



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTADES DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA
PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE POSGRADO
EN CIENCIAS AMBIENTALES

**EVALUACIÓN DE RIESGO EN SALUD POR LA EXPOSICIÓN A FLUORURO Y
ARSÉNICO EN AGUA DE POZO PARA CONSUMO DE LAS ZONAS ALTIPLANO,
CENTRO Y MEDIA DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA:

Q.F.B. MELISSA BOCANEGRA SALAZAR

DIRECTOR DE TESIS:

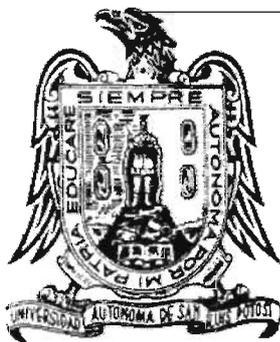
DRA. MARÍA DEOGRACIAS ORTIZ PÉREZ

COMITÉ TUTELAR:

DRA. MA. CATALINA ALFARO DE LA TORRE

M.C. ANTONIO CARDONA BENAVIDES

COLABORACIÓN: M.C. MARGARITA PONCE PALOMARES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTADES DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA
PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE POSGRADO
EN CIENCIAS AMBIENTALES

**EVALUACIÓN DE RIESGO EN SALUD POR LA EXPOSICIÓN A FLUORURO Y
ARSÉNICO EN AGUA DE POZO PARA CONSUMO DE LAS ZONAS ALTIPLANO,
CENTRO Y MEDIA DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA:

Q.F.B. MELISSA BOCANEGRA SALAZAR

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. MARÍA DEOGRACIAS ORTIZ PÉREZ

SINODALES:

PRESIDENTE:

DRA. MARÍA DEOGRACIAS ORTIZ PÉREZ _____

SECRETARIO:

M.C. ANTONIO CARDONA BENAVIDES _____

VOCAL:

DR. FERNANDO DIAZ-BARRIGA MARTÍNEZ _____

SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P

FEBRERO DE 2006

PROYECTO REALIZADO EN:

LABORATORIO DE BIOQUÍMICA
DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

CON FINANCIAMIENTO DE:

Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica del Estado de San Luis Potosí.

FMSLP-2002-5481

A TRAVÉS DEL PROYECTO DENOMINADO:

“Determinación de las concentraciones de Flúor y Arsénico del agua de pozo en el

Estado de San Luis Potosí”

Y POR LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

BECA-TESIS (186246)

LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO ATRAVÉS
DEL PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO AL POSGRADO NACIONAL
(PIFOP-SEP)

ÍNDICE GENERAL

Resumen	i
A. Introducción	1
B. Revisión crítica del problema	13
C. Materiales y Métodos	15
D. Resultados	24
E. Discusión	40
F. Conclusiones	44
G. Bibliografía	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Volúmenes de solución stock (100 mg/L) requeridos para la preparación de estándares de F ⁻ empleados en la curva de calibración.	17
Tabla 2.	Preparación de estándares de F ⁻ para verificar el control de calidad.	18
Tabla 3.	Preparación de estándares de As para la curva de calibración.	19
Tabla 4.	Condiciones instrumentales y químicas para el análisis de As en el Espectrómetro de Fluorescencia Atómica (Millenium Excalibur) por generación de hidruros.	20
Tabla 5.	Preparación de estándares de As para la curva de calibración (orina).	21
Tabla 6.	Volúmenes de reactivos utilizados en la preparación de estándares de As y de muestras de orina digeridas para su análisis.	22
Tabla 7.	Materiales de referencia de As empleados para el control de calidad.	23
Tabla 8.	Relación de las localidades por municipio en que se tomaron muestras de agua del Estado de San Luis Potosí.	26
Tabla 9.	Estimación del número de habitantes de acuerdo a la concentración de F ⁻ y As en agua.	
Tabla 10.	Precisión del método potenciométrico con electrodo ion selectivo.	31
Tabla 11.	Porcentaje de Recuperación y Exactitud obtenidos para los estándares certificados de F ⁻ .	32
Tabla 12.	Precisión del método de Espectrometría de fluorescencia	34

atómica por generación de hidruros para la determinación de As total disuelto.

Tabla 13.	Porcentaje de Recuperación y Exactitud obtenidos para los estándares certificados de As.	34
Tabla 14.	Niveles de F ⁻ en orina en niños de cuatro localidades del Estado de San Luis Potosí.	37
Tabla 15.	Niveles de As en orina en niños de cuatro localidades del Estado de San Luis Potosí.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Características litológicas y estructurales de las rocas en el Estado de San Luis Potosí.	6
Figura 2.	Localización de los sitios de muestreo y concentraciones encontradas para F ⁻ en el Estado de San Luis Potosí.	38
Figura 3.	Localización de los sitios de muestreo y concentraciones encontradas para As en el Estado de San Luis Potosí.	39
Figura 4.	Diagrama Triangular de Piper para identificar los tipos de familias de agua.	28
Figura 5.	Clasificación de las familias de agua.	29
Figura 6.	Curva de calibración para F ⁻ .	30
Figura 7.	Curva de calibración para As.	33
Figura 8.	Correlación para F ⁻ y As en agua subterránea del Estado de San Luis Potosí.	35
Figura 9.	Correlación para F ⁻ y Temperatura °C en agua subterránea del Estado de San Luis Potosí.	36

AGRADECIMIENTOS

Muchas gracias...

A mi mamá por darme la oportunidad de cumplir este sueño, por ser siempre ejemplo de amor al trabajo, honradez y responsabilidad. ¡Muchas gracias mami! , porque esto fue posible gracias a tí y tú sabes que este logro también es tuyo.

A mi hermana Anel, por todos los consejos otorgados y sobre todo por estar incondicionalmente allí, justo en el momento que más lo necesité, gracias hermanita.

A mis hermanos, Analía e Iván por su apoyo en todo momento aún a larga distancia.

A mis sobrinos hermosos, José Armando y Luis Eduardo por hacer de cada momento mil horas de felicidad y enseñarme que también de ellos se puede aprender. Gracias chiquitos, los quiero mucho.

A Leo, por todos los momentos increíbles que hemos vivido juntos y que jamás se repetirán, gracias por tu apoyo en todo momento.

A la maestra Puri, por su tiempo, paciencia y dedicación, por darme las mejores herramientas para desenvolverme en el ámbito profesional, pero sobre todo por enseñarme con su ejemplo. ¡Muchas gracias!

A mis compañeros de Laboratorio, Lili, Norma, Ramón, Sergio, Paulina, Fátima, Nadia, Dra. María Esther, maestra Luz María y Juan Manuel, por todos esos momentos tan agradables que compartimos.

A mis asesores, Dra. Caty y M.C. Antonio Cardona por todas las enseñanzas y consejos que ayudaron a mejorar enormemente mi trabajo.

Al personal de Servicios de Salud del Estado, en especial al Ing. Tito Federico López por todo su apoyo en la etapa del muestreo y por contagiarme de su entusiasmo para hacer las cosas.

Al Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota de la Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades, en particular al L. en G. Luis Alberto Olvera Vargas por su valiosísima contribución en este trabajo.

A la I.Q. Juana Bertha Martínez Leyva, encargada del Laboratorio de Calidad del Agua de la Comisión Nacional del Agua, por haber hecho posible la determinación del análisis fisicoquímico.

Al personal del Laboratorio de Agua y Suelo de la Facultad de Ingeniería, L.Q. Ma. de los Ángeles Navarro, M.C. Ana María Guadalupe López Hernández y QFB Sandra Dinorah Ramos Martínez, por su colaboración en la determinación del análisis fisicoquímico.

Al Sr. Francisco Blanco Varela, por su apoyo en la etapa del muestreo y sobretodo por su paciencia.

A Don Ángel Niño, por su buena disposición para proporcionarme el agua desionizada que en todo momento fue indispensable.

RESUMEN

A nivel mundial se ha reconocido que el Arsénico (As) y el ión Fluoruro (F⁻) son contaminantes inorgánicos presentes en el agua de bebida que han ocasionado daño a la salud. Estos elementos frecuentemente se encuentran juntos en diversas unidades geológicas por donde circula el agua subterránea. La presencia de estos contaminantes en el agua ha sido descrita en algunas partes de Argentina, Bangladesh, Chile, China, Hungría, India, México, Rumania, Taiwan, Vietnam y el suroeste de Estados Unidos donde se rebasa el límite máximo permisible para As en el agua de bebida que es a nivel mundial de 0.010 mg/L. Para nuestro país este límite es de 0.025 mg/L. En el caso del ión Fluoruro se ha detectado en el agua subterránea de países del norte y sur de América, India, China, Sri Lanka, España, Holanda, Italia y México en donde el límite máximo permisible es de 1.5 mg/L.

Existen antecedentes en algunos municipios del Estado de San Luis Potosí sobre la presencia de F⁻ y As en agua para consumo humano. Dadas las características geológicas tan diferentes que presentan las zonas del Estado, se planteó como objetivo de este trabajo, la cuantificación de las concentraciones de F⁻ y As en el agua de pozo para consumo humano de los municipios localizados en las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí, excluyendo la zona Huasteca. Aunque existen antecedentes de la presencia de F⁻ en los municipios de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez no se consideraron porque se evaluaron por separado en otro proyecto. El muestreo se realizó con la finalidad de determinar la

calidad del agua en comunidades con más de 500 habitantes y con esta información evaluar el riesgo en salud que presenta esta población, por la exposición a F⁻ y As.

Para la cuantificación de F⁻ se utilizó el método potenciométrico con electrodo ion selectivo de acuerdo al método 4500-F⁻C y para As el de espectrometría de fluorescencia atómica por generación de hidruros de acuerdo al método 3114 B, ambos de Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (1998).

Se recolectaron un total de 237 muestras de agua de pozo correspondientes a 157 localidades con más de 500 habitantes ubicadas en 33 municipios del Estado. En los resultados se encontró que el 28.5 % de las muestras sobrepasan el límite máximo permisible para F⁻ que establece la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994 y el 11.1 % lo sobrepasan para As. Las comunidades que presentan concentraciones de F⁻ mayores a 1.5 mg/L están ubicadas en 13 municipios que son: Charcas, Guadalcázar, Mexquitic de Carmona, Moctezuma, Salinas de Hidalgo, Santa María del Río, Santo Domingo, Villa de Arriaga, Villa de Guadalupe, Villa de Ramos, Villa de Reyes, Villa de Zaragoza y Villa Juárez. Para el As las comunidades con concentraciones mayores de 0.025 mg/L se encuentran en 8 municipios: Ahualulco, Charcas, Guadalcázar, Mexquitic de Carmona, Salinas de Hidalgo, Santo Domingo, Villa de Guadalupe y Villa de Ramos. Se estimó que en las zonas Altiplano, Centro y Media de nuestro Estado alrededor de 100,000 habitantes tienen el problema de que el agua de consumo contiene concentraciones no permisibles de estos contaminantes. Podemos concluir que nuestros resultados son confiables por su desempeño analítico.

En 219 de las 237 muestras de agua se realizó el análisis fisicoquímico que comprendió las determinaciones de pH, conductividad eléctrica, color aparente, sólidos totales, alcalinidad total, dureza total, dureza de calcio, dureza de magnesio, sodio, potasio, carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Con esta información fue posible establecer los tipos de familias de agua, se observa que predominan principalmente las aguas del tipo bicarbonatada cálcica y bicarbonatada sódica.

Se observó que existe una asociación positiva significativa entre F^- y As, lo cual sugiere que los elementos están asociados en el mismo mineral. En cuanto a la correlación de la temperatura con cada uno de los elementos, se obtuvo una correlación positiva para el caso del F^- aunque para el As no resultó estadísticamente significativa.

Se evaluó el riesgo en salud por la exposición a estos contaminantes, para ello se utilizaron cálculos matemáticos de la dosis de exposición, tomando en cuenta la ruta de exposición, la concentración de los analitos en agua, la tasa de ingesta y el peso corporal. El riesgo se estimó relacionando esta dosis de exposición con la dosis de referencia para cada analito, siendo de 1 hasta 35 veces el riesgo de presentar hiperpigmentación, queratosis y posible complicación vascular por la exposición a As. En tanto que para fluorosis dental el riesgo es de 1 a 7 veces. Estos valores fueron estimados para niños porque este daño se presenta únicamente cuando la población se expone al F^- en la etapa de formación del diente.

A. INTRODUCCIÓN

La contaminación natural debida en particular a los ambientes geológicos puede ser un factor importante que limite la disposición de las fuentes de agua para consumo. El agua subterránea es la mayor fuente de abastecimiento de agua potable en zonas áridas y semiáridas, su disponibilidad puede ser amenazada no sólo por la introducción de contaminantes a partir de actividades humanas, sino también por procesos naturales ¹.

En el caso particular de México, más del 75 % del recurso hídrico que se destina a uso urbano tiene su origen en el subsuelo (en algunas ciudades y regiones es el 100 %), al igual que 75 % del agua que se incorpora a los procesos industriales. Estas estadísticas oficiales señalan en forma clara que gran parte de las actividades productivas y el consumo vital cotidiano de los habitantes del país están sustentados en el agua subterránea ².

Actualmente se ha reconocido que el Arsénico (As) y el Fluoruro (F⁻) son los contaminantes inorgánicos que se encuentran presentes en el agua de bebida y que han ocasionado daño a la salud a nivel mundial³. Estos elementos frecuentemente se encuentran juntos en diversas unidades geológicas por donde circula el agua subterránea.

La ingestión de As en el agua de bebida (principalmente como As inorgánico) es una fuente de exposición muy importante para algunas poblaciones, por lo que es un problema grave de salud pública. Esta situación ha sido descrita en algunas partes de Argentina, Bangladesh, Chile, China, Hungría, India, México, Rumania, Taiwan, Vietnam y el suroeste de Estados Unidos³; en todas las regiones afectadas por la presencia de As en el agua de bebida, se

Melissa Bocanegra Palazar

rebase el límite máximo permisible para el agua de bebida que para nuestro país es de 0.025 mg/L⁴.

Por otro lado, se han reportado altos contenidos de F⁻ en el agua subterránea de países del norte y sur de América, India, China, Sri Lanka, España, Holanda, Italia y México ⁵, en donde en México el límite máximo permisible para el F⁻ es de 1.5 mg/L en agua para uso y consumo humano ⁴.

En estudios previos realizados en México se encontró una asociación positiva entre As y F⁻ mostrando un alto valor en su correlación, cuyos valores son para Hermosillo (Sonora) de $r= 0.53$ $P=0.01$, para la Comarca Lagunera $r= 0.77$ $P<0.001$ y para el Valle del Guadiana (Durango) $r= 0.9592$ ⁶.

A.1. Origen de los contaminantes

Está descrito que en condiciones naturales, el mayor rango y las más altas concentraciones de As se han encontrado en aguas subterráneas como resultado de la importante influencia de la interacción agua/roca y la gran tendencia en los sistemas de flujo subterráneo a desarrollar las condiciones físicas y geoquímicas que son favorables para la movilización del As y su acumulación. Sin embargo, esas concentraciones no están necesariamente relacionadas a las áreas donde el As ocurre naturalmente en la roca ³.

Hasta el momento mucho se ha discutido sobre el verdadero origen del As en el agua subterránea que se utiliza para consumo humano. En base al análisis hecho para aquellos países donde existen reportes de presencia del As, se deduce que el problema ocurre en ambientes reductores (India, Bangladesh, Taiwan, Vietnam, Hungría y Rumania) y oxidantes áridos (México, Chile y Argentina); desde el punto de vista geológico en ambos casos se identifican sedimentos jóvenes y que además existen en las llanuras. Existen sitios donde se presentan las dos características como es el caso del

Melissa Bocanegra Palazar

suroeste de Estados Unidos. En otros países como Japón, Nueva Zelanda, Chile y Francia la presencia de As se ha asociado con aguas geotermales. Para todos estos ejemplos es importante aclarar que el tipo de medio geológico es distinto y que frecuentemente las rocas volcánicas, especialmente las cenizas, se han relacionado en la generación de elevadas concentraciones de As en el agua subterránea ³.

En lo que al F⁻ se refiere, existen diversos estudios acerca de su presencia por la interacción agua/roca en varios acuíferos con diferentes litologías. Desde el punto de vista de contaminación del agua subterránea, varios autores han encontrado que el F⁻ es un contaminante que ocurre de manera natural, el cual se ha observado en altas concentraciones en aguas subterráneas bajas en calcio y magnesio ¹. Además su presencia se ha asociado con rocas que mineralógicamente presentan cuarzo, feldspatos, fluorita y apatito ⁷.

En el caso particular de la cuenca de San Luis Potosí se ha detectado que su fuente se encuentra en las rocas volcánicas fracturadas, por lo que durante el movimiento del agua subterránea a través de las fracturas, interacciona con su matriz vítrea y minerales ricos en F⁻ como el topacio, con lo que el F⁻ pasa rápidamente a la solución ².

La cuenca de San Luis Potosí se aloja en la porción central del país, está incluida al sureste de la denominada Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, hacia el extremo donde limita con la Mesa Central. Aunque hasta el momento solamente se cuenta con información de una porción del Estado de San Luis Potosí, se estima que en vista de que éste comparte condiciones geológicas, estructurales, topográficas y climáticas similares, el funcionamiento hidrogeológico de los sistemas de flujo que se desarrollan en dicha Provincia Fisiográfica será similar ².

A.2. Fisiografía y Geología del Estado de San Luis Potosí

Las características litológicas y estructurales de las rocas en las Provincias que abarca el Estado de San Luis Potosí, indican que hubo diferentes eventos geológicos de tipo orogénico asociados con actividad volcánica, que actuaron en varias épocas para dar origen a un relieve estructural que se ha ido modificando en forma subsecuente.

