carrillo, L., Cebrián, M., Bastida, M., Calderón-Aranda, E., Vega, L. (2006). Assessment of lymphocyte subpopulations and cytokine secretion in children exposed to arsenic. *The FASEB Journal*. 20(6):779-81.
- Stein, Z., Susser, M. (1984). Intrauterine growth retardation: epidemiological issues and public health significance. *Seminars in perinatology*. 8:5-14.
- Stillerman, K.P., Mattison, D.R., Giudice, L.C., Woodruff, T.J. (2008). Environmental exposures and adverse pregnancy outcomes: a review of the science. *Reproduction Science*. 15(7): 631–50.

- Stohrer, G. (1991). Arsenic: opportunity for risk assessment. *Archives of Toxicology*. 65(7): 525-31.
- Sun, X., Doner, H. (1998). Adsorption and oxidation of arsenite on goethite. *Soil Science*. 163: 278-87.
- Swaine, D. (1977). Trace elements in coal. *Trace Substances in Environmental Health*. 11: 539-50.
- Szuler, I., Williams, C., Hindmarsh, J., et al. (1979). Massive variceal hemorrhage secondary to presinusoidal portal hypertension due to arsenic poisoning. *Canadian Medical Association Journal*. 120: 168-71.
- Taja, T-el-T., Gray, R., Mohamedani, A. (1993). Malaria and low birth weight in Central Sudan. *American Journal of Epidemiology*. 138: 318-25.
- Tay, C., Seah, C. (1975). Arsenic poisoning from anti-asthmatic herbal preparations. *Medical Journal of Australia*. 2: 424-28.
- Teberg, A., Walther, F, Pena, I. (1988). Mortality, morbidity and outcome of the small for gestational age infant. *Seminars in Perinatology*. 12: 84-94.
- Temple, P., Linzon, S., Chai, B. (1977). Contamination of vegetation and soil by arsenic emissions from secondary lead smelters. *Environmental Pollution*. 12: 311- 20.
- Thornton, .I, Farago, M. (1997). The geochemistry of arsenic. In: Abernathy C, Calderon, R, Chappell, W., editor. *Arsenic Exposure and Health Effects*. London: Chapman Hall.
- Tondel, M., Rahman, M., Magnuson, A., Chowdhury, I.A., Faruquee, M.H., Ahmad, S.A. (1999). The relationship of arsenic levels in drinking water and the prevalence rate of skin lesions in Bangladesh. *Environmental Health Perspectives*. 107(9): 727-29.
- Tsai, S.M., Wang, T.N., Ko, Y.C. (1999). Mortality for certain diseases in areas with high levels of arsenic in drinking water. *Archives of environmental health*. 54(3): 186-93.
- Tseng, C.H., Tai, T.Y., Chong, C.K., Tseng, C.P., Lai, M.S., Lin, B.J., et al. (2000). Long-term arsenic exposure and incidence of non-insulin-dependent diabetes mellitus: a cohort study in arseniasis-hyper

- endemic villages in Taiwan. *Environmental Health Perspectives*. 108(9): 847-51.
- Universidad de Guadalajara. (2007). Agua turbia y en el olvido. *La Gaceta*. 22 Octubre: 4-5.
- United States Environmental Protection Agency. (2001). Drinking water standard for arsenic. In *Arsenic in drinking water rule. National primary drinking water regulations; arsenic and clarifications to compliance and new source contaminants monitoring*. US: EPA.
- Valentine, J., Campion, D., Schluchter, M., et al. (1981). Arsenic effects on human nerve conduction. In: Howell JC, Gawthorne JM, White L, eds. *Trace element metabolism in man and animals. Proceedings of the Fourth International symposium on Trace Elements or Man and Animals* (pp. 409-11). Canberra: Australian Academy of Science.
- Vargas, F. (2005). La contaminación ambiental como factor determinante de la salud. *Revista Española de Salud Pública*. 79: 117-27.
- Vega, L. (2009). *Mecanismos moleculares de los efectos biológicos del arsénico*. Mensaje Bioquímico, vol. XXXIII. D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina.
- Vega, S. (2001). *Riesgo sanitario ambiental por la presencia de arsénico y fluoruros en los acuíferos de México*. México D.F.: Comisión Nacional del Agua, Gerencia del Saneamiento y Calidad del Agua.
- Vega, S. (1991). *Exposición y dosis*. Organización Panamericana de la Salud. Metepec, México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud.
- Villar, J., Klebanoff, M., Kestler, E. (1989). The effect on fetal growth of protozoan and helminthic infection during pregnancy. *Obstetrics and Gynecology*. 74: 915-20.
- Von Ehrenstein, O., Guha-Mazumder, D., Hira-Smith, M., et al. (2006). Pregnancy of outcomes, infant mortality, and arsenic in drinking water in West Bengal, India. *American Journal of Epidemiology*. 163(7):662-69.
- Von Ehrenstein, O., Mazumder, D., Yuan, Y., et al. (2005).