El Estado de San Luis Potosí abarca áreas que corresponden a tres Provincias Fisiográficas del país (Figura 1):

a) La Llanura Costera del Golfo Norte. Dentro del Estado de San Luis Potosí queda únicamente una porción de la subprovincia Llanuras y Lomeríos; los suelos son en su mayor parte de origen aluvial y coluvio aluvial derivados de lutitas del Cretácico Superior y lutitas-areniscas Terciarias. Comprende la porción sureste del Estado y está caracterizada por la existencia de rocas sedimentarias de origen marino que no presentan un plegamiento intenso ⁸.

b) La Mesa del Centro, que incluye la parte occidental del Estado de San Luis Potosí, está situada entre las sierras Madre Occidental y Oriental y al norte del Eje Neovolcánico; se caracteriza por la presencia de extensas mesetas y aparatos volcánicos, además de planicies constituidas por sedimentos disgregados de las rocas preexistentes. Las rocas volcánicas ocupan la mayor superficie de la Provincia; en la parte norte afloran de una manera dispersa, mientras que en el sur se encuentran en forma masiva. Dentro del territorio potosino hay áreas que corresponden a cuatro Subprovincias de esta gran región: *i)* Subprovincia de las Sierras y Llanuras del norte de Guanajuato, que comprende al municipio de Villa de Reyes y parte de Mexquitic, San Luis Potosí, Santa María del Río, Soledad Diez Gutiérrez, Tierra Nueva, Villa de Arriaga y Xilitla. Su característica

Melissa Bocanegra Palazar

principal es la dominancia de sierras volcánicas de origen residual y cuya roca madre a partir del cual se forman es de naturaleza riolítica. *ii)* Subprovincia de los Llanos de Ojuelos-Aguascalientes, situada en el extremo suroeste de la entidad y que se caracteriza por sus extensas llanuras con pisos de caliche y cubierta aluvial muy somera. Hay dos llanuras, la de Ojuelos y la de Aguascalientes, que se comunican en el norte pero quedan separadas en la mayor parte de su extensión por un grupo de mesetas muy disectadas en las que dominan rocas ígneas ácidas. *iii)* Subprovincia de los Llanos y Sierras Potosino-Zacatecanos, su piso es de caliche (horizonte petrocálcico) y su parte oriental queda en territorio Potosino. Al noroeste de la Ciudad de San Luis Potosí, está ubicado un conjunto de sierras constituidas por rocas sedimentarias marinas y continentales asociadas predominantemente con mesetas lávicas. *iv)* Subprovincia de las Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande, las partes este y sureste de esta Subprovincia quedan dentro de territorio Potosino, consta básicamente de una cadena de sierritas ⁸.

c) La Sierra Madre Oriental. Es principalmente un conjunto de sierras menores de estratos plegados que están constituidos por rocas sedimentarias marinas (cretácicas y del Jurásico Superior) entre las que destacan las calizas y en menor proporción las areniscas y lutitas (rocas arcillosas). Comprende cuatro subprovincias: *i)* Subprovincias del Carso Huasteco, *ii)* Subprovincia de las Sierras Transversales, una pequeña porción del extremo sureste de esta región penetra en el norte de San Luis Potosí y (corresponde al municipio de Vanegas. *iii)* Subprovincia de las Sierras y Llanuras Occidentales, cuyo límite occidental es la Sierra de Catorce y al pie de la cual se encuentra ubicada la ciudad de Matehuala. *iv)* Subprovincia de la

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

Gran Sierra Plegada, que en territorio Potosino describe un gran arco que llega hasta la altura de Ciudad Valles ⁸.

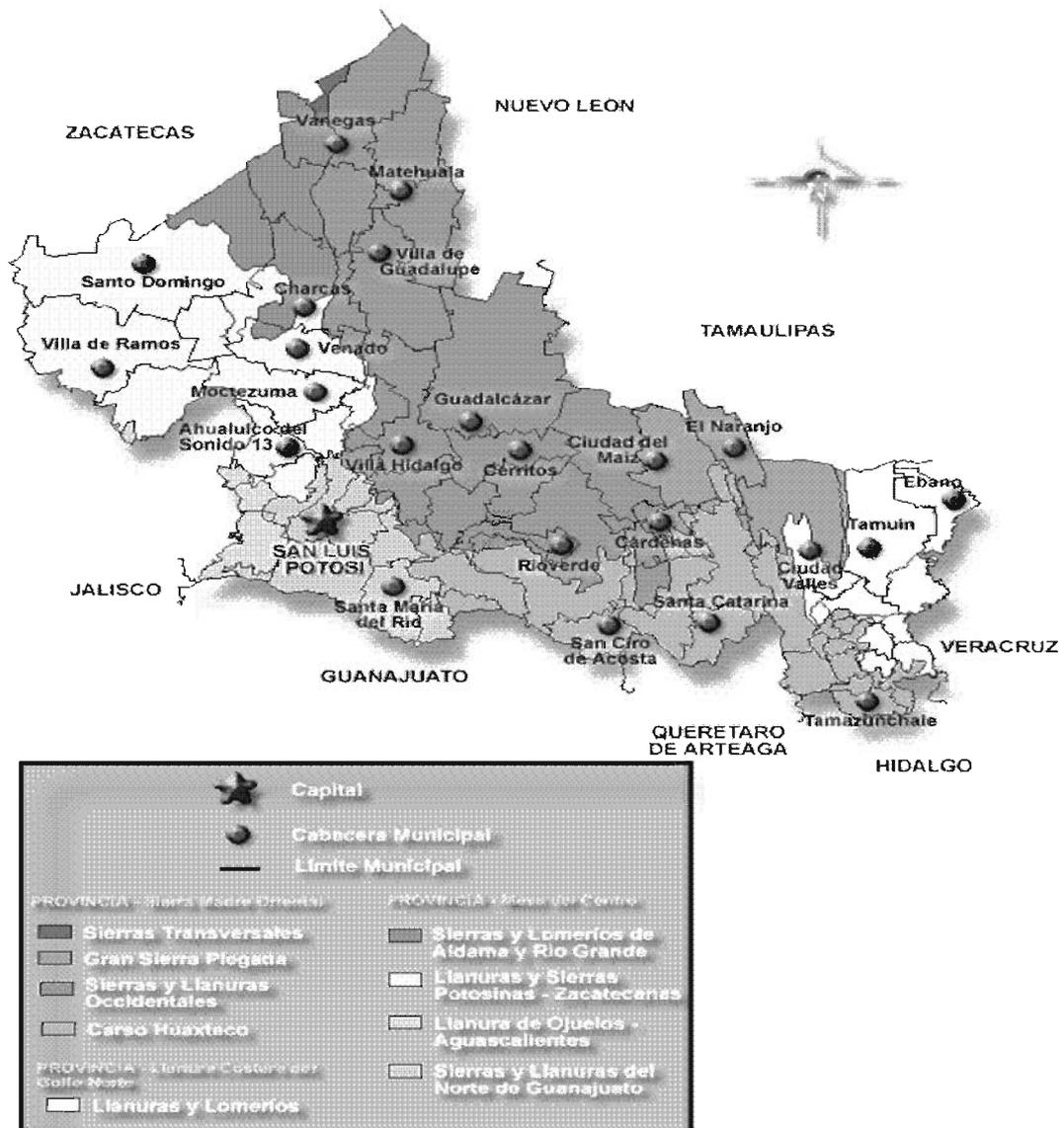


Figura 1. Fisiografía del Estado de San Luis Potosí.

A.3. Toxicocinética de los fluoruros

El F⁻ ingerido se absorbe aproximadamente en un 97% en el tracto gastrointestinal. Una vez que el fluoruro se absorbe, ya sea por ingestión, inhalación, o por absorción dérmica, pasa a la sangre para la distribución corporal y para la excreción parcial. No sufre metabolismo en el organismo y la mayoría del flúor iónico retenido en el cuerpo penetra dentro de los tejidos calcificados (hueso y diente). La principal vía de excreción es la renal, que representa alrededor de un 50-70%. En un mínimo porcentaje se elimina en heces, sudor y saliva. Esta variación puede conducir ampliamente a cambios estimados de las cantidades del fluoruro que es almacenado en el cuerpo ^{9,10}. Se ha encontrado una relevante linealidad en la relación de la concentración de F⁻ en el agua de beber y la orina de humanos expuestos ¹⁰.

A.3.1. Efectos adversos

A.3.1.1. Fluorosis dental. Cuando la cantidad de F⁻ en el agua de consumo sobrepasa la concentración de 1.2 mg/L, generalmente se produce una alteración de los dientes en formación, conocida como fluorosis dental, caracterizada por una superficie irregular y moteado amarillo-café de los dientes, que es más severo conforme incrementa la concentración de F⁻. El consumo prolongado de agua con concentraciones de F⁻ arriba de 2 mg/L puede dar lugar a la presencia de un esmalte dentario frágil y fácilmente astillable, además al mismo tiempo se desarrollan gran número de cavidades ^{11,12}.

A.3.1.2. Fluorosis esquelética. Se ha observado que una exposición crónica a concentraciones de F⁻ tan altas como 20-80 mg F/día durante 10 a 20 años puede propiciar la aparición de fluorosis esquelética. En ésta enfermedad, se

producen cambios esqueléticos en la estructura y en la funcionalidad ósea^{9,13}.

A.3.1.3. Efectos a Nivel Bioquímico. Es un inhibidor de muchos sistemas enzimáticos, como por ejemplo de la glicólisis¹¹; a nivel molecular el F⁻ afecta a las proteínas G celulares y por lo tanto al sistema adenilato-ciclasa de señales de transducción, causando la inhibición de enzimas relacionadas con el crecimiento celular y la síntesis de proteínas¹⁴.

A.3.1.4. Efecto Reproductivo. Estudios realizados en humanos, reportan que en poblaciones con sistemas de fluoruración en el agua de al menos 3 mg/L existe una asociación negativa entre el F⁻ y la tasa de fertilidad total (TFR)¹⁴. En una población expuesta ocupacional y ambientalmente a F⁻ (2.0 - 16.14 mg/día) se observó con respecto a un grupo control con menor exposición, un aumento significativo de FSH y una disminución también significativa de testosterona libre e inhibina-B; además de una correlación significativa entre la concentración de fluoruro en orina y las concentraciones séricas de inhibina-B y de testosterona libre. Se postula que, con las dosis de exposición de la población en estudio, el F⁻ induce un efecto gonadal con probable efecto sobre las células de Sertoli¹².

A.3.1.5 Efecto Neurológico. En un estudio realizado en la Ciudad de San Luis Potosí en niños de 6 a 8 años de edad cuya concentración en el agua de consumo es de 1.51-2.99 mg/L, se encontró que los niños con mayores concentraciones de F⁻ en orina tuvieron tiempos de reacción más largos y menores puntuaciones en la organización visoespacial. Los coeficientes intelectuales (total, verbal y de ejecución) no se vieron afectados por el F⁻¹⁵. En estudios realizados en ratas se ha observado un déficit cognoscitivo dependiente de la dosis y del sexo, siendo el hipocampo la principal región de acumulación¹⁶.

A.4. Toxicocinética del Arsénico

La absorción es en su mayoría por vía oral (95%)¹⁷. Su distribución es rápida con una acumulación inicial en hígado, riñón, pulmón y bazo. El As(III) se une preferentemente a los grupos sulfhidrido de proteínas como la queratina, por lo que se deposita en pelo y uñas^{17,18}. Además en dientes, piel, tracto gastrointestinal alto, epidídimo, tiroides, cristalino y esqueleto¹⁹. La captación celular de As(III) es mayor que la de As(V), intracelularmente el As(V) es transformado en As(III). Inmediatamente es metilado a ácido monometilarsónico y dimetilarsénico, formas en las que se excreta¹⁹. Su eliminación es principalmente por vía urinaria 45 – 85 % en un tiempo de 1 – 3 días. Una parte (20%) se excreta en la orina sin metilar¹⁷.

A.4.1. Efectos adversos

La ruta metabólica del grupo hemo puede sufrir alteraciones por la exposición al As, algunos metales y diversos compuestos químicos. La administración de As(III) causa un incremento en las actividades de la sintetasa del ácido 5-aminolevulínico y la hemooxigenasa, así como una depresión en las actividades de las descarboxilasa del uro y el coproporfirinógeno¹⁷.

Se presentan hipocromias e hiperchromias (en forma de gota de agua) principalmente en las partes no expuestas del cuerpo, hiperqueratosis palmoplantar así como hiperqueratosis papular en cualquier parte del cuerpo excepto palmas y plantas, así como lesiones ulceradas compatibles con un diagnóstico de carcinoma epidermoide¹⁷.

En trabajadores y en poblaciones expuestas a As en el agua de bebida, como en Taiwan, Suecia y Chile se han descrito efectos vasculares periféricos caracterizados por cianosis y pérdida progresiva de la circulación en las

extremidades, que pueden finalizar en gangrena seca, mejor conocida como enfermedad del pie negro ¹⁷.

El As es un agente teratógeno, mutágeno y carcinogénico ¹⁸; produce degeneración y desmielinización axonal ¹⁷, así como una polineuropatía de tipo metabólico similar a la originada por deficiencia de tiamina ¹⁸.

En Bangladesh se encontró que niños de 10 años de edad expuestos a concentraciones mayores de 50 µg/L en agua, presentan una asociación inversa entre la concentración de As en agua y el coeficiente intelectual de ejecución y total ²⁰.

A.5. Evaluación de riesgo toxicológico

La evaluación de riesgo toxicológico es una herramienta de predicción cuantitativa de los efectos adversos sobre la salud humana causados por compuestos químicos presentes en el medio ambiente ²¹.

La metodología de la evaluación toxicológica de riesgo se desarrolló en Estados Unidos de América durante las décadas de 1970 y 1980. El documento *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*, del National Research Council (1983), que fue dictado con el objetivo de uniformizar el procedimiento de evaluación de agentes químicos por los distintos departamentos del gobierno federal de Estados Unidos, presenta la metodología de la evaluación de riesgo y establece su estructura en cuatro etapas: *i*) identificación de los peligros, *ii*) relación-dosis respuesta, *iii*) evaluación de la exposición y *iv*) caracterización del riesgo ²¹.

Dentro de las metodologías establecidas actualmente en los Estados Unidos de América, dos de ellas son las más populares y complementarias entre sí.

Melissa Bocanegra Palazar

La primera de ellas fue diseñada por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), misma que estima el riesgo en salud basándose en datos ambientales del sitio. La segunda es la metodología originada por la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades del Departamento de Salud Pública (ATSDR), que evalúa el riesgo en salud con base en los datos ambientales y en los antecedentes de salud registrados en el área de influencia del sitio ²².

Existe una metodología diseñada para los países de América Latina (OPS/OMS), que se basa en las utilizadas en los Estados Unidos de América, en la cual se incluyen dos etapas no contempladas en el método original de la ATSDR: los biomarcadores nutricionales y la evaluación microbiológica total. Por otro lado en comparación con el método de la EPA, en esta nueva metodología las dosis de exposición de cada ruta se suman para obtener una dosis total, mientras que la EPA únicamente estima la exposición por ruta; además esta metodología utiliza factores de exposición específicos ²².

La metodología empleada en este trabajo es la establecida por la EPA, dado que es poco factible determinar los marcadores nutricionales así como la evaluación microbiológica esto por los costos que implican y ya que además en este trabajo únicamente se estimará la exposición para una ruta (agua); enseguida se detallan las 4 etapas de las que consta:

A.5.1. Identificación de los peligros

Se le denomina también identificación del riesgo, consiste en determinar los efectos indeseables que una sustancia es intrínsecamente capaz de provocar. Se realiza mediante la recopilación y análisis de información disponible sobre los efectos en salud del contaminante, es decir, los estudios realizados

sobre sus efectos tóxicos, sus propiedades fisicoquímicas y su comportamiento en el medio ambiente ²¹.

A.5.2. Relación dosis-respuesta

Es la estimación de la incidencia y la gravedad del efecto en función del nivel de exposición a una sustancia. Se establece mediante el análisis de la información toxicológica, de la cual se deduce el vínculo cuantitativo entre dosis y efectos adversos sobre la salud. Se expresa como índices de toxicidad adecuados para estimar la incidencia o la probabilidad de la aparición de efectos negativos en función de la exposición humana al agente causal ¹⁸.

A través de diferentes investigaciones, la EPA ha definido una serie de dosis de referencia (RfD), NOAEL y LOAEL para diferentes sustancias químicas; las cuales se encuentran en el banco de datos IRIS (Integrated Risk Information System). Estos tres tipos de dosis en mg/Kg/día se deben de considerar para la misma vía de exposición y para el mismo padecimiento o efecto:

RfD = Dosis de seguridad en la cual no debe haber efecto alguno

NOAEL = Dosis máxima en la que no se ha observado efecto adverso alguno

LOAEL = Dosis mínima en la cual ya se observó algún tipo de efecto adverso ²² .

Para F⁻:

Efecto → Fluorosis dental ²³

NOAEL (mg/Kg/día)	RfD (mg/Kg/día)	LOAEL (mg/Kg/día)
0.06	0.06	0.12

Para As:

Efecto → Hiperpigmentación, queratoris y posible complicación vascular²⁴

NOAEL (mg/Kg/día)	RfD (mg/Kg/día)	LOAEL (mg/Kg/día)
0.0009	0.0003	0.014

A.5.3. Evaluación de la exposición

Es el proceso de cálculo de la dosis externa del contaminante recibida por la población; es decir, la estimación de la magnitud del contacto entre la población expuesta y los contaminantes ²¹. Se utilizan cálculos matemáticos de la dosis de exposición, tomando en cuenta cual o cuales son las rutas de exposición y la concentración del compuesto en el medio contaminado ¹⁹.

El cálculo aproximado de la dosis de contaminante que está siendo absorbida por el individuo expuesto, se realiza en base a la siguiente fórmula:

$$\text{Dosis (mg / Kg / día)} = \frac{\text{Conc. * TI / día}}{\text{PC (Kg)}}$$

en donde:

Conc. = concentración del contaminante en agua

TI = tasa de ingesta diaria agua 1 L /niño, 2 L /adulto

PC = peso corporal 10 Kg infante, 14 Kg niño (3-6 años) y 70 Kg adulto

A.5.4. Caracterización del riesgo

La etapa final de la evaluación de riesgo consiste en la integración de la información obtenida en la identificación de los peligros, la relación dosis-respuesta y la evaluación de la exposición, con objeto de predecir el riesgo de padecer efectos adversos por los individuos o poblaciones expuestas. El fin último que se persigue es facilitar la toma de decisiones tendentes a reducir dichos riesgos a niveles tolerables ²¹.

B. REVISIÓN CRÍTICA DEL PROBLEMA

El agua subterránea de varios estados de la República Mexicana, particularmente en Durango, Guanajuato, Chihuahua, Aguascalientes y San Luis Potosí, presenta una contaminación natural por F⁻ y As ⁶; en algunos casos, la cantidad de ambos elementos sobrepasa los niveles permitidos para consumo humano. El ejemplo más ampliamente conocido es el de la Región de la Comarca Lagunera, donde se reportan concentraciones de As en el rango de 8-624 µg/L ²⁵ y hasta 3.7 mg/L para F⁻ ²⁶. En algunas comunidades del Estado de Sonora se han encontrado concentraciones para As en el rango de 2-305 µg/L y de hasta 7.4 mg/L en el caso del F⁻ ²⁷. En nuestro Estado, se tienen documentadas concentraciones por arriba de la NOM ⁴ para F⁻ en algunas comunidades como El Rosario en Villa de Reyes y Ojo Caliente en Santa María del Río ⁶; también se tiene ya reportadas altas concentraciones para ambos elementos en la comunidad de Salitral de Carrera en Villa de Ramos (As 169.5 ± 16 µg/L y 5.3 ± 0.18 mg/L para F⁻) ²⁸.