- Decrements in lung function related to arsenic in drinking water in West Bengal, India. *American Journal of Epidemiology*. 162(6): 533-41.
- Waner, T., Nyska, A. (1988). *Data evaluation report: Methanearsonic Acid: Fifty-two week chronic oral toxicity study in beagle dogs*. US: Environmental Protection Agency.
- Wang, A., Holladay, S.D., Wolf, D.C., Ahmed, S.A., Robertson, J.L. (2006). Reproductive and developmental toxicity of arsenic in rodents: a review. *International Journal of Toxicology*. 25: 319 –31.
- Wang, S., Chiou, J., Chen, C., et al. (2003). Prevalence of non-insulin-dependent diabetes mellitus and related vascular diseases in southwestern arseniasis-endemic and nonendemic areas in Taiwan. *Environmental Health Perspectives*. 111(2): 155-59.
- Wang, C., Jeng, J., Yip, P., et al. (2002). Biological gradient between long-term arsenic exposure and carotid atherosclerosis. *Circulation*. 105: 1804-09.
- Wen, S. et al. (1990). Intrauterine growth retardation and preterm delivery: prenatal risk factors in an indigent population: *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 162: 213-18.
- Wyatt, J., Fimbres, C., Romo, L., Méndez, O., Grijalba, M. (1996). Incidence of Heavy Metal Contamination in Water Supplies in Northern Mexico. *Environmental Research*. A76: 114-9.
- Zaldívar, R. (1977). Ecological investigations on arsenic dietary intake and endemic chronic poisoning in man: Dose-response curve. *Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene*. 164: 481- 84.
- Zaldívar, R. (1974). Arsenic contamination of drinking water and foodstuffs causing endemic chronic poisoning. *Beiträge zur Pathologie*. 151: 384-00.
- Zuckerman, B. et al. (1989). Effects of maternal marijuana and cocaine use on fetal growth. *New England Journal of Medicine*. 320: 762-68.

13. ANEXOS

13.1. Carta de consentimiento informado

Guadalajara, Jalisco a _____ de _____ del 201

A quien corresponda:

Por este medio comunico que se me han informado con detalle los objetivos, alcances y beneficios del proyecto de investigación "Efectos adversos en el embarazo por el consumo de alimentos contaminados con arsénico y mercurio en población de El Salto y Juanacatlán, estado de Jalisco".

El objetivo del estudio es evaluar la relación de la presencia de arsénico y mercurio en mujeres embarazadas de El Salto y Juanacatlán, Jalisco, efectos adversos en la salud o complicaciones, durante el embarazo y en sus recién nacidos, durante el período de Agosto del 2010 a Febrero del 2012.

Se me ha explicado que:

- Mi participación consistirá en proporcionar datos para la elaboración de mi historia clínica-nutricional, permitir la exploración de mi cuerpo, permitir la toma de muestras de sangre, orina y elementos necesarios para mi evaluación y la realización de los estudios necesarios en las fechas que me sean indicadas.
- Todos los estudios a realizarme están orientados a la prevención, diagnóstico y orientación en el tratamiento de enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental.

Estoy informada de que recibiré los resultados de los estudios y que puedo solicitar más información en el caso de tener dudas acerca de ellos o de algún padecimiento que me fuera diagnosticado.

Se me ha indicado que puedo dejar de participar en el proyecto en el momento que yo lo desee, y que esta decisión no tendrá ninguna consecuencia negativa para mí ni para recibir la atención médica que requiera.

Nombre del participante _____

Firma del participante _____

Domicilio del participante _____

Teléfono _____

Investigador Responsable: Dra. Ruth De Celis Carrillo

13.2. Historia clínica



HISTORIA CLÍNICA DE MUJERES EMBARAZADAS DE EL SALTO Y JUAMACATLÁN, JALISCO

Apellido paterno	Apellido materno	Nombre(s)	# Expediente				
			Fecha				
Datos generales							
Fecha de nacimiento	Edad	Lugar de nacimiento	Lugar de residencia (últimos 5 años)				
Domicilio							
Colonia		Teléfono fijo					
Municipio		Teléfono celular					
Ocupación	Estado civil	Correo electrónico					
Escolaridad	Religión	Grupo sanguíneo					
¿Cuántas personas integran su familia?	¿Cuántas adultas?	¿Cuántos niños?					
¿Qué cantidad destina para alimentación?							
Condiciones de vivienda							
Casa	Agua	Colonias	Recolección de basura	Agua negra			
	Luz		Alumbrado público	Seguro			
	Gas		Pavimento	Cables alta tensión			
	Piso		Empedrado	Zona industrial			
	Drenaje		Terracería	Fábrica de pinturas			
	WC		Carretera	Talleres de hojalatería y pintura autos			
	Letrina		Parcelas	Fábrica de cerámica			
	Paredes pintadas		Granjas	Imprenta			
	Mascotas		Cuerpo de agua	Gasoleros			
	Humedad						
Alguna de las personas con las que vive trabaja en							
Campo	Cerámica	Pesca	Imprenta	Gasoleros	Pintar casas	Hojalatería/pintura autos	
Cocina con							
Gas	Lena	Gas/lena	Horno microondas	Familia eléctrica	Estufa solar		
¿Cómo dispone de sus desechos sólidos y líquidos en casa?							
ANTECEDENTES NO PATOLÓGICOS							
Exposición primeros 5 años	Actividad física	Ciclos de sueño vigilia	Inicio	Termino			
Cables de alta tensión	Tipo de ejercicio	Horas de sueño					
Zona industrial	Alto impacto	Dificultad para conciliar sueño		Si	No		
Agua negra	Bajo impacto	Insomnio		Si	No		
Parcelas	Caminatas	Despierto durante la noche		Si	No		
Granja	Frecuencia	¿Cómo se siente durante el día					
Seguro		Bien	Regular	Irritable	Cansado	Exhausto	
Historia laboral		Actividades desarrolladas			Edad	Fecha de inicio	Fecha término
Primer empleo u ocupación							
Subsecuente							
Subsecuente							
Empleo u ocupación actual, último							

Horario laboral actual		Uso de sustancias o agentes de riesgo	
Matutino		Químicos	CuñQ
Vespertino		Físicos	CuñQ
Nocturno		Biológicos	CuñQ
		Amalgamas	CuñtesQ
Vacunación			
BCG	Folio	Tifoidea	Tétanos
			Taxoide actualizado
SI	No	Otro	
Eventos quirúrgicos, medicamentos			
Eventos quirúrgicos			
Transfusiones			
Medicamentos			
Prescripción			
Tiempo			
ANTECEDENTES PATOLÓGICOS			
Diagnostificados	Específicos	Síntomas	Otros
Neurológicos	Diabetes mellitus	Opresión torácica	Falta de apetito
Vasculares	Hipertensión arterial	Cefaleas	Pérdida de peso
Respiratorios	SIDA	Convulsiones	Exceso de apetito
Gástricos	Hepatitis	Nauseas, vómito	Genancia de peso
Dérmicos	Neumonía	Diarrea	Dificultad visual
Infecciosas	Sinusitis	Dolor estomacal intenso	Dificultad para hablar
Neoplásicos	Dengue	Letargo cerebral	Dificultad para escuchar
Otro	Tosferina	Sabor metálico	Dificultad para dibujar
	Rubéola	Comesón en piel	Dificultad para recordar sucesos recientes
	Sarampión	Hormigueo boca	
	Fiebre tifoidea	Hormigueo en manos o pies	Dificultad para recordar sucesos antiguos
	Alergias		
Otro		Pérdida de cabello	Falta coordinación en cpa.
		Dolor articular	Debilidad muscular
Antecedentes personales de cáncer		Antecedentes familiares de cáncer	
Tipo	Edad	Estado actual	Tipo
			Familiar que lo presentó
Cérvix uterino			Cérvix uterino
Ovario			Ovario
Mama			Mama
Páncreas			Páncreas
Hígado			Hígado
Colon			Colon
Pulmón			Pulmón
Piel			Piel
Tiroidea			Tiroidea
Sistema nervioso			Sistema nervioso
Leucemia			Leucemia
Comentarios			Próstata

Módulo de mama						
Uso	Diagnóstico de cáncer de mama					
Dolor	Edad de diagnóstico					
Comenzó	Etapas					
Función	Localización del tumor					
Incremento en la temperatura	Mama afectada					
	Tipo de tumor					
Secreción	Número de biopsias					
Cambios en la piel	Grupos					
Cambios de urgencia	Histopatología					
Cambios en el tamaño	Tratamiento					
Comentarios						
Antecedentes familiares importantes						
Diabetes mellitus	Hipertensión	Dislipidemia	Sobrepeso y Obesidad	Parálisis cerebral		
Retardo mental	Sordera	Ceguera	Convulsiones	Trastorno del habla		
Antecedentes patológicos diagnosticados en familiares						
Familiar	Clíma	Vive	Enfermo	Diagnóstico confirmado	Finado	Diagnóstico de defunción
Abuela materna						
Abuela paterna						
Abuelo materno						
Abuelo paterno						
Madre						
Padre						
Tías (s)						
Tíos (s)						
Primo (s)						
Hermano (s)						
Hijo (s)						
Historia reproductiva						
Uso	Edad	Lactancia materna	Sí	No	Infecciones	Vías urinarias
	Tallas/días	Número de periodos				Renes
Ciclos	Inicio/fine	Duración periodos				Venreas
Gestaciones	Número					Vitales
Partos	Número	Problemas	Sí	No	Último Exposición	Fecha
Cesáreas	Número	Baja producción	Sí	No	Resultados	
Abortos	Número	Suspensión espaci	Sí	No		
Edad de primera gesta					Comentarios	
Edad de última gesta		Métodos anticonceptivos				
Espacio intergenésico	Promedio años	Orales	Sí	No		
Infertilidad		Condón	Sí	No		
Malformaciones		Depositivo	Sí	No		
Muerte neonatal		Otro				

13.2.1. Frecuencia de consumo

FRECUENCIA DE CONSUMO								
Alimentos (Anotar cantidad aprox.)		Diario	2-3 veces/ semana	1 vez / semana	1 vez/ quincena	1 vez/ mes	1 vez/ Semestre	Nunca
Cerdo		1	2	3	4	5	6	7
Res		1	2	3	4	5	6	7
Pollo		1	2	3	4	5	6	7
Huevo		1	2	3	4	5	6	7
Pescado								
Pescado blanco	Rezes	1	2	3	4	5	6	7
Carpa	Piezas	1	2	3	4	5	6	7
Huevo de carpa	Piezas	1	2	3	4	5	6	7
Bagre	Rezes	1	2	3	4	5	6	7
Tilapia o mojarra	Piezas	1	2	3	4	5	6	7
Cherates	Tapas	1	2	3	4	5	6	7
Cazón	Gramos	1	2	3	4	5	6	7
Otro pescado	Gramos	1	2	3	4	5	6	7
Caldo de pescado	Gramos	1	2	3	4	5	6	7
Atún enlatado	Letas	1	2	3	4	5	6	7
Sardinas	Letas	1	2	3	4	5	6	7
Mariscos								
Ostiones	Piezas	1	2	3	4	5	6	7
Camarones	Rezes	1	2	3	4	5	6	7
Fulpo	Tapas	1	2	3	4	5	6	7
Lácteos								
Leche industrializada		1	2	3	4	5	6	7
Leche tónica		1	2	3	4	5	6	7
Queso fresco		1	2	3	4	5	6	7
Panela		1	2	3	4	5	6	7
Jacote		1	2	3	4	5	6	7
Lácteos industrializados		1	2	3	4	5	6	7
Otro		1	2	3	4	5	6	7
Fruitas								
Ciuda amarilla		1	2	3	4	5	6	7
Ciuda roja		1	2	3	4	5	6	7
Capulín		1	2	3	4	5	6	7
Chibacano		1	2	3	4	5	6	7
Durazno		1	2	3	4	5	6	7
Frambuesa		1	2	3	4	5	6	7
Fresa		1	2	3	4	5	6	7
Granada		1	2	3	4	5	6	7
Guayábano		1	2	3	4	5	6	7
Guayaba		1	2	3	4	5	6	7
Jamela		1	2	3	4	5	6	7
Lima		1	2	3	4	5	6	7