Sin embargo, no existe hasta el momento un estudio que contemple el muestreo de todo el Estado; se cuenta con información escasa de algunos municipios pero por lo general se tienen datos únicamente de las cabeceras

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

municipales y cuando existe la información, esta es diferente entre las dependencias que tienen a su cargo el monitoreo de la calidad del agua.

Debido a la característica geológica de las regiones comprendidas en las Provincias de la Mesa del Centro y de la Sierra Madre Oriental, existe la posibilidad de que el agua subterránea se encuentre contaminada por F⁻ y As. De esta manera se seleccionaron las zonas Media, Altiplano y Centro del Estado de San Luis Potosí para realizar este proyecto. La zona Huasteca se excluyó por estar comprendida principalmente en la Provincia de la Llanura Costera del Golfo que está constituida principalmente por rocas sedimentarias de origen marino.

En base a los antecedentes existentes en algunos municipios de la entidad sobre la presencia de F⁻ y As en agua para consumo humano y de acuerdo con las características geológicas contrastantes que presentan con relación de la zona Huasteca, se planteó como objetivo de este trabajo, la cuantificación de las concentraciones de F⁻ y As en el agua de pozo para consumo humano de los municipios localizados en las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí; se excluyeron los municipios de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez por pertenecer al sitio de estudio de otro proyecto.

El muestreo incluyó determinar la calidad del agua en comunidades con más de 500 habitantes y con esta información evaluar el riesgo en salud que presenta esta población, por la exposición a F⁻ y As.

C. MATERIALES Y MÉTODOS

C.1. Muestreo de agua

El muestreo se realizó en dos etapas, la primera etapa se llevó a cabo de Mayo a Octubre del 2004 y estuvo a cargo del personal de Servicios de Salud del Estado de San Luis Potosí, en la cual se tomaron muestras de agua en aquellas localidades que cuentan con más de 2500 habitantes de los municipios que conforman las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado.

En base a los resultados obtenidos de este muestreo se inició la segunda etapa de Enero a Junio del 2005, en la cual se muestrearon localidades con más de 500 habitantes en las tres zonas de muestreo.

La muestra de agua se tomó directamente de los pozos en funcionamiento conforme a lo establecido en la NOM-014-SSA1-1993 ²⁹. Se depositó un volumen de 1000 mL de agua en un envase de polipropileno nuevo previamente enjuagado con agua desionizada y debidamente etiquetado. Es importante señalar que antes de tomar la muestra, los envases se enjuagaron cuando menos tres veces con el agua de la descarga del pozo y se llenaron completamente hasta el tope para eliminar las burbujas de aire en el seno del líquido. La muestra se mantuvo a 4°C hasta su determinación.

C.2. Muestreo de orina

En la etapa de la evaluación de riesgo es importante demostrar la exposición a F⁻ y As, y esto se hizo mediante la determinación de estos elementos en orina de niños de 7 a 14 años de edad. Para ello se seleccionaron 4 comunidades en base a la concentración de los analitos en agua y en que tuvieran un solo pozo como fuente

Melissa Bocanegra Palazar

de abastecimiento. Estas localidades fueron: La Reforma en Salinas de Hidalgo (F^- 4.32 ± 0.021 mg/L y As 0.042 ± 0.002 mg/L); en el Municipio de Santo Domingo, la Cabecera Municipal (F^- 4.81 ± 0.029 mg/L y As 0.062 ± 0.003 mg/L) y Santa Matilde (F^- 2.35 ± 0.034 mg/L y As 0.049 ± 0.003 mg/L); en El Barril, Municipio de Villa de Ramos (F^- 1.55 ± 0.001 mg/L y As 0.056 ± 0.001 mg/L).

A las muestras de orina se les adicionaron 0.2 g de EDTA por cada 100 mL de orina previo a su análisis.

C.3. Determinación de la concentración de los iones fluoruro en agua y orina

Para la cuantificación de los iones fluoruro se utilizó el método potenciométrico con electrodo ion selectivo de acuerdo al método 4500-F⁻ C del Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ³⁰.

C.3.1. Lavado del material

El material fue previamente lavado con extrán, enjuagándose perfectamente con agua purificada y finalmente tres veces con agua desionizada.

C.3.2. Procesamiento de las muestras

La medición de los F^- en agua y orina, se realizó en base a una curva de calibración construida a partir de una serie de estándares con concentraciones conocidas y por triplicado. Los estándares se prepararon a partir de una solución stock de 100 mg/L de F^- . Los volúmenes tomados de esta solución se indican en la Tabla 1, todos se midieron con micropipeta y aforaron con agua desionizada en un matraz volumétrico de 100 mL.

Tabla 1. Volúmenes de solución stock (100 mg/L) requeridos para la preparación de estándares de F⁻ empleados en la curva de calibración.

Estándar	Solución de 100 mg/L F ⁻ (mL)	Concentración final (mg/L)
1	0.2	0.2
2	0.5	0.5
3	1.0	1.0
4	3.0	3.0
5	5.0	5.0
6	6.0	6.0

Estos estándares se almacenaron en recipientes de plástico de 100 mL a 4° C y permanecieron estables hasta por siete días.

Se tomaron 5 mL de las muestras y se vertieron en vasos de plástico de 40 mL. Posteriormente se añadieron 5 mL de solución TISAB. Se agitaron perfectamente utilizando un agitador magnético y placa de agitación. Una vez que se comprobó que el equipo está trabajando en las condiciones adecuadas, se efectuó la medición de cada uno de los estándares y de las muestras de agua y orina por triplicado.

C.3.3. Cálculo de la concentración de los iones fluoruro

Se realizó una curva estándar de calibración en escala semilogarítmica, en donde el potencial medido en milivolts se graficó en la escala aritmética y la concentración de F⁻ en la escala logarítmica. Usando el sistema de regresión lineal se interpolaron los resultados obtenidos de las muestras para conocer las concentraciones de los iones fluoruro.

C.3.4. Control de Calidad

A partir de un estándar certificado de 100 ± 0.8 mg/L de F⁻ (High Purity Standards Lote # 413413), se prepararon tres estándares como se indica en la Tabla 2.

Se empleó el material de referencia liofilizado ClinCal® número de lote 048 para la calibración en la determinación de F⁻ en muestras de orina. El material contiene 9.4 mg/L de F⁻. Se preparó y analizó de la misma manera que las muestras de orina.

Tabla 2. Preparación de estándares de F⁻ para verificar el control de calidad.

Solución de 100 mg/L F ⁻ (mL)	Volumen de aforo (mL)	Concentración final (mg/L)
0.2	25	0.8
0.4	25	1.6
0.8	25	3.2

Además se empleó el Material de Referencia Certificado NCS ZC 76304 Fluoruro en agua aprobado por el Centro Nacional de Análisis de China para Hierro y Acero (Beijing, China) de 1 mg/L, el cual es más confiable ya que no necesita dilución.

Los estándares se analizaron de la misma manera que las muestras y se calculó su concentración en base a la curva de calibración, lo que permitió calcular el porcentaje de recuperación y/o exactitud.

C.4. Determinación de la concentración de Arsénico

Para la cuantificación de As se utilizó el método de fluorescencia atómica por generación de hidruros de acuerdo al método 3114 B Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ³⁰.

C.4.1. Lavado del material

El material fue previamente lavado con etanol y enjuagado con agua purificada. Enseguida se mantuvo en una solución de ácido nítrico al 10% durante 24 horas, transcurrido este tiempo se enjuagó perfectamente con agua desionizada tres veces.

C.4.2. Procesamiento de las muestras de agua

El As total se cuantificó con la metodología de fluorescencia atómica utilizando el generador de hidruros. Se efectuó con base en una curva de calibración construida por una serie de 6 estándares con concentraciones de 1, 5, 10, 25, 40 y 70 µg/L de As, que se prepararon a partir de una solución de 1 mg/L de arsénico. Los volúmenes tomados de esta solución se indican en la Tabla 3 y todos se midieron con micropipeta y se colocaron en tubos cónicos de polipropileno de 50 mL marca Corning.

Tabla 3. Preparación de estándares de As para la curva de calibración.

Estándar	Solución de 1 mg/L As (µL)	HCl concentrado (mL)	KI en ácido ascórbico (mL)	Concentración final (µg/L)
1	25	7.5	0.5	1
2	125	7.5	0.5	5
3	250	7.5	0.5	10
4	625	7.5	0.5	25
5	1000	7.5	0.5	40
6	1750	7.5	0.5	70

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

Se midieron 12.5 mL de la muestra de agua, colocando la alícuota en un tubo cónico de polipropileno de 50 mL. Posteriormente se adicionaron 7.5 mL de ácido clorhídrico concentrado y 0.5 mL de solución de KI 50% m/v en ácido ascórbico al 10%. Finalmente se le adicionaron 4.5 mL de agua desionizada para completar un volumen final de 25 mL. Se agitaron perfectamente todos los tubos, se dejaron reposar 30 minutos y se colocaron en el automuestreador PSA 20.400 para su análisis. En la Tabla 4 se presentan las condiciones instrumentales y químicas establecidas en el equipo Millenium Excalibur.

Tabla 4. Condiciones instrumentales y químicas para el análisis de As en el Espectrómetro de Fluorescencia Atómica (Millenium Excalibur) por generación de hidruros.

Flujo del reductor (mL min ⁻¹)	9
Flujo del blanco (mL min ⁻¹)	4.5
Flujo de la muestra (mL min ⁻¹)	9
Gas acarreador	Argón
Flujo del gas acarreador (mL min ⁻¹)	300
Flujo del gas de secado (mL min ⁻¹)	2500
Concentración del blanco	30 % v/v
Concentración del reductor	0.7 % m/v en 0.1 M NaOH
Periodo delay (s)	15
Periodo de análisis (s)	30
Periodo de memoria	30
Filtro	48
Longitud de onda (nm)	190.3

C.4.3. Procesamiento de las muestras de orina

El As total se cuantificó con la metodología de fluorescencia atómica utilizando el generador de hidruros. Se efectuó con base en una curva de calibración construida por una serie de 5 estándares con concentraciones de 1, 3, 5, 10, y 20 µg/L de As, la cual se preparó a partir de una solución de 1 mg/L de arsénico. Los volúmenes tomados de esta solución se indican en la Tabla 5, todos se midieron con micropipeta y se colocaron en vasos de precipitados (previamente lavados con ácido) de 100 ml cubriéndolos con vidrios de reloj.

Tabla 5. Preparación de estándares de As para curva de calibración (orina).

Estándar	Solución de 1 mg/L		Concentración final (µg/L)
	As (µL)	Agua desionizada (mL)	
1	50	4.950	2
2	150	4.850	6
3	250	4.750	10
4	500	4.500	20
5	1000	4.000	40

C.4.3.1. Método de digestión de las muestras de orina

Con la finalidad de eliminar la materia orgánica presente, la muestra de orina debe recibir un pretratamiento para poder analizar el arsénico total.

Para ello se tomaron 5 mL de orina con pipeta volumétrica y se vertieron en vasos de precipitados de 100 mL previamente lavados con HNO₃ al 10% y

etiquetados. A los estándares anteriormente preparados y muestras de orina se les adicionaron 3

mL de HNO₃ concentrado y 0.5 mL de HClO₄ concentrado. Se cubrieron con vidrios de reloj perfectamente etiquetados y se colocaron en placa de calentamiento marca Thermoline durante una noche. A la mañana siguiente se encendió la placa a baja temperatura y gradualmente se fue aumentando la misma hasta alcanzar 80 °C. Al término de la digestión se retiró el vidrio de reloj, llevando la muestra a sequedad. El sedimento contenido en el vaso de precipitados se resuspendió en 10 mL de HCl al 3 %, primero se adicionaron 5 mL del mismo para enjuagar el vidrio de reloj y se colocaron en tubos cónicos de polipropileno de 50 mL. Finalmente se adicionaron otros 5 mL del HCl al 3 % para enjuagar el vaso de precipitados que también fueron vertidos en los tubos cónicos.

Se prepararon blancos de reactivos y se siguió el mismo proceso de digestión antes mencionado.

C.4.4. Cuantificación de arsénico total en muestras de orina

Del digerido obtenido anteriormente se tomaron los volúmenes indicados en la Tabla 6 para la cuantificación del arsénico total con la técnica de fluorescencia atómica utilizando el generador de hidruros.

Tabla 6. Volúmenes de reactivos utilizados en la preparación de estándares de As y de muestras de orina digeridas para su análisis.

Estándar	Volumen del digerido (mL)	HCl concentrado (mL)	KI en ácido ascórbico (mL)	HCl al 3 %	Concentración final (µg/L)
1	5	7.5	0.5	12	1
2	5	7.5	0.5	12	3
3	5	7.5	0.5	12	5
4	5	7.5	0.5	12	10
5	5	7.5	0.5	12	20
Muestras	5	7.5	0.5	12	

C.4.5. Cálculo de la concentración de Arsénico

Se realizó una curva de calibración en donde la altura de pico se graficó en el eje de las ordenadas y la concentración de arsénico en el eje de las abscisas. Usando el sistema de regresión lineal fue posible interpolar los resultados obtenidos de las muestras y tomando en cuenta los volúmenes utilizados en el proceso, se determinaron las concentraciones de arsénico.

C.4.6. Control de Calidad

C.4.6.1. Arsénico total en muestras de agua

Se emplearon los materiales de referencia para calibración del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C. que se indican en la Tabla 7, los cuales fueron preparados y analizados de la misma manera que las muestras de agua. Su concentración se obtuvo con base en una curva de calibración, lo que permitió calcular el % de exactitud.

Tabla 7. Materiales de referencia de As empleados para el control de calidad.

Estándar	Concentración (mg/L)
AQ-MRIMB-0401	0.005 ± 0.0008
AQ-MRIMB-0402	0.011 ± 0.002
AQ-MRIMB-0403	0.021 ± 0.004
AQ-MRIMB-0404	0.032 ± 0.007
AQ-MRIMB-0405	0.046 ± 0.010

C.4.6.2. Arsénico total en muestras de orina

Se empleó el material de referencia liofilizado ClinCal® número de lote 048 para la calibración en la determinación de As en muestras de orina. El material contiene 94 µg/L de As. Se preparó y analizó de la misma manera que las muestras de orina. Su concentración se obtuvo con base en una curva de calibración, lo que permitió calcular el porcentaje de exactitud.

D. RESULTADOS

D.1. Análisis de las muestras de agua de pozo

Se recolectaron un total de 237 muestras de agua de pozo correspondientes a 33 municipios de 157 localidades con más de 500 habitantes de las Zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí, a las cuales se les determinó la concentración de F⁻ y el As.

El procedimiento inicial para seleccionar las comunidades se efectuó en base a los datos de INEGI, obteniéndose el número de localidades con más de 500 habitantes. Previo al muestreo en cada municipio se contactó telefónicamente al personal encargado del departamento de agua potable para ubicar la procedencia del agua de consumo que incluyó pozo, noria o manantial, seleccionándose preferentemente aquellos que contaran con agua subterránea proveniente de pozo.

Dentro de los 33 municipios existen 264 localidades con más de 500 habitantes, como en algunas no hay pozo que surte a la población o bien en el momento del muestreo se encontraba fuera de servicio, se tomó la muestra de agua en 157 del total que corresponde al 60 %. Consideramos que las 237 muestras cubren entre el 80 y 90 % de las localidades con más de 500 habitantes en estos municipios que utiliza el agua subterránea para consumo.

En la Tabla 8 se presentan en detalle el número de localidades muestradas por municipio, la media, el rango encontrado para F⁻ y As y los porcentajes de localidades cuya agua contiene F⁻ y As por encima de las concentraciones recomendadas por la NOM-127.

Los resultados de las concentraciones de F⁻ y de As obtenidos se muestran en el Anexo 1, así como la identificación y la localización de las poblaciones

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

Tabla 8. Relación de las localidades por municipio en que se tomaron muestras de agua del Estado de San Luis Potosí.

No.	Municipio	No. Localidades con más de 500 hab. Muestreadas	Media F- mg/L	Rango F- mg/L	% Arriba de NOM-127	Media As µg/L	Rango As µg/L	% Arriba de NOM-127
1	Ahualulco	6	0.90	0.51-1.1	-	38.66	0.5-38.66	33.33
2	Alaquines	1	0.10	0.1	-	0.50	0.5	-
3	Armadillo de los Infante	3	0.41	0.41-0.52	-	1.25	0.5-6.88	-
4	Cárdenas	1	0.29	0.29-0.38	-	0.50	0.50	-
5	Cedral	2	1.26	0.33-1.26	-	0.50	0.5-2.61	-
6	Cerritos	4	0.38	0.28-1.20	-	5.86	1.8-19.69	-
7	Cerro de San Pedro	2	0.53	0.50-0.56	-	9.19	7.55-10.84	-
8	Charcas	5	0.59	0.59-5.23	16.66	16.22	0.5-95.53	16.66
9	Ciudad del Maíz	1	0.25	0.1-0.25	-	0.50	0.5	-
10	Ciudad Fernández	3	0.10	0.1-1.43	-	3.14	0.5-11.09	-
11	Guadalcázar	12	0.53	0.1-3.44	26.31	24.92	0.5-75.5	26.31
12	Mexquitic de Carmona	9	1.17	0.22-2.26	9.09	10.53	0.5-61.61	9.09
13	Moctezuma	4	1.08	0.4-1.70	20	3.67	0.5-3.67	-
14	Rayón	2	0.40	0.4-0.58	-	0.50	0.5	-
15	Real de Catorce	1	0.13	0.13-0.18	-	0.002	0.002	-
16	Ríoverde	1	0.31	0.31	-	3.45	3.45	-
17	Salinas de Hidalgo	7	1.60	0.59-4.32	50	19.30	2.19-41.75	10
18	San Ciro de Acosta	1	0.10	0.1	-	1.30	1.3	-
19	San Nicolás Tolentino	3	0.40	0.26-0.40	-	0.50	0.5-4.6	-
20	Santa María del Río	10	0.62	0.29-2.91	33.33	1.66	0.5-19.08	-
21	Santo Domingo	7	4.81	0.63-4.81	71.42	39.26	1.39-62.18	71.42
22	Tierra Nueva	3	1.08	0.73-1.34	-	2.84	0.5-4.28	-
23	Vanegas	3	0.47	0.1-1.15	-	0.50	0.5-10.88	-
24	Venado	5	0.10	0.1-0.93	-	0.50	0.5-9.98	-
25	Villa Hidalgo	4	1.07	0.65-1.07	-	6.08	0.5-6.08	-
26	Villa de Arista	5	0.69	0.46-0.88	-	3.17	1.92-10.23	-
27	Villa de Arriaga	6	1.36	0.41-4.82	22.22	10.37	0.5-15.43	-
28	Villa de Guadalupe	10	1.03	0.65-3.42	36.36	25.00	0.5-60.82	9.09
29	Villa de la Paz	3	0.30	0.27-0.37	-	0.50	0.5	-
30	Villa de Ramos	13	0.40	0.40-5.44	58.82	25.87	0.5-150.7	52.94
31	Villa de Reyes	12	2.49	0.35-3.38	81.25	9.29	0.5-9.29	-
32	Villa de Zaragoza	6	1.51	0.92-2.24	83.33	13.24	0.5-14.05	-
33	Villa Juárez	2	0.57	0.57-1.62	50	7.21	7.21-7.69	-

Melissa Bocanegra Palazar

en las tres zonas de muestreo. Se observa que el 28.5 % de las muestras sobrepasan el límite máximo permisible para F⁻ (1.5 mg/L) que establece la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994 y solamente el 11.1 % lo sobrepasan para As (0.025 mg/L).

Las comunidades que presentan concentraciones de F⁻ por encima del valor permitido por la NOM-127 están ubicadas en 13 municipios que son: Charcas, Guadalcázar, Mexquitic de Carmona, Moctezuma, Salinas de Hidalgo, Santa María del Río, Santo Domingo, Villa de Arriaga, Villa de Guadalupe, Villa de Ramos, Villa de Reyes, Villa de Zaragoza y Villa Juárez (Figura 2). Mientras que para el As las comunidades que presentan concentraciones por encima del valor permitido por la NOM-127 se encuentran en 8 municipios: Ahualulco, Charcas, Guadalcázar, Mexquitic de Carmona, Salinas de Hidalgo, Santo Domingo, Villa de Guadalupe y Villa de Ramos (Figura 3).

Con ayuda del personal del Laboratorio de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica de la Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades, se realizó una sobreposición de los mapas de concentración para F⁻ y As con la población. Con la ubicación del sitio de muestreo y considerando un área de influencia de 4 km de diámetro para cada punto (este diámetro se debe a la distancia máxima que está alejado un pozo de alguna localidad), se sobrepusieron las localidades (según datos del INEGI) con el área de influencia y se extrajeron las bases de datos de la población en estas áreas, dando como resultado que 61,730 habitantes se abastecen de agua cuyo contenido de F⁻ rebasa los límites establecidos por la NOM-127 (Tabla 9), para As son 12,840 y 13,080 que se abastecen de agua cuyo contenido de ambos analitos rebasa los límites máximos permisibles. Con la información de este estudio podemos ubicar que en las zonas Altiplano,

Figura 2. Localización de los sitios de muestreo e intervalos de concentración encontrados para F⁻ en el Estado de San Luis Potosí.

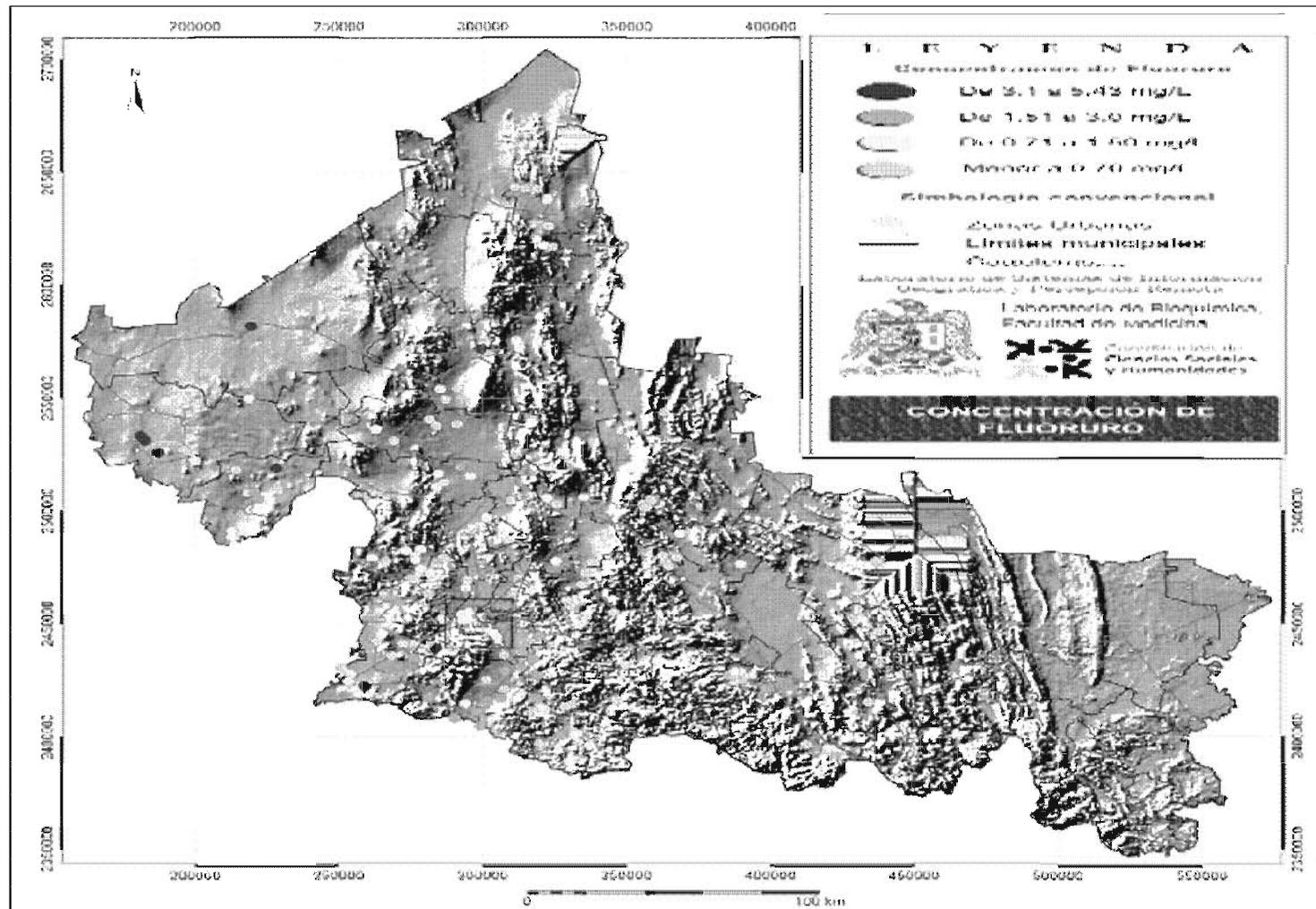
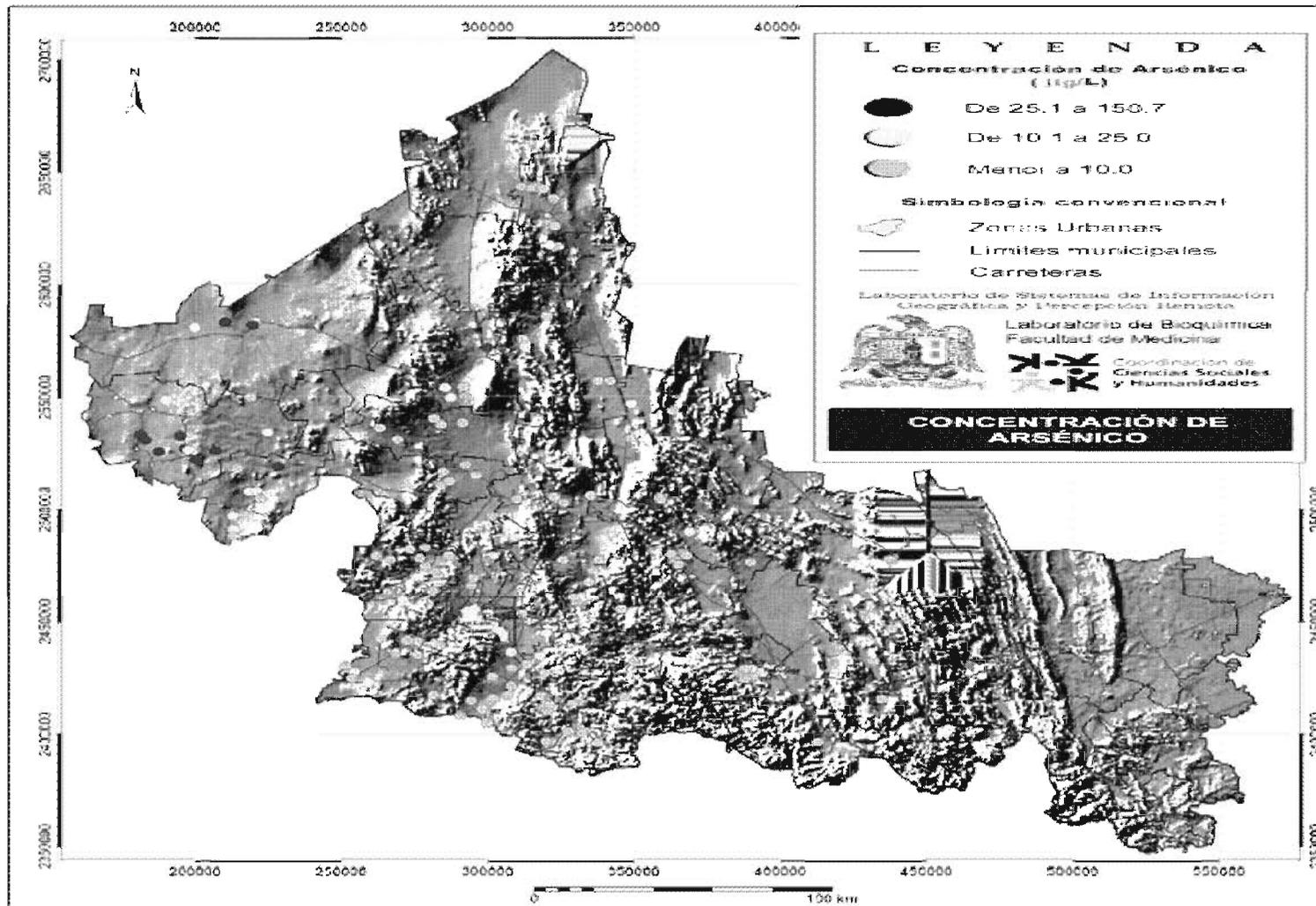


Figura 3. Localización de los sitios de muestreo e intervalos de concentración encontrados para As en el Estado de San Luis Potosí.



Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

Centro y Media de nuestro Estado alrededor de 75,000 habitantes tienen el problema de concentraciones no permisibles de estos contaminantes, en el agua de consumo.

Al inicio del proyecto únicamente se tenía contemplado el análisis de F⁻ y As. Sin embargo dada la falta de información sobre diferentes parámetros del agua de pozo de algunas comunidades, se consideró necesario ampliar el número de parámetros por analizar en las muestras de agua. De esta manera se puede proporcionar un informe más completo sobre la calidad del agua.

Tabla 9. Estimación del número de habitantes de acuerdo a la concentración de F⁻ y As en agua.

Concentración en agua (mg/L)	Población Total	Población 0 a 4 años	Población 6 a 14 años	Población 0 a 4 + 6 a 14 años
F ⁻ > 1.5	61,730	7,910	14,860	22,770
F ⁻ > 0.7	113,703	14,053	27,577	41,630
As > 0.025	12,840	1,597	3,036	4,633
As > 0.010	21,417	3,281	6,169	9,450
F ⁻ > 1.5 As > 0.025	13,080	1,651	3,419	5,070
F ⁻ > 0.7 As > 0.010	41,746	4,978	10,082	15,060

El análisis fisicoquímico del agua fue realizado por personal del Laboratorio de Análisis de la Comisión Nacional del Agua (CNA) y del Laboratorio de Agua y Suelo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (Anexo 1).

En 219 de las 237 muestras de agua se realizó el análisis fisicoquímico que comprende las determinaciones de: pH, conductividad eléctrica, color

Melissa Bocanegra Palazar

aparente, sólidos totales, alcalinidad total, dureza total, dureza de calcio, dureza de magnesio, sodio, potasio, carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. A las 18 muestras restantes no se les realizó el análisis fisicoquímico por tratarse de agua que no fue tomada directamente del pozo o de alguna toma cercana, dada la escasez del recurso en determinadas localidades. Estas muestras corresponden a agua estancada o incluso almacenada en recipientes poco apropiados, se decidió recolectarla para el análisis de F⁻ y As por tratarse del agua que consume la gente de esas localidades, después de hervirla.

La exactitud de los análisis para los iones mayores se puede estimar mediante la condición de electroneutralidad ³¹, lo cual se realizó para todas las muestras. De acuerdo con los resultados reportados por los laboratorios de análisis se tiene que de las 219 muestras, solamente para 214 se reporta el análisis fisicoquímico completo, y de éstas, el 81% cumple con esta condición de electroneutralidad (% error ≤ 7) y el 19 % sobrepasan este valor.

Para el análisis de los datos, se utilizó el programa computacional AQUACHEM®. Se elaboró el Diagrama Triangular de Piper (Figura 4), el cual se utilizó para identificar los tipos de familias de agua encontradas en los 33 municipios muestreados. De las 214 muestras que cuentan con el análisis fisicoquímico completo, 27.1 % corresponden a la familia bicarbonatada cálcica, 24.29 % bicarbonatada sódica, 2.33 % clorurada sódica, 26.16 % mixta, 17.75 % sulfatada cálcica y 2.33% sulfatada sódica (Figura 5).

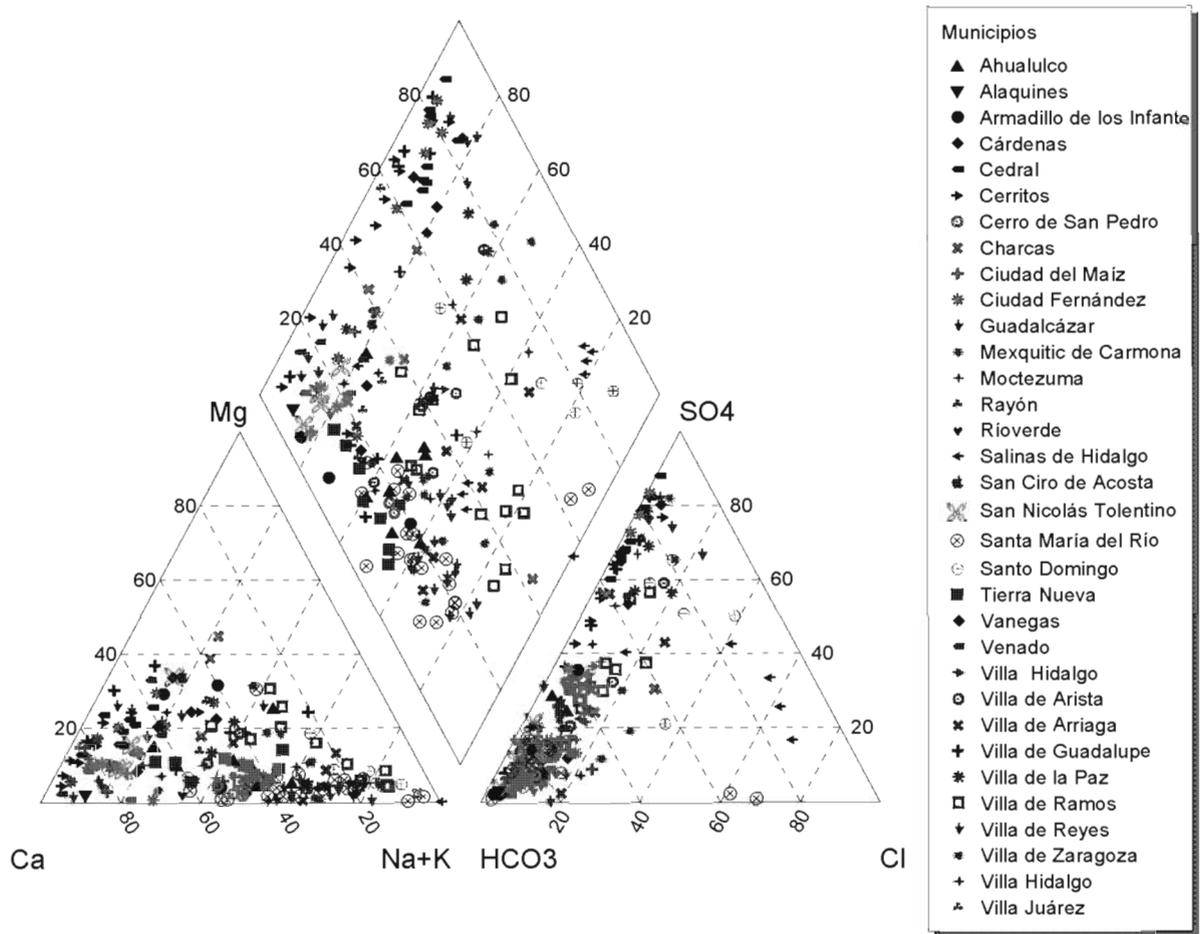


Figura 4. Diagrama Triangular de Piper para identificar los tipos de familias de agua.

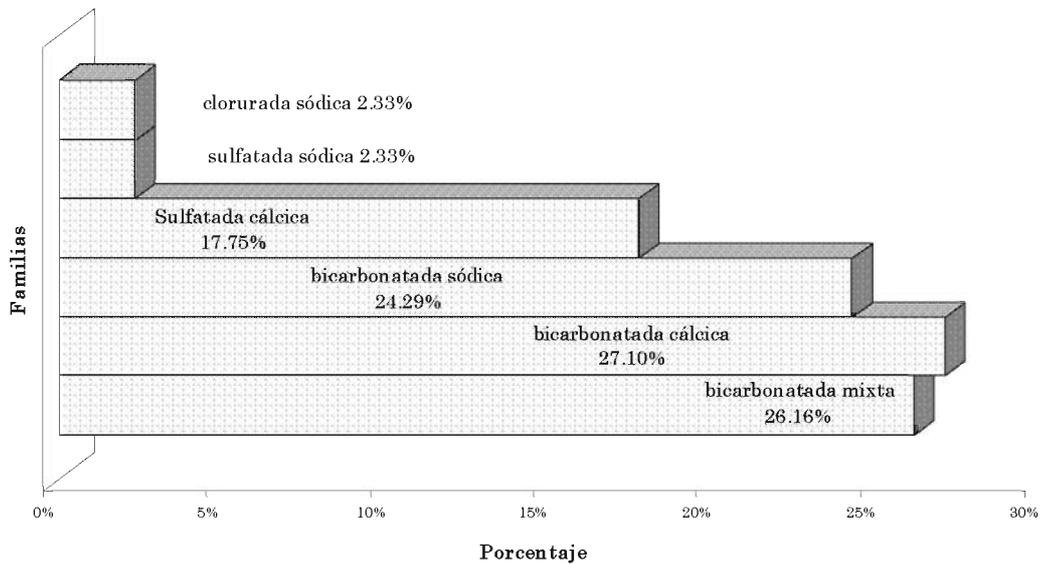


Figura 5. Clasificación de las familias de agua.