Alimentos (Anotar cantidad aprox.)	Diario	2-3 veces/ semana	1 vez / semana	1 vez/ quinisena	1 vez/ mes	1 vez/ semestre	Nunca
Limón	1	2	3	4	5	6	7
Mandarina	1	2	3	4	5	6	7
Mango	1	2	3	4	5	6	7
Manzana	1	2	3	4	5	6	7
Melón	1	2	3	4	5	6	7
Membrillo	1	2	3	4	5	6	7
Naranja	1	2	3	4	5	6	7
Papaya	1	2	3	4	5	6	7
Pera	1	2	3	4	5	6	7
Piña	1	2	3	4	5	6	7
Pitáeno	1	2	3	4	5	6	7
Sandía	1	2	3	4	5	6	7
Tamarindo	1	2	3	4	5	6	7
Tarónje	1	2	3	4	5	6	7
Tunes	1	2	3	4	5	6	7
Uvas	1	2	3	4	5	6	7
Zapote	1	2	3	4	5	6	7
Zenzonara	1	2	3	4	5	6	7
Jugos de fruta	1	2	3	4	5	6	7
Verduras							
Acelgas	1	2	3	4	5	6	7
Ajo	1	2	3	4	5	6	7
Berros	1	2	3	4	5	6	7
Betabel	1	2	3	4	5	6	7
Brócoli	1	2	3	4	5	6	7
Celabacite	1	2	3	4	5	6	7
Cebolera de Castilla	1	2	3	4	5	6	7
Cebolla	1	2	3	4	5	6	7
Champiñón	1	2	3	4	5	6	7
Chayote	1	2	3	4	5	6	7
Chile	1	2	3	4	5	6	7
Col	1	2	3	4	5	6	7
Coliflor	1	2	3	4	5	6	7
Cultacoché	1	2	3	4	5	6	7
Espinacas	1	2	3	4	5	6	7
Fior de calabaza	1	2	3	4	5	6	7
Geminadas	1	2	3	4	5	6	7
Hongos	1	2	3	4	5	6	7
Jitomate	1	2	3	4	5	6	7
Lechuga	1	2	3	4	5	6	7
Nopales	1	2	3	4	5	6	7
Pepino	1	2	3	4	5	6	7

Alimentos (Anotar cantidad aprox.)	Diario	2-3 veces/ semana	1 vez / semana	1 vez/ quincena	1 vez/ mes	1 vez/ semestre	Nunca
Pimiento	1	2	3	4	5	6	7
Rábanos	1	2	3	4	5	6	7
Zanahora	1	2	3	4	5	6	7
Hierbas aromáticas							
Cilantro	1	2	3	4	5	6	7
Persej	1	2	3	4	5	6	7
Yerbabuena	1	2	3	4	5	6	7
Orégano	1	2	3	4	5	6	7
Mejorana	1	2	3	4	5	6	7
Romero	1	2	3	4	5	6	7
Cereales y tubérculos							
Arroz	1	2	3	4	5	6	7
Avena	1	2	3	4	5	6	7
Camote	1	2	3	4	5	6	7
Cebada	1	2	3	4	5	6	7
Maíz	1	2	3	4	5	6	7
Trigo	1	2	3	4	5	6	7
Papas	1	2	3	4	5	6	7
Cereales industrializados	1	2	3	4	5	6	7
Leguminosas							
Alfalfa	1	2	3	4	5	6	7
Alubias	1	2	3	4	5	6	7
Chicharos	1	2	3	4	5	6	7
Ejotes	1	2	3	4	5	6	7
Frijoles	1	2	3	4	5	6	7
Garbanzos	1	2	3	4	5	6	7
Guarapabtes.	1	2	3	4	5	6	7
Habas	1	2	3	4	5	6	7
Lentejas	1	2	3	4	5	6	7
Mozquites	1	2	3	4	5	6	7
Soya	1	2	3	4	5	6	7
Grasas y aceites							
Acete	1	2	3	4	5	6	7
Agucote	1	2	3	4	5	6	7
Cacahuates	1	2	3	4	5	6	7
Coco	1	2	3	4	5	6	7
Crema	1	2	3	4	5	6	7
Mayonesa	1	2	3	4	5	6	7
Manteca	1	2	3	4	5	6	7
Mantequilla	1	2	3	4	5	6	7
Margarina	1	2	3	4	5	6	7
Nueces	1	2	3	4	5	6	7