D.2. Desempeño analítico de los métodos desarrollados

La validación de un método es la evidencia experimental documentada de que un procedimiento cumple con el propósito para el que fue diseñado ³², para ello se determinan ciertos parámetros tales como linealidad, precisión como repetibilidad y reproducibilidad, exactitud, recuperación, límite de detección y de cuantificación ³³.

D.2.1. Cuantificación de F⁻ por el método potenciométrico con electrodo ion selectivo

El primer parámetro que se evaluó fue la linealidad, que se define como la capacidad para obtener resultados que sean proporcionales a la concentración del compuesto en la muestra en un intervalo de trabajo ³². Se preparó cada día una curva de calibración por triplicado durante 6 días dentro del intervalo lineal de 0.2-7 mg/L, uno de los gráficos resultantes se presenta en la Figura 6. El coeficiente de determinación (r^2) obtenido es de 0.9975, mismo que cumple con el criterio de aceptación que es ≥ 0.98 ³².

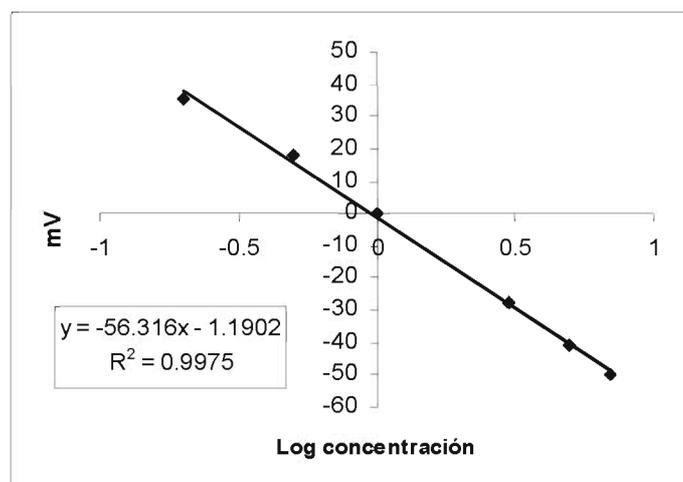


Figura 6. Curva de calibración para F⁻.

La precisión, que se define como el grado de concordancia entre resultados analíticos individuales cuando el procedimiento se aplica repetidamente a diferentes porciones de una muestra homogénea del producto. Fue evaluada primero como repetibilidad que es la precisión de un método analítico que

Melissa Bocanegra Palazar

expresa la variación dentro de un mismo laboratorio obtenida entre determinaciones independientes realizadas en las mismas condiciones ²⁹. Para ello se prepararon y cuantificaron 6 curvas de calibración por triplicado en un mismo día. Por otro lado se evaluó la reproducibilidad intralaboratorio que es la precisión de un método analítico que expresa la variación obtenida entre determinaciones independientes realizadas en el mismo laboratorio, pero en diferentes condiciones de análisis, tales como diferentes días, diferente equipo, diferentes columnas o diferentes analistas ²⁹; para ello se modificó el día de análisis, por lo que se trabajó una curva de calibración por triplicado durante 6 días diferentes obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 10. Todos estos son aceptables de acuerdo a los niveles de concentración que se cuantificaron ³⁴.

Tabla 10. Precisión del método potenciométrico con electrodo ion selectivo.

Conc. mg/ L F	Repetibilidad	Reproducibilidad
	% RSD	% RSD
0.2	12.36	3.61
0.5	7.51	3.97
1	4.90	5.34
3	1.60	2.42
5	1.35	1.60
7	2.84	
Promedio	5.09	3.39
Valores aceptables	8 a 11	10 a 14

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

Se obtuvo un porcentaje de recuperación promedio de 98.8 %, y para el caso del material de referencia NCS ZC 76304 la exactitud fue de 95 %, que cumple con los valores aceptables a estas concentraciones ³⁵. Para determinar el porcentaje de recuperación de la concentración del material de referencia se analizaron por triplicado tres concentraciones conocidas que se encontraban dentro del rango de la curva de calibración, se prepararon por dilución a partir del estándar de referencia certificado High Purity Standard. Mientras que para la exactitud para el material NCS ZC 76304 de 1 mg/L no se requirió de dilución (Tabla 11).

Tabla 11. Porcentaje de Recuperación y Exactitud obtenidos para los estándares certificados de F⁻.

Estándar	Valor certificado (mg/L)	Valor obtenido (mg/L)	Recuperación (%)	Exactitud (%)
High Purity Standards Lote # 413413	0.8	0.81	101	101
High Purity Standards Lote # 413413	1.6	1.58	99	99
High Purity Standards Lote # 413413	3.2	3.17	99	99
NCS ZC 76304	1	0.95	95	95
ClinCal [®] No. lote 048 (orina)	9.4	9.2	97.8	97.8
ClinCal [®] No. lote 048 (orina)	4.7	4.57	97.4	97.4
Promedio			98.2	98.2
Valores aceptables			97-103	97-103

El límite de detección obtenido, que es la mínima concentración de un compuesto en una muestra la cual puede ser detectada bajo las condiciones de operación establecidas con un nivel de confianza determinado ³², fue de 0.03 mg/L. Este valor se obtuvo de la lectura de 5 blancos en un mismo día. El límite de cuantificación definido como la concentración más baja del compuesto que puede cuantificarse cumpliendo con la precisión y exactitud establecidas en el método, se obtuvo con la lectura de 5 blancos y fue de 0.13 mg/L.

D.2.2. Cuantificación de As por el método de fluorescencia atómica por generación de hidruros

Espectrometría de Fluorescencia atómica es un sistema de detección extremadamente lineal ³⁶, y como se observa en la Figura 7, la linealidad cumple con los criterios de aceptación obteniéndose un coeficiente de determinación (r^2) de 0.9987 dentro del intervalo lineal de 1-70 $\mu\text{g/L}$ ³².

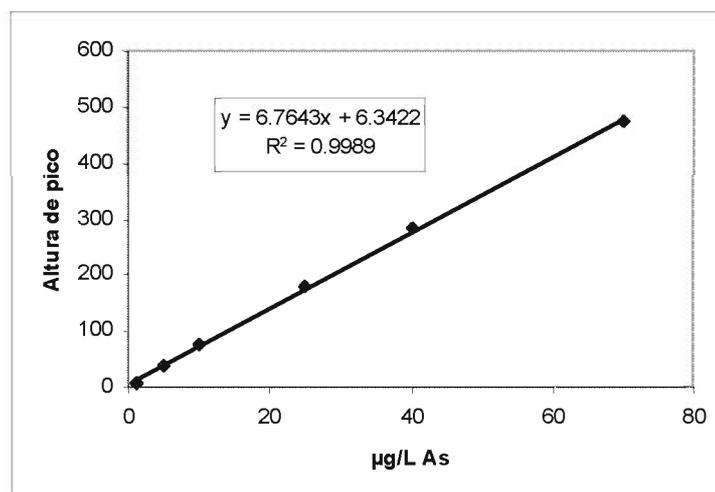


Figura 7. Curva de calibración para As.

En cuanto a la precisión (repetibilidad y reproducibilidad intralaboratorio), en la Tabla 12 se presentan los valores de Desviación Estándar Relativa (%RSD) obtenidos, los cuales son aceptables de acuerdo a los niveles de concentración que se cuantificaron ³⁴.

Tabla 12. Precisión del método de Espectrometría de fluorescencia atómica por generación de hidruros para la determinación de As total disuelto.

Concentración µg/ L As	Repetibilidad % RSD	Reproducibilidad % RSD
1	21.91	12.16
5	20.74	12.54
10	20.89	11.66
25	19.39	12.43
40	17.62	12.83
70	16.63	12.93
Promedio	19.53	12.43
Valores aceptables	16 a 22	21 a 30

Los porcentajes de recuperación y exactitud obtenidos presentan un intervalo de 82-100 % (Tabla 13).

Tabla 13. Porcentaje de Recuperación y Exactitud obtenidos para los estándares certificados de As.

Estándar	Valor certificado (mg/L)	Valor obtenido (mg/L)	% de Recuperación	% de Exactitud
AQ-MRIMB-0401	0.005 ± 0.0008	0.005	100	100
AQ-MRIMB-0402	0.011 ± 0.002	0.009	82	82
AQ-MRIMB-0403	0.021 ± 0.004	0.020	95	95
AQ-MRIMB-0404	0.032 ± 0.007	0.030	94	94
AQ-MRIMB-0405	0.046 ± 0.010	0.048	96	96
ClinCal [®] No. lote 048 (orina)	0.094	0.091	97	97
Valores aceptables			60	

El límite de detección alcanzado fue de 0.44 µg/L y un límite de cuantificación de 1.01 µg/L.

D.3. Análisis estadístico

Se evaluó la normalidad de las variables continuas F⁻ y As en agua para poder establecer la correlación existente entre las mismas empleando el paquete estadístico SPSS 10.0. En el caso del As no se ajustó a la distribución normal y tampoco se logró al hacer algún tipo de transformación de los datos, por lo que se empleó la prueba de Spearman (no paramétrica) obteniendo una asociación positiva entre F⁻ y As con un valor de rho= 0.516 a una P< 0.001 y (Figura 8).

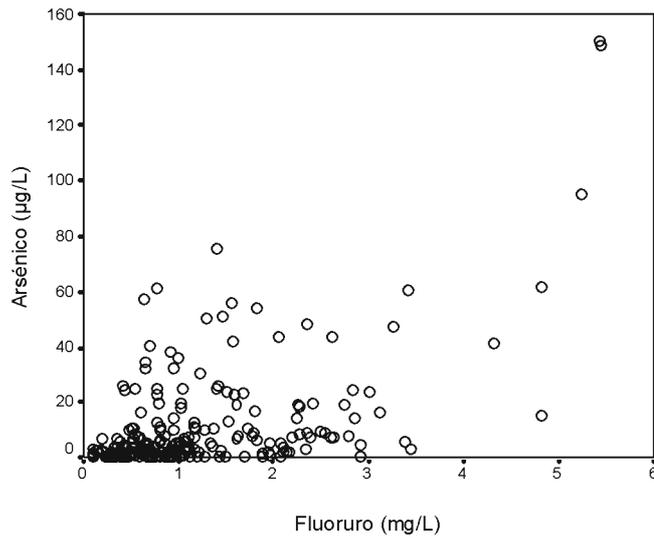
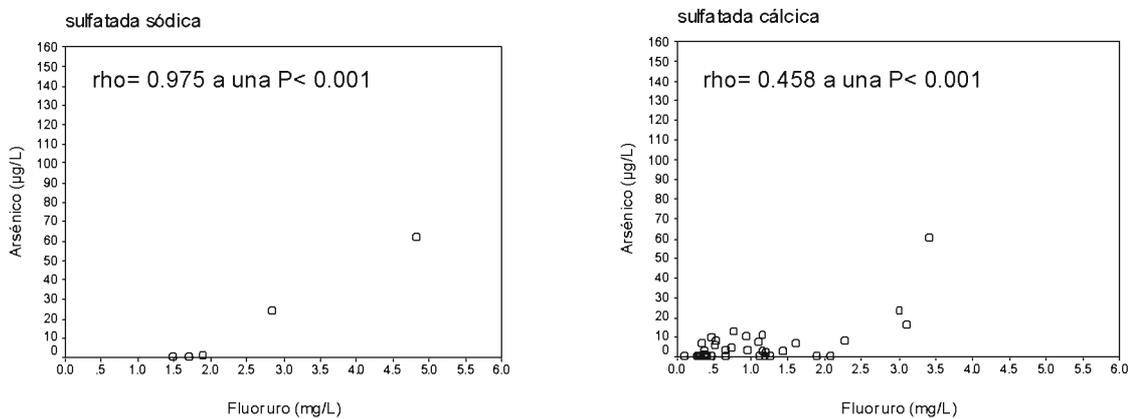


Figura 8. Correlación para F⁻ y As en agua de pozo del Estado de San Luis Potosí.

Se incluyen las correlaciones para cada una de las familias de agua (Figura 9) así como el mapa con su localización en el Estado (Figura 10).



Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

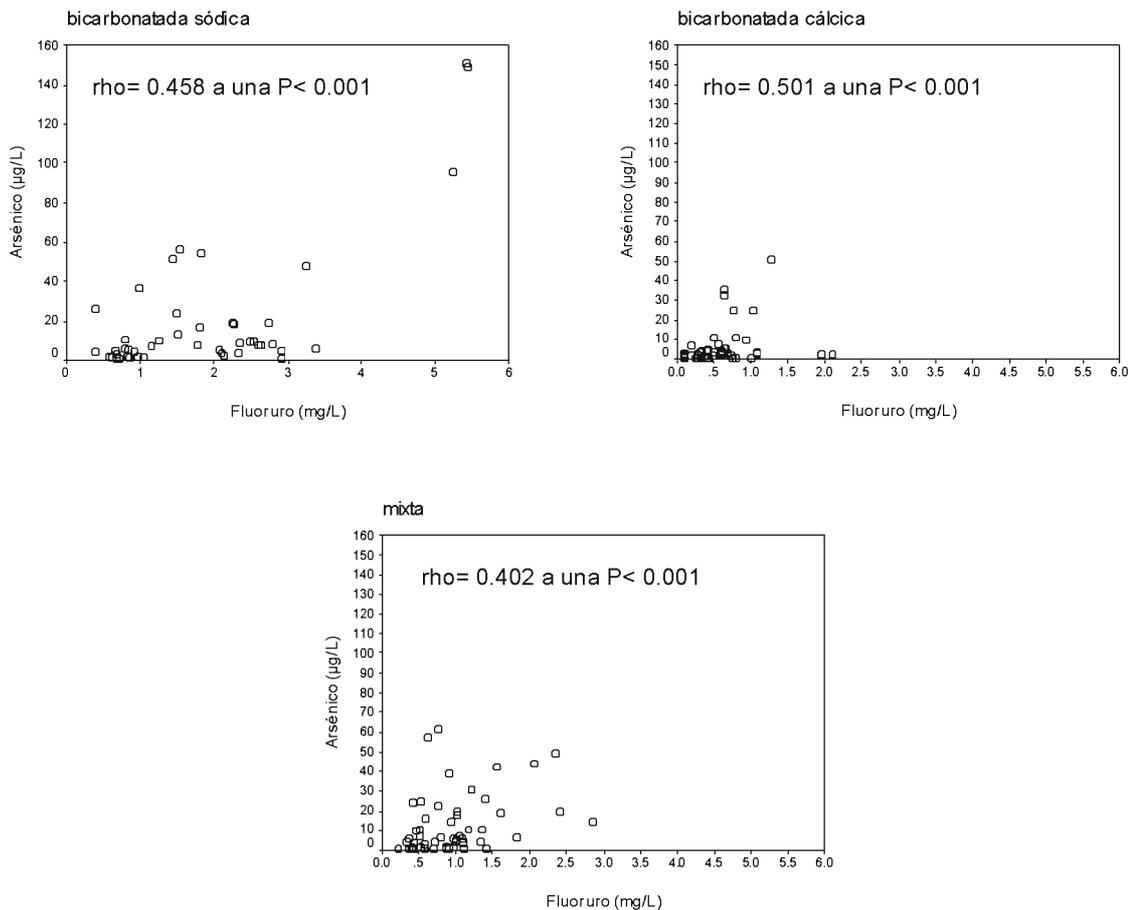


Figura 9. Correlación para F⁻ y As en agua de pozo del Estado de San Luis Potosí de acuerdo a la familia de agua.

D.4. Evaluación de riesgo en salud

En el anexo 2 se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la magnitud del riesgo calculado para niños (7-14 años) en cada punto muestreado, encontrándose

para As de 1 hasta 35 veces el riesgo de presentar hiperpigmentación, queratosis y posible complicación vascular. Para fluorosis dental el riesgo es de 1 a 7 veces.

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Salazar

Se analizaron muestras de orina de niños de 4 localidades para comprobar la exposición a F⁻ y As, obteniéndose los resultados que se presentan en las Tablas 14 y 15.

Tabla 14. Niveles de F⁻ en orina en niños de cuatro localidades del Estado de San Luis Potosí.

Localidad	Municipio	Grado de Marginación	Fluoruros en agua (mg/L) LC 95% ±	n	Media mgF/g creatinina	Rango mgF/g creatinina	% > 1.5 mg F/g** creatinina	% > 4 mg F/g* creatinina
La Reforma	Salinas de Hidalgo	alto	4.32 ± 0.021	33	7.57	1.67 – 20.97	100	81.81
Santa Matilde	Santo Domingo	medio	2.35 ± 0.034	32	4.46	1.35 – 9.73	93.93	62.50
Santo Domingo	Santo Domingo	bajo	4.81 ± 0.029	31	4.98	1.56 – 15.79	100	58.06
El Barril	Villa de Ramos	alto	1.55 ± 0.063	29	2.27	0.61 – 4.59	82.75	3.44
Tierra Nueva ***	Tierra Nueva	medio	0.092	7	1.55	1.35 – 2.18	42.85	0
NOM-127			1.5					

*El nivel recomendado por NIOSH es de 4 mg F⁻ / g de creatinina ³⁷.

** Considerado para un consumo de agua < 1.5 mg/L.

***Consumo de agua de purificada, mujeres de 18 a 32 años de edad ³⁸.

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

Tabla 15. Niveles de As en orina en niños de cuatro localidades del Estado de San Luis Potosí.

Localidad	Municipio	Grado de Marginación	Arsénico en agua (mg/L) LC 95% ±	n	Media µg As/g creatinina	Rango µg As/g creatinina	% > 50 µg As/g* creatinina
La Reforma	Salinas de Hidalgo	alto	0.042 ± 0.002	33	4.82	4.18 – 88.44	18.18
Santa Matilde	Santo Domingo	medio	0.049 ± 0.003	32	54.45	3.74 – 195.62	43.75
Santo Domingo	Santo Domingo	bajo	0.062 ± 0.003	31	26.38	0.79 – 164.33	9.67
El Barril	Villa de Ramos	alto	0.056 ± 0.001	29	28.72	2.96 – 67.14	13.79
Tierra Nueva***	Tierra Nueva	medio	0.002	7	0.87	0.27 – 1.8	0
NOM-127			0.025				

*El nivel recomendado por el CDC es de 50 µg As / g de creatinina ³⁹.

***Consumo de agua de purificada, mujeres de 18 a 32 años de edad ³⁸.

Las localidades que se indican en las Tablas 14 y 15 fueron seleccionadas por que la comunidad se abastece únicamente de un pozo y en base a la concentración de F⁻ y As en el agua ya que estas son superiores a las recomendadas en la Normativa Mexicana.

Figura 10. Localización de las familias de agua en el Estado de San Luis Potosí.

E. DISCUSIÓN

El hidroarsenismo y la hidrofluorosis son sin duda uno de los problemas más serios que afectan varios países en el mundo, el cual se torna crítico debido a que el agua subterránea constituye la mayor reserva del recurso de gran parte de la población mundial, y por lo general es la única fuente de agua de la cual es posible disponer para satisfacer las necesidades básicas de higiene y consumo. Para saber si el agua subterránea es adecuada para los usos que se mencionan, se requiere evaluar su calidad.