Alimentos (Anotar cantidad aprox.)	Diario	2-3 veces/ semana	1 vez / semana	1 vez/ quincena	1 vez/ mes	1 vez/ semestre	Nunca
Agua							
Llave o bebedero	1	2	3	4	5	6	7
Embotellada o garrafón	1	2	3	4	5	6	7
Pozo	1	2	3	4	5	6	7
Cantidad agua tomada por día	1-2 vasos		3-4 vasos	5-6 vasos	7-8 vasos	9 o más vasos	
Líquidos de alto aporte energético							
Bebidas alcohólicas	1	2	3	4	5	6	7
Cerveza	1	2	3	4	5	6	7
Jugos industrializados	1	2	3	4	5	6	7
Refrescos Litros/día	1	2	3	4	5	6	7
Alimentos de alto aporte energético							
Comida rápida	1	2	3	4	5	6	7
Dulces	1	2	3	4	5	6	7
Frituras	1	2	3	4	5	6	7
Pastres, pan, pasteles	1	2	3	4	5	6	7
Hábitos nocivos							
Café (>1 taza/día) Tazas/día	1	2	3	4	5	6	7
Té de hierbas Tazas/día	1	2	3	4	5	6	7
Sel Cucharadas/día	1	2	3	4	5	6	7
Cigarras Cajas/día o eqv.	1	2	3	4	5	6	7
Edad de inicio:	Edad de abandono			Período efectivo en años/mes			
Tabaquismo pasivo	1	2	3	4	5	6	7
Edad de inicio:	Edad de abandono			Período efectivo en años/mes			
Pareja fumadora	Madre fumadora			Padre fumador			
Automedicación							
Paracetamol	1	2	3	4	5	6	7
Aspirina	1	2	3	4	5	6	7
Drogas recreativas							
Marihuana cantidad	1	2	3	4	5	6	7
Cocaína cantidad	1	2	3	4	5	6	7
Otros cantidad	1	2	3	4	5	6	7
Edad de inicio:	Edad de abandono			Período efectivo en años/mes			
En los últimos 2 meses se ha pintado el pelo?			Si	No	Fecha		
Observaciones:							

13.2.3. Monitoreo gineco-obstétrico

SEGUIMIENTO GINECO-OBSTÉTRICO			Fecha de inicio		FUM			Semanas de gestación	
Semana	Fecha	Peso	Temperatura	PA	FC	Glucemia	Observaciones		
8	/ /	kg	°C	/	100	mg/dl			
Edema	Ausente/Presente	Diuresis	Veces/día	Foco fetal	Fondo uterino	cm			
12	/ /	kg	°C	/	100	mg/dl			
Edema	Ausente/Presente	Diuresis	Veces/día	Foco fetal	Fondo uterino	cm			
16	/ /	kg	°C	/	100	mg/dl			
Edema	Ausente/Presente	Diuresis	Veces/día	Foco fetal	Fondo uterino	cm			
20	/ /	kg	°C	/	100	mg/dl			
Edema	Ausente/Presente	Diuresis	Veces/día	Foco fetal	Fondo uterino	cm			
24	/ /	kg	°C	/	100	mg/dl			
Edema	Ausente/Presente	Diuresis	Veces/día	Foco fetal	Fondo uterino	cm			
28	/ /	kg	°C	/	100	mg/dl			
Edema	Ausente/Presente	Diuresis	Veces/día	Foco fetal	Fondo uterino	cm			
32	/ /	kg	°C	/	100	mg/dl			
Edema	Ausente/Presente	Diuresis	Veces/día	Foco fetal	Fondo uterino	cm			
36	/ /	kg	°C	/	100	mg/dl			
Edema	Ausente/Presente	Diuresis	Veces/día	Foco fetal	Fondo uterino	cm			
40	/ /	kg	°C	/	100	mg/dl			
Edema	Ausente/Presente	Diuresis	Veces/día	Foco fetal	Fondo uterino	cm			
Observaciones: 1er trimestre: 1-12 800 - 2º trimestre: 13-28 800 - 3er trimestre: 27 800 en adelante									

Evaluación antropométrica					
Peso		Talla		IUC	
Esperado	Actual	Clasificación		Esperado	Clasificación
kg	kg	cm	Beje Normal		
Observaciones:					

13.3. Cuestionario y base de datos EpiInfo

HISTORIA CLÍNICA NUTRIMENTAL DE EMBARAZADAS DE J. JANACATLÁN

Nombre

Fecha nacimiento Edad Lugar nacimiento

Domicilio

Coorina

Municipio

Ocupación

Ecclesiadad

Estado civil

Relgión

Cuántas personas integran su familia Cuántos adultos

Que cantidad destina para su alimentación

Número expediente

Fecha inicio expediente

Lugar residencia 5 años

Teléfono fijo

Teléfono celular

Correo electrónico

Grupo sanguíneo

Cuántos niños

CONDICIONES DE VIVIENDA

Agua

Luz

Gas

Piso

Drenaje

WC

Letrina

Paredes pintadas

Mascotas

Humedad

Recolección basura

Alumbrado público

Pavimento

Empetrado

Terracería

Carretera

Parcelas

Granjas

Cuerpo de agua

Aguas negras

Basurero

Cables alta tensión

Zona industrial

Fábrica de pintura

Talleres de hojalatería y pintura autos

Fábricas de cerámica

Imprenta

Gasolnera

Alguna de las personas con las que vive trabaja en

Campo Cerámica Pesca Imprenta2 Gasolnera2 Pintor de casas Hojalatería y pintura autos

Cocina con

Gas2 Leña Horno microondas Parrilla eléctrica Estufa solar

Como dispone de sus desechos sólidos y líquidos

ANTECEDENTES NO PATOLÓGICOS		Actividad física		Ciclos de sueño y vigilia	
Exposición primeros 5 años		Tipo de ejercicio		Inicio sueño	
<input type="checkbox"/> Cables alta tensión 2					Término sueño
<input type="checkbox"/> Zona industrial 2				Horas de sueño	
<input type="checkbox"/> Aguas negras 2				Dificultad para conciliar sueño	
<input type="checkbox"/> Parcelas 2				Insomnio	
<input type="checkbox"/> Granja 2		Frecuencia		Despierta durante la noche	
<input type="checkbox"/> Basurero 2				Cómo se siente durante el día	
Historia laboral	Actividades desarrolladas				
Primer empleo		Edad/inicio		Edad/término	
Segundo empleo		Edad/inicio2		Edad/término2	
Subsecuente		Edad/inicio 3		Edad/término3	
Empleo actual/último		Edad/inicio U		Edad/término U	
Horario laboral actual		Uso sustancias o agentes riesgo			
		Químicos			
		Físicos			
		Biológicos			
Vacunación					
Medicamentos y eventos quirúrgicos					
<input type="checkbox"/> Eventos quirúrgicos					
<input type="checkbox"/> Transfusiones					
<input type="checkbox"/> Medicamentos	Prescripción		Tiempo de uso		
ANTECEDENTES PATOLÓGICOS					
Diagnosticados		Específicos		Síntomas	Otros
Antecedentes personales de cáncer			Antecedentes familiares de cáncer		
Tipo cáncer	Edad 2	Estado actual	Tipo cáncer2	Familiar cáncer	

Módulo de mama		<input type="checkbox"/> Mastopatía <input type="checkbox"/> Dolor <input type="checkbox"/> Comezón <input type="checkbox"/> Punzadas <input type="checkbox"/> Aumento de temperatura <input type="checkbox"/> Secreción <input type="checkbox"/> Cambios en la piel <input type="checkbox"/> Cambios en turgencia <input type="checkbox"/> Cambios en tamaño									
Diagnóstico cáncer de mama		Edad de dx		Etapa		Localización del tumor		Mama afectada			
Tipo de tumor		Número de biopsias		Cirugía		Histopatología		Tratamiento			
Antecedentes familiares importantes											
<input type="checkbox"/> Diabetes mellitus <input type="checkbox"/> Hipertensión arterial <input type="checkbox"/> Dislipidemia <input type="checkbox"/> Sobrepeso y obesidad <input type="checkbox"/> Parálisis cerebral <input type="checkbox"/> Retardo mental <input type="checkbox"/> Sordera <input type="checkbox"/> Ceguera <input type="checkbox"/> Convulsiones <input type="checkbox"/> Trastorno del habla											
Antecedentes diagnosticados en familiares											
Diagnóstico Abuela materna		Diagnóstico defunción Am		Diagnóstico Abuela paterna		Diagnóstico defunción Abuela paterna					
Diagnóstico Abuelo materno		Diagnóstico defunción Aom		Diagnóstico Abuelo paterno		Diagnóstico defunción Abuelo paterno					
Diagnóstico madre		Diagnóstico defunción madre		Diagnóstico padre		Diagnóstico defunción padre					
Diagnóstico tíos maternos		Diagnóstico defunción tíos maternos		Diagnóstico tíos paternos		Diagnóstico defunción tíos paternos					
Diagnóstico primos		Diagnóstico defunción primos									
Diagnóstico hermanos		Diagnóstico defunción hermanos									
Diagnóstico hijos		Diagnóstico defunción hijos									
Historia reproductiva											
Edad menarca		Edad 1er embarazo		Lactancia materna		Uso anticonceptivos orales					
Toallas utilizadas/día		Edad último embarazo		Número de períodos LM		Uso de condón					
Ciclo Frecuencia/duración		Años entre embarazos		Duración períodos LM		Uso DIU					
Número embarazos		Infertilidad		Problemas lactancia		Otro anticonceptivo					
Número partos		Malformaciones		Producción baja LM		Infecciones					
Número abortos		Muerte neonatal		Suspensión espontánea LM		Exámen Papanicolau					
							Fecha último Papanicolau				
							Resultados Papanicolau				