En nuestro Estado, esta necesidad surge por los antecedentes de la presencia de As y F⁻ en algunas comunidades de los municipios de las Zonas Altiplano, Centro y Media del Estado, en las que la disponibilidad de agua para consumo humano es en su mayoría del agua subterránea.

En este estudio, se obtuvieron 237 muestras de agua de pozo para uso y consumo humano, mismas que corresponden a 33 municipios de 157 localidades con más de 500 habitantes. Se encontró que el 28.5 % de ellas sobrepasan el límite máximo permisible para F⁻ en agua potable (1.5 mg/L) que establece la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994 y el 11.1 % para As (0.025 mg/L).

Considerando que el número de habitantes que se abastecen de agua cuyo contenido de F⁻ y As rebasa los límites establecidos por la NOM-127 es de 61,730 y 12,840 respectivamente, podemos ubicar que en las zonas Altiplano, Centro y Media de nuestro Estado alrededor de 75,000 habitantes pueden presentar efectos en salud por el consumo de esta agua, lo cual representa cerca de la cuarta parte de la población total de los 14 municipios afectados.

Melissa Bocanegra Palazar

En algunas localidades se encuentran concentraciones de los dos contaminantes fuera de norma lo que afectaría a 13,080 habitantes. Partiendo de esta información se estimó que 27, 403 habitantes son niños, es decir, un poco más de la tercera parte de la población afectada.

Por otro lado, es pertinente aclarar que la concentración máxima de F⁻ en agua recomendada para nuestro Estado debe ser 0.7 mg/L, dada la temperatura media máxima (24 °C), ya que el consumo de agua es mayor y por lo tanto la ingesta de fluoruro. Bajo esta perspectiva, el número de habitantes que pueden consumir agua con concentraciones de fluoruro no óptimas sería de 113, 703 de los cuales 41,630 son niños. Para As la Organización Mundial de la Salud establece como guía un nivel máximo permisible de 0.010 mg/L, considerando este valor se tiene que 21,417 habitantes se ven afectados, incluyendo 9,450 niños (Tabla 9).

Como se puede apreciar es de suma importancia que esta población conozca la magnitud del problema que representa el consumo del agua y sus consecuencias. En nuestro país existen las Normas Oficiales Mexicanas que establecen los niveles máximos permisibles para el agua potable, debemos insistir en que el agua con la que se abastece a estas poblaciones no reúne las características de ser agua potable al no cumplir con los parámetros de calidad establecidos en estas Normas, por lo que además de informar y educar a esta población sobre el uso y consumo de agua, las autoridades deberán proveer de otro sistema de purificación de agua en estas comunidades.

El beneficio hacia la población del Estado de San Luis Potosí puede ser obtenido también por el resto de los Estados, que no cuentan con un estudio de este tipo y que en varios de ellos la exposición a estos

contaminantes es mayor, como es el caso de Durango, Zacatecas y Guanajuato.

Aunque el objetivo tiene un mayor enfoque hacia el área de la salud, la información que se obtuvo servirá de base para caracterizar el comportamiento de estos elementos en los acuíferos del Estado. También fue posible llegar a establecer los tipos de familias de agua a partir de los resultados del análisis fisicoquímico, de esta manera se observa que predominan principalmente las aguas del tipo bicarbonatada cálcica, bicarbonatada sódica y mixta, que concuerda con lo reportado para el acuífero del Valle de San Luis Potosí ⁴⁰.

En cuanto a los métodos analíticos empleados para la determinación de ambos elementos podemos concluir que nuestros resultados son confiables, ya que fueron evaluados por medio de los siguientes parámetros: linealidad, precisión como repetibilidad y reproducibilidad, exactitud, recuperación, límite de detección y de cuantificación. Además se establecieron las condiciones óptimas de un nuevo método para la determinación de As, mismo que es ya reconocido por su excelente desempeño y ventajas que presenta en cuanto a selectividad, linealidad y niveles de detección ³⁶. Este último parámetro es importante ya que debe contarse con un método analítico que cuantifique con precisión concentraciones bajas de As, por la tendencia mundial a disminuir los niveles permisibles.

Se observa que existe una asociación positiva significativa entre F⁻ y As como ha sido descrito en otros trabajos en los Estados de San Luis Potosí, Durango y la Comarca Lagunera ^{6, 41, 42}. Esto nos indica la posibilidad de que los elementos estén asociados en los mismos minerales.

Melissa Bocanegra Palazar

En lo que respecta a la evaluación de riesgo en salud, se estimó la exposición mediante biomarcadores de exposición como son F⁻ y As en orina. Los resultados obtenidos de niños que viven en 4 distintas localidades, corroboran la exposición de la población (Tablas 14 y 15); en este estudio, la población seleccionada fue de hasta 33 individuos por localidad. Está reportado que el análisis de un pequeño número de muestras de orina puede ser adecuado para estimar la exposición individual en el agua de consumo⁴³, En La Reforma, localidad perteneciente al municipio de Salinas de Hidalgo, arriba del 80 % de los niños presentan concentraciones mayores a los 4 mg F⁻/g creatinina, nivel máximo que recomienda el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacionales ³⁷ (NIOSH), y en donde se obtuvieron datos de hasta 20 mgF⁻/g creatinina. En tanto que para la localidad de Santa Matilde en el municipio de Santo Domingo alrededor del 60% superan dicho valor, así como en la cabecera municipal con un 58 %. En cambio en Tierra Nueva, en población con consumo de agua purificada, los niveles están por debajo, (Tabla 14). El hecho de que un porcentaje tan alto supere la regulación de NIOSH (riesgo de padecer fluorosis esquelética en población ocupacional), indica que de continuar la exposición, esta población infantil presentará este efecto en un período de 20 años.

Es importante señalar que en la cabecera municipal de Santo Domingo el porcentaje de niños arriba de 4 mg F⁻/g creatinina es menor que en Santa Matilde, localidad del mismo municipio, cuya concentración de F⁻ en agua es más del doble, lo cual sugiere que ésta diferencia puede ser debida al grado de marginación que existe, que es bajo y medio respectivamente. La desnutrición y baja ingesta de calcio son factores que incrementan la absorción de fluoruro y sus efectos como radical libre.

Melissa Bocanegra Palazar

Considerando que el aporte de F⁻ en el organismo es del 50 % por el consumo de agua y el otro 50 % proviene de la dieta, y que además la cantidad eliminada por orina es alrededor del 50%, se estableció 1.5 mg F⁻/g creatinina como el nivel de corte en orina, para una población que consume agua con la concentración máxima permisible (1.5 mg/L). Tomando este límite, el 100% de los niños en La Reforma (Salinas de Hidalgo) y la cabecera municipal de Santo Domingo se encuentran arriba de dicho valor. En Santa Matilde (Santo Domingo) el 93.93 % y en el Barril (Villa de Ramos) 82.75%. Este último dato es interesante ya que la concentración de F⁻ en agua de la localidad de El Barril es de 1.55 mg/L y el alto porcentaje de niños encontrado que superan 1.5 mg F⁻/g creatinina, es un indicativo de que existen otros probables factores incluidos como: a) la población mantiene un mayor aporte de fluoruro, que puede ser por hervir el agua y/o leche en polvo disuelta con esta agua; b) mala nutrición, que incrementa la absorción de fluoruro.

Otro hecho que apoya la observación de la mayor exposición que mantienen los niños en la comunidad de El Barril, es que cuando se recolectaron las muestras de orina, se determinó la fluorosis dental con ayuda de personal de la Facultad de Estomatología de la UASLP, encontrando que los 29 niños estudiados, presentaron el daño hasta en grado III del índice de Dean. También debe considerarse que la ingesta de calcio y vitaminas antioxidantes de estos niños es baja, lo cual conlleva a un incremento del daño por F⁻.

Estos datos nos indican la necesidad de adecuar el límite máximo permisible de 1.5 mg/L a 0.7 mg/L para fluoruro y de 0.025 mg/L a 0.010 mg/L de As,

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

por las condiciones de marginación, desnutrición y temperatura ambiental que existen en nuestro país.

Con estos resultados quedó demostrado que la población se encuentra expuesta a estos elementos, por lo tanto fue factible evaluar el riesgo en salud por la exposición a estos contaminantes, siendo de 1 hasta 35 veces el riesgo de presentar hiperpigmentación, queratosis y posible complicación vascular por la exposición a As. En tanto que para fluorosis dental, el riesgo es de 1 a 7 veces. Estos valores fueron estimados para niños porque este daño se presenta únicamente cuando la población se expone al F⁻ en la etapa de formación del diente.

Hasta el momento no se ha evaluado clínicamente en la población expuesta a As, la existencia de hiperpigmentación, queratosis y posible complicación vascular.

F. CONCLUSIONES

En este proyecto se logró evaluar en su mayoría, el agua de suministro para consumo humano que proviene principalmente de pozo subterráneo en comunidades por arriba de 500 habitantes de las zonas que por su geología pueden presentar contaminación por F⁻ y As en el agua. Estas regiones corresponden a las zonas Media, Centro y Altiplano del Estado de San Luis Potosí.

Se pudo estimar que alrededor de 75,000 habitantes pueden estar expuestos a niveles fuera de NOM-127 de F⁻ y As en agua, y se probó la exposición a estos elementos al determinar su concentración en orina.

Se establecieron las condiciones óptimas para el método Espectrométrico de Fluorescencia Atómica por generación de hidruros, cuyo límite de cuantificación fue de 1.01 µg/L, lo que permite determinar con precisión los niveles recomendados por la OMS de 0.010 mg/L.

Los resultados que presentamos serán de utilidad para uniformizar y completar la información con la que cuentan las dependencias encargadas del monitoreo de la calidad del agua en nuestro Estado, Servicios de Salud del Estado y Comisión Nacional del Agua así como para futuros estudios.

La finalidad de este trabajo es informar a las autoridades competentes la calidad del agua que se abastece a la población como agua de uso y consumo humano. Es necesario que se comunique a la población el riesgo por estar

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

expuestos a Fluoruro y Arsénico y así poder tomar las medidas de prevención adecuadas.

G. BIBLIOGRAFÍA

1. Carrillo-Rivera J., Cardona A., Edmunds W. 2002. "Use of abstraction regime and knowledge of hydrogeological conditions to control high-fluoride concentration in abstracted groundwater: San Luis Potosi basin, Mexico", *Journal of Hydrology* 261, 24-47
2. Price M. *Agua Subterránea*. Limusa Noriega Editores, México.
3. Smedley P., Kinniburgh D. 2002. "A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters", *Applied Geochemistry* 17, 517-568
4. 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". Diario Oficial de la Federación. Miércoles 22 de noviembre del 2000.
5. Singh R., Singh Y., Swaroop D. 2000. "Defluoridation of Grounwater in Agra City Using Low Cost Adsorbents", *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 65, 120-125
6. Alvarado Silva, L. F. 2001. "Cuantificación de Arsénico y Flúor en agua de consumo en localidades de seis Estados de la República

Melissa Bocanegra Palazar

Mexicana con hidrofluorosis endémica.” Tesis de Licenciatura en Q.F.B., UASLP, México.

7. Gupta S., Deshpande R., Agarwal M. 2005. “Origin of high fluoride in groundwater in the North Gujarat-Cambay region, India”, *Hydrogeology Journal* 13:596-605.
8. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/slp/geolo.cfm>
9. Public Health Service. Department of Health Services. February 1991. *Review of Fluoride, benefits and risks*. Report of the committee to coordinate environmental health and related programs. U.S.A., 1991.
10. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR). *Toxicological profile for fluorides, hydrogen fluoride and fluorine (F)*. USA. 1991.
11. Saralkumari D., Ramakrishna Rao P. 1991. “Red blood cell glucose metabolism in human chronic fluoride toxicity”, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 47, N°1, Jan 834-839.
12. Ortiz-Pérez D., Rodríguez-Martínez M., Martínez F., Borja-Aburto V., Grimaldo J., Castelo J., Carrizalez L., Cruz E., Díaz-Barriga F. 2003. “Fluoride-induced disruption of reproductive hormones in men”, *Environmental Research* 93, 20-30.

Melissa Bocanegra Palazar

13. Whitford G.M. 1992. "Acute and Chronic Fluoride Toxicity", *J Dent Res.*, 71, No. 5 May, 1249-1254.
14. Freni S., 1994. "Exposure to high fluoride concentrations in drinking water is associated with decreased birth rates", *Journal of Toxicology and Environmental Health.* 42, N°11, Nov.
15. Machado Estrada, B.P. 1999. "Exposición a Flúor y su efecto en el coeficiente intelectual, el tiempo de reacción, la organización visoespacial y la memoria visual de niños de la Ciudad de San Luis Potosí." Tesis de Licenciatura en Q.F.B., UASLP, México.
16. Mullenix P.J., Denuesten P.K., Schunior A., Keman W.J., 1995. *Neurotoxicity of sodium fluoride in rats*, *Neurotoxicology and Teratology*, Vol 17, No. 2 169-177.
17. Albert L. *Introducción a la Toxicología Ambiental*, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud División de Salud y Ambiente Organización Panamericana de la Salud Organización Mundial de la Salud, México 1997.
18. Repetto M. *Toxicología Avanzada*, Ediciones Díaz de Santos, S.A. España 1995.
19. Evaluación de Riesgo en Salud por la Exposición a Residuos Peligrosos. Departamento de Salud Humana y Servicios de los

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

E.E.U.U. Servicio de Salud Pública. Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Atlanta, Georgia 30333. 1995.

20. Wasserman G.A., Liu X., Parvez F., Ahsan H., Factor-Litvak P., Van Geen A., Slavkovich V., Lalacono N.J., Cheng Z., Hussain I., Momotaj H. and Graciano J.H., 2004. *Water arsenic exposure and children's intellectual function in Araihasar, Bangladesh*. Environmental Health Perspective 112 (13) 1329-1333.
21. Moreno-Grau M. *Toxicología Ambiental. Evaluación de riesgo para la salud humana*, Mc Graw Hill Interamericana, España 2003
22. Díaz-Barriga F. *Metodología de Identificación y Evaluación de Riesgos para la Salud en Sitios Contaminados*, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Lima 1999.
23. Hodge, H.C. 1950. "The concentration of fluorides in drinking water to give the point of minimum caries with maximum safety". *J. Am. Dent. Assoc.* 40, 436
24. Tseng, W.P. 1977. "Effects and dose-response relationships of skin cancer and blackfoot disease with arsenic". *Environ. Health Perspect.* 109, 119.

Melissa Bocanegra Palazar

25. Del Razo L.M., Arellano M.A., Cebrián M.E., 1990. The oxidation status of arsenic in well-water from a chronic arsenicism area of northern Mexico. *Environ. Pollut.* 64, 143-153.
26. Cebrián M.E., Albores M.A., García-Vargas G., Del Razo L.M., Ostrosky-Wegman P., 1994. Chronic arsenic poisoning in humans. In: Nriagu, J.O. (Ed.), *Arsenic in the Environment, Part II: Human Health and Ecosystem Effects*. John Wiley, New York, pp. 93-107.
27. Wyatt C.J., Fimbres C., Romo L., Mendes R.O., Grijalva M., 1998. Incidence of heavy metal contamination in water supplies in Northern Mexico. *Environ. Res.* 76, 114-119.
28. Rocha Amador, D.O. 2005. "Efectos sobre el Sistema Nervioso Central por la exposición simultánea a Flúor y Arsénico" Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, UASLP, México.
29. NOM-014-SSA1-1993. "Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados". Diario Oficial de la Federación.
30. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation Washington, D.C., 1998.

Melissa Bocanegra Palazar

31. Appelo C., *Geochemistry, groundwater and pollution*. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. 1996
32. Norma Oficial Mexicana NOM-177-SSA1-1998. "Establece las pruebas y procedimientos para demostrar que un medicamento es intercambiable. Requisitos que deben sujetarse los terceros autorizados que realicen las pruebas". Diario Oficial de la Federación.
33. Internacional Conference on Harmonisation of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use. "Validation of Analytical Procedures: Methodology Q2B". 1996
34. Horwitz, W. 1982. *Analytical Chemistry*, 54 , 67 A.
35. García M.A., Soberon E., Cortés M., Rodríguez R., Herrera H.L., Alcántara A. *Guía de Validación de Métodos Analíticos*, Editada por el Colegio Nacional de Químicos Biólogos México A.C., México, 2002.
36. Rahman L., Corns W., Bryce P., Stockwell P. 2000. "Determination of mercury, selenium, bismuth, arsenic and antimony in human hair by microwave digestion atomic fluorescence spectrometry" *Talanta* 52, 833-843.
37. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) 1984. "Fluoride in urine" US Department of Health and Human Services, Manual of Analytical Methods. Third Ed. 11

Melissa Bocanegra Palazar

38. Salgado Bustamante M., 2005. "Análisis del perfil de expresión génica en linfocitos de individuos expuestos a Arsénico y Flúor". Tesis en revisión. UASLP, México.
39. Belson M.G., Schier J.G. and Patel MM, 2005. Case definitions for chemical poisoning. *MMWR* 54: 1-24.
40. Carrillo-Rivera J., Cardona A., Moss D., 1996. "Importance of the vertical component of groundwater flow: a hydrogeochemical approach in the valley of San Luis Potosi, Mexico", *Journal of Hydrology* 185, 23-44.
41. Pelallo Martínez N.A., 2001. "Comparación de la Concentración de Arsénico y Flúor en Agua de Pozo y Agua Embotellada en la Ciudad de Durango, Dgo. en las Diferentes Estaciones del Año". Tesis de Licenciatura en Q.F.B., UASLP, México.
42. Del Razo L.M., Corona J.C., García-Vargas G., Albores A. y Cebrián M.E., 1993. "Fluoride in well-water from a chronic arsenicism area of northern Mexico", *Environmental Pollution.*, 80, 91-94.
43. Calderón R.L., Hudgens E., Le X.Ch., Schreinermarchers D. and Thomas D.J. 1999. "Excretion of Arsenic in Urine as a Function of Exposure to Arsenic in Drinking Water" *Environ Health Perspect* 107: 663-667.