SEGUIMIENTO GINECO OBSTÉTRICO		Fecha inicio seguimiento	Semanas gestación			Fecha última menstruación
Fecha sem 4	Peso (kg) sem 4		Temperatura (°C) sem 4	PA (mm Hg) sem 4	FC fetal (latidos/min) sem 4	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 4		Edema sem 4	Diuresis sem 4	Fondo ut (cm) sem 4	Observaciones sem 4	
Fecha sem 8	Peso (kg) sem 8		Temperatura (°C) sem 8	PA (mm Hg) sem 8	FC fetal (latidos/min) sem 8	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 8		Edema sem 8	Diuresis sem 8	Fondo ut (cm) sem 8	Observaciones sem 8	
Fecha sem 12	Peso (kg) sem 12		Temperatura (°C) sem 12	PA (mm Hg) sem 12	FC fetal (latidos/min) sem 12	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 12		Edema sem 12	Diuresis sem 12	Fondo ut (cm) sem 12	Observaciones sem 12	
Fecha sem 16	Peso (kg) sem 16		Temperatura (°C) sem 16	PA (mm Hg) sem 16	FC fetal (latidos/min) sem 16	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 16		Edema sem 16	Diuresis sem 16	Fondo ut (cm) sem 16	Observaciones sem 16	
Fecha sem 20	Peso (kg) sem 20		Temperatura (°C) sem 20	PA (mm Hg) sem 20	FC fetal (latidos/min) sem 20	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 20		Edema sem 20	Diuresis sem 20	Fondo ut (cm) sem 20	Observaciones sem 20	
Fecha sem 24	Peso (kg) sem 24		Temperatura (°C) sem 24	PA (mm Hg) sem 24	FC fetal (latidos/min) sem 24	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 24		Edema sem 24	Diuresis sem 24	Fondo ut (cm) sem 24	Observaciones sem 24	
Fecha sem 26	Peso (kg) sem 26		Temperatura (°C) sem 26	PA (mm Hg) sem 26	FC fetal (latidos/min) sem 26	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 26		Edema sem 26	Diuresis sem 26	Fondo ut (cm) sem 26	Observaciones sem 26	
Fecha sem 28	Peso (kg) sem 28		Temperatura (°C) sem 28	PA (mm Hg) sem 28	FC fetal (latidos/min) sem 28	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 28		Edema sem 28	Diuresis sem 28	Fondo ut (cm) sem 28	Observaciones sem 28	
Fecha sem 30	Peso (kg) sem 30		Temperatura (°C) sem 30	PA (mm Hg) sem 30	FC fetal (latidos/min) sem 30	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 30		Edema sem 30	Diuresis sem 30	Fondo ut (cm) sem 30	Observaciones sem 30	
Fecha sem 32	Peso (kg) sem 32		Temperatura (°C) sem 32	PA (mm Hg) sem 32	FC fetal (latidos/min) sem 32	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 32		Edema sem 32	Diuresis sem 32	Fondo ut (cm) sem 32	Observaciones sem 32	
Fecha sem 34	Peso (kg) sem 34		Temperatura (°C) sem 34	PA (mm Hg) sem 34	FC fetal (latidos/min) sem 34	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 34		Edema sem 34	Diuresis sem 34	Fondo ut (cm) sem 34	Observaciones sem 34	
Fecha sem 35	Peso (kg) sem 35		Temperatura (°C) sem 35	PA (mm Hg) sem 35	FC fetal (latidos/min) sem 35	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 35		Edema sem 35	Diuresis sem 35	Fondo ut (cm) sem 35	Observaciones sem 35	
Fecha sem 36	Peso (kg) sem 36		Temperatura (°C) sem 36	PA (mm Hg) sem 36	FC fetal (latidos/min) sem 36	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 36		Edema sem 36	Diuresis sem 36	Fondo ut (cm) sem 36	Observaciones sem 36	
Fecha sem 37	Peso (kg) sem 37		Temperatura (°C) sem 37	PA (mm Hg) sem 37	FC fetal (latidos/min) sem 37	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 37		Edema sem 37	Diuresis sem 37	Fondo ut (cm) sem 37	Observaciones sem 37	
Fecha sem 38	Peso (kg) sem 38		Temperatura (°C) sem 38	PA (mm Hg) sem 38	FC fetal (latidos/min) sem 38	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 38		Edema sem 38	Diuresis sem 38	Fondo ut (cm) sem 38	Observaciones sem 38	
Fecha sem 39	Peso (kg) sem 39		Temperatura (°C) sem 39	PA (mm Hg) sem 39	FC fetal (latidos/min) sem 39	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 39		Edema sem 39	Diuresis sem 39	Fondo ut (cm) sem 39	Observaciones sem 39	

Fecha sem 40		Peso (kg) sem 40		Temperatura (°C) sem 40		PA (mm Hg) sem 40		FC fetal (latidos/min) sem 40	
Glucemia embarazada (mg/dl) sem 40		Edema sem 40		Diuresis sem 40		Fondo ut (cm) sem 40		Observaciones sem 40	
Evaluación antropométrica									
Peso pregestacional (kg)		Peso actual (kg)		Talla (cm)		Clasificación talla			
IMC pregestacional (kg/m2)		Clasificación IMC							
FRECUENCIA DE CONSUMO									
		Cerdo		Res		Pollo		Huevo	
Pescados y mariscos									
Pescado blanco		Caldo de pescado		Capulín		Tunas		Jitomate	
Cantidad (gr) pescado bco		Caldo de pescado (gr)		Chabacano		Uvas		Lechuga	
Cantidad (pzas) pescado bco		Atún enlatado		Durazno		Zapote		Nopales	
Carpa		Atún enlatado (Nó. latas)		Frambuesa		Zarzamora		Pepino	
Cantidad (gr) carpa		Sardinas		Fresa		Jugos fruta		Pimiento	
Cantidad (pzas) carpa		Sardinas (Nó. latas)		Granada		Verduras		Rábanos	
Huevo de carpa		Ostiones		Guanábana		Acelgas		Zanahoria	
Huevo de carpa (gr)		Ostiones (pzas)		Guayaba		Apio		Hierbas aromáticas	
Huevo de carpa (pzas)		Camarones		Jamaica		Berros		Cilantro	
Bagre		Camarones (pzas)		Lima		Betabel		Perejil	
Bagre (gr)		Pulpo		Limón		Brócoli		Yerbabuena	
Bagre (pzas)		Pulpo (tazas)		Mandarina		Calabacita		Orégano	
Tilapia o mojarra		Lácteos		Mango		Calabaza Castilla		Mejorana	
Tilapia o mojarra (gr)		Leche industrializada		Manzana		Cebolla		Romero	
Tilapia o mojarra (pzas)		Leche bronca		Melón		Champiñón		Cereales y tubérculos	
Charales		Queso fresco		Membrillo		Chayote		Arroz	
Charales (gr)		Panela		Naranja		Chile		Avena	
Charales (pzas)		Crema		Papaya		Col		Camote	
Cazón		Jocoque		Pera		Coliflor		Cebada	
Cazón (gr)		Otro lácteo		Piña		Cuitlacoche		Maíz	
Cazón (pzas)		Lácteos industrializados		Plátano		Espinacas		Trigo	
Otro pescado		Frutas		Sandía		Flor calabaza		Papas	
Otro pescado (gr)		Ciruela amarilla		Tamarindo		Germinados		Cereales ind	
Otro pescado (pzas)		Ciruela roja		Toronja		Hongos			