A N E X O 1

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Salazar

Sitios de muestreo y concentraciones de F⁻ y As encontradas en localidades de más de 500 habitantes en el Estado de San Luis Potosí

No Muni cipro	Municipio	Identificación de la muestra	Localidad	Número de habitantes	No control de laboratorio	N Latitud	E Longitud	Coordenadas UTM	temp. del agua (°C)	pH en campo	Fluoruros (mg/L)	Arsénico (µg/L)	
1	Ahualulco	Pozo	Cabecera Municipal	3695	28	22° 24.421'	101° 10.044'		26	7.2	0.9	38.88	
	Ahualulco	Pozo 13 de septiembre	Cabecera Municipal	3695	163	22° 23.823'	101° 10.099'	276920 2479284	29	6.5	0.77	22.58	
	Ahualulco	Pozo	Santa Teresa	624	164			261875 2479284	26	7	1.10	0.5	
	Ahualulco	Pozo	Paso Bonito	1084	165			266532 2477760	22	7	0.62	2.71	
	Ahualulco	Pozo	Cerrito de Rojas	1025	166			276037 2469994	28	7	0.51	10.58	
	Ahualulco	Pozo	Pedregal	377	167			278581 2483067	29	6.5	0.79	6.27	
	Ahualulco	Pozo calle 1885	Cabecera Municipal	3695	168	22° 24.421'	101° 10.044'	276805 2482877	29	7	0.98	36.52	
	Ahualulco	Pozo	Colonia de la Cruz	420	169			285814 24781800	28	7	0.96	1.98	
	Ahualulco	Grifo de tanque de distribución, se llena de los dos pozos	Cabecera Municipal	3695	179							0.94	32.63
	2	Alaquines	Cisterna de Bombeo	Cabecera Municipal	1188	47	22° 07.190'	99° 35.662'		19	7.2	0.1	0.5
3	Armadillo de los Infante	Manantial	Cabecera Municipal	1188	16	22° 13.212'	100° 38.440'		29	7.4	0.41	1.25	
	Armadillo de los Infante	Manantial, grifo	Cabecera Municipal	1188	196			329477 2460617			0.41	0.5	
	Armadillo de los Infante	Pozo-grifo	Pozo del Carmen	509	234			334541 2467558		7	0.52	6.88	
	Armadillo de los Infante	Pozo-pozo	La Concordia	699	197			334542 2467560	26	7	0.50	3.71	
4	Cárdenas	Pozo No 2	Cabecera Municipal	14738	45	21° 59.029'	099° 39.200'		20	8	0.29	0.5	
	Cárdenas	Pozo No 1	Cabecera Municipal	14738	46	21° 58.938'	099° 39.417'		22	7.4	0.38	0.5	
5	Cedral	Pozo No 19	Cabecera Municipal	9108	30	23° 50.191'	100° 43.838'		25	7.2	1.26	0.5	
	Cedral	Pozo No 16	Cabecera Municipal	9108	31	23° 50.191'	100° 44.339'		26	7	1.11	0.5	
	Cedral	Pozo No 14	Cabecera Municipal	9108	32	23° 50.460'	100° 44.339'		26	7	1.19	0.5	
	Cedral	Pozo No 11	San Pedro		33	23° 53.053'	100° 48.159'		23	7.2	0.38	0.5	
	Cedral	Pozo No 10	San Pedro		34	23° 53.122'	100° 47.914'		23	7	0.39	0.5	
	Cedral	Pozo No 18	San Pedro		35	23° 53.432'	100° 48.101'		23	7	0.38	1.25	
	Cedral	Pozo No 12	San Pedro		36	23° 53.313'	100° 48.376'		21	7.2	0.33	0.5	
	Cedral	Pozo No 3	San Isidro	895	58	23° 53.032'	100° 46.350'		24	7.6	0.37	2.61	
	Cedral	Pozo No. 4	San Isidro	895	59				23	7.4	0.41	0.5	
	6	Cerritos	Pozo de la Prepa	Cabecera Municipal	12932	41	22°25.418'	100° 17.404'		22	7	0.38	5.86
Cerritos		Pozo la Estación	Cabecera Municipal	12932	42	22° 25.144'	100° 17.170'		23	7	0.28	2.08	
Cerritos		Pozo Mezquites grandes	Cabecera Municipal	12932	43	22° 24.038'	100° 19.304'		21	7	0.47	9.95	
Cerritos		Pozo Villa Juárez	Cabecera Municipal	12932	44	22° 22.965'	100° 18.709'		22	7	0.53	8.34	
Cerritos		Pozo-pozo No 7- 5 de mayo	Cabecera Municipal	12932	216			367268 2480102	27	7	0.42	4.67	
Cerritos		Pozo-pozo No 5- Estación	Cabecera Municipal	12932	217			367676 2479561	26	7	0.30	1.8	
Cerritos		Pozo-pozo en Mezquites grandes	Cabecera Municipal	12932	218			363987 2477572	26	7	0.51	5.92	
Cerritos		Pozo-Tanque distribución	El Tepetate	204	220			362796 2480188		7	0.35	3.92	
Cerritos		Pozo-grifo	Derramaderos	646	221			368803 2490029		7.5	1.02	19.69	
Cerritos		Pozo-tambo	Ojo de Agua	1336	222			389798 2476432		7	1.20	2.21	
7	Cerro de San Pedro	Pozo	Cerro de San Pedro	90	11	22° 1.101'	100° 50.992'		30	8	0.50	10.84	
	Cerro de San Pedro	Pila	Portezuelos	1043	17	22° 10.230'	100°49.423'		30	8	0.56	7.55	
8	Charcas	Pozo No 2	Cabecera Municipal- callejones	10925	53	23° 01.916'	101° 04.304'		25	7	0.59	16.22	
	Charcas	Pozo No 1	Cañada Verde	703	54	23° 04.544'	101° 05.415'		26	7	0.77	24.86	

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

No Muni ciplo	Municipio	Identificación de la muestra	Localidad	Número de habitantes	No control de laborato rio	N Latitud	E Longitud	Coordenadas UTM		temp. del agua (°C)	pH en campo	Fluoruros (mg/L)	Arsénico (µg/L)
	Charcas	Pozo No 3	Ejido Hospital	172	55					20	7.2	0.88	0.5
	Charcas	Agua de pozo 3	Cabecera Municipal, Noria de Gutierrez	10925	170			273432	2482318	23	7	0.91	0.5
	Charcas	Pozo	Alvaro Obregón	728	171			291570	2554418	27	7	0.61	3.51
	Charcas	Pozo-grifo	Laguna Seca	83	189			299742	2571909	8	7	5.23	95.53
9	Ciudad del Maíz	Pozo la Pista	Cabecera Municipal	8129	39	22° 24.154'	99° 35.697'			20	7	0.25	0.5
	Ciudad del Maíz	Pozo el Orégano	Cabecera Municipal	8129	40	22° 23.491'	99° 35.697'			21	7	0.1	0.5
	Ciudad del Maíz	Pozo de la Secundaria	Cabecera Municipal	8129	48	22° 24.185'	99° 36.416'			21	7	0.1	0.5
10	Ciudad Fernández	Pozo No 2	El Refugio		49	21° 56.172'	100° 03.862'			21	7	0.1	3.14
	Ciudad Fernández	Pozo No 1 La Ladrillera	El Refugio		50	21° 56.349'	100° 03.240'			22	7.6	0.79	11.09
	Ciudad Fernández	Pozo No 12	El Refugio		62	21° 55.999'	100° 04.253'			27	6.8	1.43	2.73
	Ciudad Fernández	Pozo No 2	El Refugio		63	21° 55.448'	100° 02.985'			25	7.2	0.66	3.23
	Ciudad Fernández	Pozo No 3	El Refugio		64	21° 55.170'	100° 05.094'			24	7.2	0.34	7.14
	Ciudad Fernández	Pozo No 17	El Refugio		65	no hay				24	7.2	0.1	1.27
	Ciudad Fernández	Pozo No 9	El Refugio		67	21° 56.463'	100° 04.857'			23	7.2	0.43	3.56
	Ciudad Fernández	Pozo La Chilera	Ciudad Fernández	27066	68	21° 56.983'	100° 03.617'			24	7.2	0.93	10.29
	Ciudad Fernández	Pozo La Mezclita	El Refugio		69	21° 56.983'	100° 04.671'			27	7.2	1.15	3.15
	Ciudad Fernández	Pozo Adjuntas-Pila de distribución	Atotonilco	875	202			349932	2431963		7	0.42	0.5
	Ciudad Fernández	Pozo-Tambo solo 100 ml	Atotonilco	875	233						7	0.23	0.5
11	Guadalcázar	Pozo	Pozas de Santa Ana	847	21					28	7.2	0.53	24.92
	Guadalcázar	Pozo	Cabecera Municipal	1184	29	22° 36.996'	100° 23.644'			22	7.2	0.64	32.25
	Guadalcázar	Pozo	Cabecera Municipal	1184	91							0.64	35.1
	Guadalcázar	Pozo	Los Amoles	492	92	22° 59.48'	100° 19.638'					0.37	0.5
	Guadalcázar	Noria	Norias del Conde	93	93	23° 00.886'	100° 28.325'					3	23.94
	Guadalcázar	Pozo	Abrego	483	94	22° 38.541'	100° 22.328'					0.1	1.48
	Guadalcázar	Agua de Pileta de distribución	El Peyote	516	112			335098	2506017	20	7	0.84	8.04
	Guadalcázar	Pozo Sr. Antonio Hernández	Cabecera Municipal	1184	113			356747	2501554	22	7	1.28	50.73
	Guadalcázar	Pozo La Palma	Cabecera Municipal	1184	114			357025	2502010	22	6	0.68	40.93
	Guadalcázar	Pozo	Abrego	483	152			359036	2504374	27	7	0.19	7.15
	Guadalcázar	Pozo	El Milagro	1070	153					27	7	3.11	16.2
	Guadalcázar	Pozo	La Verdolaga	3	154	22° 53.045'	100° 27.936'			28	9	2.07	0.5
	Guadalcázar	Pozo 1	Charco Cercado	868	155					25	8	0.77	12.56
	Guadalcázar	Pozo 2	Charco Cercado	868	156					25	9	0.65	0.5
	Guadalcázar	Pozo 1	El Fraile	156	228					30	8	0.25	0.5
	Guadalcázar	Pozo 2	El Fraile	156	229					23	8	0.31	0.5
	Guadalcázar	Tanque de rebombeo	El Jilote	242	230					24	8	3.44	3.2
	Guadalcázar	Pozo	San Juan sin agua	495	231					27	8	1.96	1.02
	Guadalcázar	Pozo No 2	Cabecera Municipal	1184	232					22		1.38	75.5
12	Mexquitic de Carmona	Pila	Cabecera Municipal	924	22					26	6.8	1.17	10.53
	Mexquitic de Carmona	Pozo	San Francisco	935	95			286660	2479337	25	7	0.27	0.5
	Mexquitic de Carmona	Pozo	El Palmar Segundo	320	107			282867	2470770	29	7	1.26	9.87
	Mexquitic de Carmona	Presa de Mexquitic	Cabecera Municipal	924	108			281111	2463572	21	7	0.33	0.5
	Mexquitic de Carmona	Pozo	Corte Primero	1875	109			281820	2472249	26	7	1.16	7.19
	Mexquitic de Carmona	Pozo	Corte Segundo	1342	110			278649	2474535	22	7	1.09	7.52
	Mexquitic de Carmona	Pozo	Estanzuela	1175	111			294306	2465905	29	7	0.72	3.98
	Mexquitic de Carmona	Pozo	San Pedro Ojo Zarco	679	115			294778	2469408	26	7	0.59	2.83
	Mexquitic de Carmona	Pileta de Distribución	La Tapona	806	116			270964	2459499	22	7	2.26	19.26
	Mexquitic de Carmona	Pozo Segundo	Guadalupe Victoria	1079	117			286039	2452206	18	6	0.22	0.5

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Salazar

No Muni- cipio	Municipio	Identificación de la muestra	Localidad	Número de habitantes	No control de laborato- rio	N Latitud	E Longitud	Coordenadas UTM		temp. del agua (°C)	pH en campo	Fluoruros (mg/L)	Arsénico (µg/L)
		Sector											
	Mexquitic de Carmona	Pozo Primer Sector	Guadalupe Victoria	1079	118			286612	2451789	16	7	0.77	61.61
13	Moctezuma	Pozo- Galería Ojo de agua	Cabecera Municipal Galería Ojo de Agua	3845	176			284819	2516602	25	7	1.08	3.67
	Moctezuma	Pozo de Morados	Cabecera Municipal	3845	177			284132	2510477	29	7	0.95	3.33
	Moctezuma	Pozo-grifo dom	Morterillos	251	203			286809	2512535	7	7	0.63	1.08
	Moctezuma	Pozo-grifo dom	Estación Moctezuma	282	204			292432	2519618	7	7	1.70	0.5
	Moctezuma	Pozo-grifo dom	Barrancas	339	205			295855	2515241	7	7	0.96	1.68
14	Rayón	Pozo No 3	Potrero del Rincón	70	70	21°49.362'	100° 38.055'			22	7.6	0.4	0.5
	Rayón	Pozo No 2	Plan de Rayón	5093	71	21° 49.961'	099° 37.621'			26	7.6	0.58	0.5
	Rayón	Pozo No 1	Plan de Rayón	5093	72					24	7.6	0.43	0.5
15	Real de Catorce	Manantial El Lucero	Cabecera Municipal	1051	235	23° 40.767'	100° 53.352'			19.4	6.46	0.13	0.002
	Real de Catorce	Almacenamiento de los manantiales	Cabecera Municipal	1051	236	23° 41.013'	100° 53.476'			20.8	7.06	0.14	0.002
	Real de Catorce	Manantial el chorrillo del panteón	Cabecera Municipal	1051	237	23° 41.754'	100° 53.324'			21.6	7.34	0.18	0.002
16	Rioverde	Pozo San Martín	San Martín	858	66	21° 56.527'	100° 06.141'			25	6.8	0.31	3.45
17	Salinas de Hidalgo	Pozo	Cabecera Municipal	13432	74					24	7.2	1.6	19.3
	Salinas de Hidalgo	Pozo	Las Colonias	779	80			299550	2447943	22	7	1.5	23.97
	Salinas de Hidalgo	Pozo Esc. Primaria Benito Juárez	Las Colonias	779	81			212797	2497091	24	6	1.8	17.08
	Salinas de Hidalgo	Tinaco Esc. Primaria Netzahualcoyotl	Conejillo	500	82			212887	2491187			1.39	24.87
	Salinas de Hidalgo	Pozo	San Isidro del Peñón Blanco	332	83			212729	2488311	21	7	0.84	5.17
	Salinas de Hidalgo	Pozo	San José de Punteros	650	84			214358	2518185	19	7	0.59	2.19
	Salinas de Hidalgo	Pozo	Ejido El Potro	393	85			218734	2507932	21	7	1.16	12.71
	Salinas de Hidalgo	Pozo No. 1	Cabecera Municipal	13432	86	22° 39.224'	101° 43.002'	220838	2507530	22	7	1.57	22.53
	Salinas de Hidalgo	Pozo No. 2	Cabecera Municipal	13432	87	22° 37.399'	101° 42.144°	222240	2504140	21	7	1.79	8.79
	Salinas de Hidalgo	Pozo	La Reforma	788	88			228338	2518894	31	9	4.32	41.75
18	San Ciró de Acosta	Pozo No 1 Los Aguacates	Cabecera Municipal	6509	61	21° 39.774'	99° 50.371'			23	7.6	0.1	1.3
19	San Nicolás Tolentino	Manantial, grifo	Cabecera Municipal		198			335902	2472769		7	0.40	0.5
	San Nicolás Tolentino	Pozo ojo de agua uso	Ojo de Agua		199			345638	2455218		7	0.40	4.06
	San Nicolás Tolentino	Pozo ojo de agua consumo	Ojo de Agua		200			345638	2455218		7	0.34	0.5
	San Nicolás Tolentino	Pozo Las Moras-Grifo	Santa Catarina		201			345636	2455222		7	0.26	0.5
20	Santa María del Río	Pozo No 5	Cabecera Municipal	11629	12	21° 48.836'	100° 43.878'			28	6.8	0.62	1.66
	Santa María del Río	Pozo No 4	Cabecera Municipal	11629	13					22	6.8	0.80	5.9
	Santa María del Río	Pozo No 2	Cabecera Municipal	11629	14	21° 48.018'	100° 45.296'			23	8	0.78	1.06
	Santa María del Río	Pozo No 1	Santo Domingo	11629	15	23° 19.680'	101° 44.047'			20	7.6	2.74	19.08
	Santa María del Río	Pozo No 1	Cabecera Municipal	11629	26	21° 47.407'	100° 44.378'			22	6.8	0.82	1.89
	Santa María del Río	Pozo No 2	Cabecera Municipal	11629	27	21° 48.018'	100° 45.296'			30	6.8	0.86	1.05
	Santa María del Río	Mezcla Presa y Manantial	San José Alburquerque	380	133			346675	2416608	20	7.5	1.42	0.5
	Santa María del Río	Presa	San José Alburquerque	380	134			346675	2416608	20	7	0.70	0.5
	Santa María del Río	Pozo	Cañada de Yañez	1073	135			329078	2413667	29	7	0.68	2.75
	Santa María del Río	Pozo-Agua de grifo	Santo Domingo		136						8	2.85	14.54
	Santa María del Río	Agua de grifo	La Hierbabuena	927	137							0.29	0.5