Leguminosas		Jugos industrializados	Drogas recreativas	
Alfalfa	<input type="text"/>	Refrescos	Marihuana	<input type="text"/>
Alubias	<input type="text"/>	Refrescos (litros/día)	Cocaína	<input type="text"/>
Chícharos	<input type="text"/>	Alimentos de alto aporte energético		
Ejotes	<input type="text"/>	Comida rápida	Otra droga	<input type="text"/>
Frijoles	<input type="text"/>	Dulces	Edad inicio drogas	<input type="text"/>
Garbanzos	<input type="text"/>	Frituras	Edad abandono drogas	<input type="text"/>
Guamuchiles	<input type="text"/>	Postres/pan/pasteles	Período drogas (años/meses)	<input type="text"/>
Habas	<input type="text"/>	Hábitos nocivos		
Lentejas	<input type="text"/>	Café (>1 taza/día)	Se ha pintado el pelo en los últimos 2 meses	<input type="text"/>
Mezquites	<input type="text"/>	Té de hierbas	RECORDATORIO DE 24 HORAS	
Soya	<input type="text"/>	Consumo Sal	Acostumbra desayunar	<input type="text"/>
Grasas y aceites		Sal (cucharadas/día)	Nó. de tiempos de alimentación/día	<input type="text"/>
Aceite	<input type="text"/>	Cigarro	% proteínas	<input type="text"/>
Aguacate	<input type="text"/>	Cigarro (pzas/día)	% HC	<input type="text"/>
Cacahuates	<input type="text"/>	Edad inicio tabaquismo	% lípidos	<input type="text"/>
Coco	<input type="text"/>	Edad abandono tabaquismo	Preparación de alimentos	
Grasa Crema	<input type="text"/>	Período tabaquismo (años/meses)	Utensilios empleados	<input type="text"/>
Mayonesa	<input type="text"/>	Tabaquismo pasivo	Técnica culinaria	<input type="text"/>
Manteca	<input type="text"/>	Edad inicio tab pasivo	Procedencia de los alimentos	
Mantequilla	<input type="text"/>	Edad abandono tab pasivo	Sabe de donde proviene el pescado que consume?	<input type="text"/>
Margarina	<input type="text"/>	Período tab pasivo (años/meses)	Donde compra el pescado que consume?	<input type="text"/>
Nueces	<input type="text"/>	Pareja fumadora	Sabe de donde provienen las frutas y verduras que consume?	<input type="text"/>
Agua bebida		Madre fumadora	Donde compra las frutas y verduras que consume?	<input type="text"/>
Llave o bebedero	<input type="text"/>	Padre fumador	Sabe de donde provienen los lácteos que consume?	<input type="text"/>
Embotellada o garrafón	<input type="text"/>	Automedicación		
Pozo	<input type="text"/>	Peptobismol	Donde compra los lácteos que consume?	<input type="text"/>
Cantidad agua/día	<input type="text"/>	Bonadoxina	Sabe de donde proviene el agua que consume?	<input type="text"/>
Líquidos alto aporte energético		Aspirina	Donde compra el agua que consume?	<input type="text"/>
Bebidas alcohólicas	<input type="text"/>	Cuál es la marca del agua que consume?		
Cerveza	<input type="text"/>	<input type="text"/>		

13.4. Cronograma de actividades 2010- 2012

2010					
ACTIVIDAD	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Análisis de bases científicas					
Consulta de bases de datos					
Revisión del estado del arte					
Revisión de paradigmas de investigación					
Problematización					
Construcción del marco teórico					
Diseño metodológico de la investigación					
Diseño de instrumentos					

2011

ACTIVIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCTUBRE	NOV	DIC
Revisión de instrumentos												
Estancia académica												
Elaboración de manual de laboratoriales												
Revisión y adición de bibliografía												
Prueba piloto												
Capacitación en el programa EndNote X5												
Sincronización de referencias bibliográficas con EndNote X5												
Diseño y construcción de instrumentos en EpiInfo												
Antropometría												
Recordatorio 24 hrs.												
Frecuencia de consumo de alimentos												
Evaluación del estado nutricional												
Historia clínica												
Seguimiento gineco-obstétrico												
Registro de datos clínicos												

2012

ACTIVIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Antropometría						
Recordatorio 24 hrs.						
Frecuencia de consumo de alimentos						
Evaluación del estado nutricional						
Historia clínica						
Seguimiento gineco-obstétrico						
Registro de datos clínicos						
Evaluación del consumo alimentario						
Evaluación del consumo de agua						
Toma de muestras de orina						
Cuantificación de As en orina						
Toma de muestras de cabello						
Cuantificación de As en cabello						
Tabulación y análisis de datos						
Redacción de resultados						
Elaboración de tablas y figuras						
Redacción de discusión						
Redacción de conclusiones y recomendaciones						
Redacción de resumen						
Revisión de tesis						
Término de maestría						