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Salazar

No Muni ciplo	Municipio	Identificación de la muestra	Localidad	Número de habitantes	No control de laborato rio	N Latitud	E Longitud	Coordenadas UTM		temp. del agua (°C)	pH en campo	Fluoruros (mg/L)	Arsénico (µg/L)
	Santa María del Río	Pozo	Villela	765	138			320050	2397007	26	8.5	0.67	4.81
	Santa María del Río	Pileta de distribución	El Fuerte	1611	139			327512	2401358	28	7	2.91	4.82
	Santa María del Río	Agua de grifo	Enramadas	54	140							2.16	2.35
	Santa María del Río	Pozo que surte a Enramadas	Ojocaliente	1558	141			318637	2417728	33	7	2.14	2.16
	Santa María del Río	Pozo Junta Rural	Ojocaliente	1558	142			318891	2417249	32	6.5	2.11	2.28
	Santa María del Río	Pozo frente al Balneario	Ojocaliente	1558	143			317980	2417054	30	7	1.95	2.3
	Santa María del Río	Pozo No. 2	Cabecera Municipal	11629	144			318608	2411548	31	7	0.93	0.5
	Santa María del Río	Pozo No. 3 (Galera)	Cabecera Municipal	11629	145			319190	2411774	27	7	0.68	0.5
	Santa María del Río	Pozo No. 4	Cabecera Municipal	11629	146			320181	2410405	31	7	0.72	0.5
	Santa María del Río	Pozo No. 5	Cabecera Municipal	11629	147			321071	2413036	30	7	0.92	4.08
21	Santo Domingo	Pileta de Distribución	Cabecera Municipal de Santo Domingo	712	157			219582	2581877	24	7	4.81	62.18
	Santo Domingo	Pozo-Agua de grifo	Santa Matilde	733	158			210225	2582929		7	2.35	49
	Santo Domingo	Pileta de Distribución	San Juan del Salado	486	159			199672	2580790			2.84	24.18
	Santo Domingo	Pileta de Distribución	Illescas	1891	160			791034	2572469		7	1.82	54.31
	Santo Domingo	Pileta de Distribución	Zancarrón	621	161			782973	2587883		7	1.89	1.39
	Santo Domingo	Pozo-Agua de grifo	Jesús María	1832	162			787576	2563340		7	1.40	26.15
	Santo Domingo	Pozo	La Providencia	829	215							0.63	57.65
22	Tierra Nueva	Pozo No 1	Cabecera Municipal	5154	6					19	7.2	1.08	2.84
	Tierra Nueva	Pozo No 2	Cabecera Municipal	5154	7					20	7.2	0.73	1.49
	Tierra Nueva	Pozo No 3	Cabecera Municipal	5154	8					20	7.2	1.09	3.41
	Tierra Nueva	Pozo No 4	Cabecera Municipal	5154	9					20	7.2	1.09	3.87
	Tierra Nueva	Pozo No. 1	Cabecera Municipal	5154	148			337716	2396764	21	7	0.75	0.5
	Tierra Nueva	Pozo No. 2	Cabecera Municipal	5154	149			337478	2396368	21	7	0.79	0.5
	Tierra Nueva	Pozo Hacienda Vieja	Hacienda vieja	529	150			333063	2401444	26	7	1.04	6.81
	Tierra Nueva	Agua de Grifo	El Patol	407	151			332027	2400714	27	7	1.34	4.28
23	Vanegas	Pozo No 21	San Juan	224	37	23° 52.699'	100° 49.221'			20	7	0.47	0.5
	Vanegas	Pozo No 17	Los Metates		38	23° 53.292'	100° 50.760'			21	7	0.47	0.5
	Vanegas	Agua de pozo	Cabecera Municipal	2468	56					24	7.4	1.15	10.88
	Vanegas	Agua de pozo	Cabecera Municipal	2468	57					23	7.2	0.1	0.5
24	Venado	Pozo No 3	Cabecera Municipal	4754	51	22° 55.555'	101° 05.771'			24	7	0.1	0.5
	Venado	Pozo No 1	Cabecera Municipal	4754	52					20	7.2	0.1	0.5
	Venado	Grifo- Pozo	Guanamé	428	172			269277	2530938		7	0.48	1.76
	Venado	Grifo-Pozo	Los Remedios	350	173			263063	2536247		7	0.93	9.98
	Venado	Grifo-Pozo	Polocote de Arriba	566	174			281729	2540401		7	0.19	1.87
	Venado	Grifo-Pozo	Santa Rita	513	175			291389	2538446		7	0.61	3.77
25	Villa Hidalgo	Tanque de distribución	Cabecera Municipal		180			276806	2478186		6.5	1.07	6.08
	Villa Hidalgo	Pila de distribución	Cabecera Municipal		77					22	7.6	1.05	5.58
	Villa Hidalgo	Pozo	Valle de San Juan		181			337880	2477532	27	7	0.65	3.01
	Villa Hidalgo		Tanquito		194			341732	2557058		7	0.84	0.5
	Villa Hidalgo	Pozo	Corcovada		195			325696	2477701		7	0.91	0.5
26	Villa de Arista	Pozo-Tanque distribución	Cabecera Municipal		206			309766	2504448		7	0.69	3.17
	Villa de Arista	Pozo-grifo dom	Derramaderos	6262	1235			301415	2497185		7	0.88	1.92
	Villa de Arista	Pozo-grifo dom	San José del Arbolito		486			3010127	2508798		7	0.80	10.23
	Villa de Arista	Pozo-grifo dom	Salitrillos		768			322494	2505511		7	0.73	4.44

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Salazar

No Muni- cipio	Municipio	Identificación de la muestra	Localidad	Número de habitantes	No control de laborato- rio	N Latitud	E Longitud	Coordenadas UTM		temp. del agua (°C)	pH en campo	Fluoruros (mg/L)	Arsénico (µg/L)
	Villa de Arista	Pozo-grifo dom	El Charquito	588	210			325902	2502961		7.5	0.46	9.98
27	Villa de Arriaga	Pozo Colorado	Cabecera Municipal	4471	18	21° 56.127'	101° 22.438'			29	7.2	1.36	10.37
	Villa de Arriaga	Pozo Gallinas	Cabecera Municipal	4471	19	21° 57.274'	101° 24.237'			20	6.8	0.59	1.74
	Villa de Arriaga	Pozo Laborcilla	Cabecera Municipal	4471	20	21° 53.313'	101° 19.527'			31	7.2	4.82	15.43
	Villa de Arriaga	Pozo	San Francisco	1283	73	21° 59.775'	101° 09.695'			30	7.2	2.11	3.52
	Villa de Arriaga	Agua de Grifo (Mezcla del Pozo Colorado y Pozo Santa Rosa de Gallinas)	Cabecera Municipal	4471	124			253635	2424615	22	7	1.00	5.35
	Villa de Arriaga	Noria	San Luis Gonzaga	642	125			263450	2442245	16	7	0.41	4.1
	Villa de Arriaga	Pileta del Kinder	El Tepetate	1180	126			268630	2435840	15	7	0.64	5.03
	Villa de Arriaga	Pozo-Agua de Grifo	San Antonio	777	127			275729	2441047	16	7	0.58	2.88
	Villa de Arriaga	Afloramiento o manantial	San José de la Purísima	569	128			272664	2441314	19	7	0.44	0.5
28	Villa de Guadalupe	Pozo-grifo	Jarillas	328	186			321178	2617424		6.5	1.03	25
	Villa de Guadalupe	Noria La Sierpe- Tambo	Zaragoza de Solís	708	187			312875	2571664			0.65	5.18
	Villa de Guadalupe	Pila de Almacenamiento	Santa Isabel	469	188			312819	2572070			0.94	14.33
	Villa de Guadalupe	Pozo-grifo	Rancho Alegre	475	190			311756	2575574		7	0.99	4.22
	Villa de Guadalupe	Manantial ojo de agua de Rodríguez	Cabecera Municipal	1019	191			319993	2585940	33	7	0.99	0.5
	Villa de Guadalupe	Pozo	Cabecera Municipal	1019	192			319973	2585940	23	7	0.96	5.53
	Villa de Guadalupe	Pozo	Vallejos	81	193			341732	2557057	28	7	3.42	60.82
	Villa de Guadalupe	Pozo-grifo	Palo Blanco	248	211			337448	2557043		7	1.89	0.5
	Villa de Guadalupe	Pozo	San Francisco	367	212			337445	2557044	31	7.5	1.61	6.75
	Villa de Guadalupe	Pozo-tanque	Santa Teresa	500	213			3441571	2545828		6.5	2.28	8.35
	Villa de Guadalupe	Pozo-tambo solo 100 ml	La Macita-Santa Rosa	396	214							1.32	5.24
29	Villa de la Paz	Pozo No 2	La Boca	399	60					26	7.2	0.3	0.5
	Villa de la Paz	Pozo	El Blanco		183			322972	2625989	26	7	0.37	0.5
	Villa de la Paz	Pozo	La Boca	399	184			323916	2616711	26	7	0.31	0.5
	Villa de la Paz	Pozo	Limonés	311	185			321178	2617423	22	7	0.27	0.5
30	Villa de Ramos	Pozo	Cabecera Municipal	2254	1	22° 49.296'	101° 56.966'			26	7.2	0.40	25.87
	Villa de Ramos	Jardín de niños Gonzalez Bocanegra	Salitral de Carrera	3991	2	22° 51.828'	102° 04.821'			27	7.6	5.43	150.7
	Villa de Ramos	Tanque de distribución	Salitral de Carrera	3991	3	22° 51.992'	102° 05.876'			25	7.6	5.44	148.95
	Villa de Ramos	Escuela primaria Ignacio Zaragoza	El Barril	3677	4	23° 04.				26	7.6	1.55	56.14
	Villa de Ramos	Pozo	El Zacatón	5684	5	22° 48.402'	102° 01.991'			24	7.6	3.26	47.39
	Villa de Ramos	Pozo	Los Hernández	2555	79	23° 00.641'	102° 00.859'			25	7	0.78	19.63
	Villa de Ramos	Pozo-Agua de grifo	El Naranjal	317	89							1.68	23.23
	Villa de Ramos	Pozo-Agua de grifo	El Sauz	988	90							2.62	44
	Villa de Ramos	Pozo-Agua de Grifo	La Hediondilla	101	119							2.42	19.51
	Villa de Ramos	Pozo Sr. Francisco Castillo	La Hediondilla	101	120			207099	2526017	16	7	2.06	43.95
	Villa de Ramos	Pozo	Cabecera Municipal	2254	121			197282	2526588	25	7	0.42	24.34
	Villa de Ramos	Pileta de Distribución	La Dulcita	790	122			194669	2532692	19	7	1.56	42.39
	Villa de Ramos	Noria	Santa Lucía	731	123			200101	2522290	18	7	1.22	30.63
	Villa de Ramos	Pozo 1	Dulce Grande	5216	129			790018	2546484	24	7	1.45	51.36
	Villa de Ramos	Pozo 2	Dulce Grande	5216	130			788952	2545799	28	6.5	1.02	18.11

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Salazar

No Muni- cipio	Municipio	Identificación de la muestra	Localidad	Número de habitantes	No control de laborato- rio	N Latitud	E Longitud	Coordenadas UTM		temp. del agua (°C)	pH en campo	Fluoruros (mg/L)	Arsénico (µg/L)
	Villa de Ramos	Pozo	Yoliatl	502	131			224598	2534263	23	7	2.28	18.29
	Villa de Ramos	Depósito	La Herradura	1842	132			218968	2549765	24	8	1.48	0.5
31	Villa de Reyes	Pozo	Cabecera Municipal- Camino a Rusias	8447	23					28	7.8	2.49	9.29
	Villa de Reyes	Pozo	Cabecera Municipal- CONALEP	8447	24	21° 47.760'	100° 56.639'			26	8	2.54	9.16
	Villa de Reyes	Pozo	El Calvario	25	75	21° 48.685'	100° 55.545'			26	7.2	2.36	8.9
	Villa de Reyes	Pozo	Jesús María	166	75	21° 55.167'	100° 54.755'			26	6.8	0.53	1.08
	Villa de Reyes	Pozo	Laguna de San Vicente	2749	76	21° 56.887'	100° 50.909'			26	7.2	1.82	6.42
	Villa de Reyes	Pozo	El Calvario	96	96			301003	2414989	25	6	2.38	7.67
	Villa de Reyes	Pozo	Cabecera Municipal- CONALEP	8447	97			299072	2411313	29	7	2.64	7.33
	Villa de Reyes	Pozo	El Rosario	2721	98	21° 44.197'	100° 56.204'	299774	2404715	40	7	2.79	8.07
	Villa de Reyes	Pozo	Cabecera Municipal- Camino a Rusias	8447	99			298131	2411157	25	7	2.61	7.46
	Villa de Reyes	Pozo	La Ventilla	1650	100			290663	2408349	27	6	2.91	0.5
	Villa de Reyes	Pozo	Carranco	1592	101			283858	2439322	31	7	3.38	5.89
	Villa de Reyes	Pozo	Bledos	1963	102			281506	2417562	24	6	1.77	7.73
	Villa de Reyes	Pozo	Saucillo	1402	103			294302	2414875	24	7	1.05	1.24
	Villa de Reyes	Pozo-Agua de Grifo	Gogorrón	1186	104			302015	2416015			2.07	5.27
	Villa de Reyes	Pozo	Socavón	1237	105			306643	2417285	25	7	2.34	3.44
	Villa de Reyes	Pozo	Pardo	2090	106			307911	2421279	22	6	0.35	3.78
32	Villa de Zaragoza	Pozo	Labor de Milpillas	10	10	22° 02.127'	100° 47.625'			32	7.6	1.51	13.24
	Villa de Zaragoza	Pozo-grifo	Texas, Villa de Zaragoza	732	182			319453	2427257		7	1.97	5.08
	Villa de Zaragoza	Pozo-grifo	Cerro Gordo	1538	224			313544	2430899		7	2.20	7.26
	Villa de Zaragoza	Pozo-grifo	La Esperanza	1839	225			317705	2434589		7	1.73	10.42
	Villa de Zaragoza	Pozo-grifo	San José de Gómez	978	226			3223682	2446869		7	0.92	0.5
	Villa de Zaragoza	Pozo en Santa Rita	Xoconostle	763	227			320009	2444590		7.5	2.24	14.05
33	Villa Juárez	Pozo-pozo Mezquites chicos	Cabecera Municipal	7975	219			0364983	2475581	26	7	0.57	7.21
	Villa Juárez	Pozo-Tambo solo 100 ml	La Gavia		223							1.62	7.69

Características fisicoquímicas de muestras de agua colectadas en localidades de más de 500 habitantes en el Estado de San Luis Potosí.

Municipio	Localidad	pH	Cond. Eléctrica	Color Aparente	Sólidos Totales	Alcalinidad Total	Dureza total	Dureza de Calcio	Dureza de Magnesio	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Carbonatos	Bicarbonatos	Cloruros	Sulfatos	Nitratos
		u. de pH	mmhos/cm	Pt - Co	mg/l			mg/l CaCO3		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Ahualulco	Cabecera Municipal	7.82	353	< 2.5	300.0	116.22	160.0	128.0	32.0	46.3	13.6	51.27	7.78	0.0	141.79	12.61	21.32	
Ahualulco	Cabecera Municipal	8.36	348		176	199.71	117.60	105.84	11.76	54.00	6.50	42.34	2.86	0.00	243.65	9.68	19.00	2.8
Ahualulco	Santa Teresa	8.48	559		279	277.38	205.43	110.00	95.43	72.00	10.50	44.00	23.20	13.32	311.33	25.16	24.00	1.3
Ahualulco	Paso Bonito	8.38	663		331	266.28	314.64	255.00	59.64	35.00	5.30	102.00	14.50	0.00	324.86	9.68	107.90	4.6
Ahualulco	Cerrito de Rojas	8.46	323		162	188.62	147.00	117.60	29.40	42.00	6.00	47.04	7.15	13.32	203.04	7.74	13.00	2.1
Ahualulco	Pedregal	8.33	683		340	255.19	221.13	180.00	41.13	90.00	6.80	72.00	10.00	0.00	311.33	25.16	91.25	2.8
Ahualulco	Cabecera Municipal	8.38	349		174	177.52	88.20	76.44	11.76	53.00	13.30	30.58	2.86	0.00	216.57	17.42	19.00	1.9
Ahualulco	Colonia de la Cruz	8.29	622		311	233.00	188.57	175.00	13.57	80.00	7.50	70.00	3.30	0.00	284.25	15.49	90.00	4
Ahualulco	Cabecera Municipal																	
Alaquines	Cabecera Municipal	7.11	600	< 2.5	-	294.49	286.0	280.0	6.0	12.5	4.0	112.16	1.46	0.0	359.28	7.21	9.36	
Armadillo de los Infante	Cabecera Municipal	7.2	537	< 2.5	222.0	274.67	161.62	90.91	70.71	23.8	9.1	36.41	17.19	0.0	334.97	7.90	5.40	
Armadillo de los Infante	Cabecera Municipal	8.34	560		279	366.14	323.40	211.68	111.72	24.00	6.70	84.67	27.16	0.00	446.68	5.81	8.00	
Armadillo de los Infante	Pozo del Carmen	8.37	595		297	221.9	145.56973	117.6	27.96973	67.00	23.90	47.04	6.80	0.00	270.72	11.61	37.00	2.8
Armadillo de los Infante	La Concordia	8.29	807		403	221.90	246.96	229.32	17.64	78.00	11.80	91.73	4.29	0.00	270.72	17.42	130.00	9.3
Cárdenas	Cabecera Municipal	7.82	850	< 2.5	438.0	287.80	362.0	244.0	118.0	49.2	12.5	97.74	28.68	0.0	351.11	44.60	45.18	8
Cárdenas	Cabecera Municipal	7.50	683	< 2.5	335.0	268.84	260.0	174.0	86.0	48.3	16.0	69.70	20.90	3.4	327.98	26.50	18.97	
Cedral	Cabecera Municipal	7.27	1594	< 2.5	1334.0	173.31	965.0	730.0	235.0	16.0	3.0	292.41	57.12	0.0	211.44	10.19	1298.67	
Cedral	Cabecera Municipal	7.31	1412	< 2.5	1108.0	173.31	780.0	650.0	130.0	16.7	3.0	260.36	31.60	0.0	211.44	7.58	651.09	
Cedral	Cabecera Municipal	7.26	1405	< 2.5	1154.0	173.31	830.0	720.0	110.0	14.2	2.0	288.40	26.74	0.0	211.44	8.10	676.00	
Cedral	San Pedro	7.77	1607	< 2.5	600.0	168.21	406.0	320.0	86.0	20.3	4.0	128.18	20.90	0.0	205.22	7.19	256.07	
Cedral	San Pedro	7.35	827	< 2.5	583.0	164.13	390.0	322.0	68.0	21.6	4.0	128.98	16.53	0.0	200.24	7.65	348.60	
Cedral	San Pedro	7.31	827	< 2.5	596.0	168.21	390.0	322.0	68.0	23.8	5.0	128.98	16.53	0.0	205.22	8.30	366.39	
Cedral	San Pedro	7.84	807	< 2.5	587.0	172.29	402.0	306.0	96.0	24.0	6.0	122.57	23.33	0.0	210.19	6.73	341.56	
Cedral	San Isidro	7.32	1133	< 2.5	1012.0	166.24	397.98	278.79	119.19	20.8	20.0	111.67	28.97	1.93	202.81	10.15	791.91	
Cedral	San Isidro	7.56	710	< 2.5	549.0	152.30	323.23	242.42	80.81	12.5	10.0	97.10	19.64	1.93	185.80	8.88	370.94	
Cerritos	Cabecera Municipal	7.41	840	< 2.5	600.0	229.79	496.0	416.0	80.0	6.7	14.0	166.63	19.44	0.0	280.35	10.36	223.53	
Cerritos	Cabecera Municipal	7.50	621	< 2.5	302.0	249.87	350.0	304.0	46.0	4.2	8.0	121.77	11.18	0.0	304.84	9.18	144.09	
Cerritos	Cabecera Municipal	7.67	1075	< 2.5	785.5	213.06	620.0	512.0	108.0	7.5	12.5	205.09	26.25	0.7	259.93	10.49	365.88	
Cerritos	Cabecera Municipal	7.52	885	< 2.5	562.0	213.06	492.0	382.0	110.0	5.8	10.0	153.01	26.74	0.0	259.93	9.64	263.27	
Cerritos	Cabecera Municipal	8.13	930		464	277.38	529.20	505.68	23.52	6.00	2.50	202.27	5.72	0.00	338.40	7.74	205.00	
Cerritos	Cabecera Municipal	8.16	652		326	310.66	411.60	382.20	29.40	3.00	1.50	152.88	7.15	0.00	379.01	7.74	78.00	3.1

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

Municipio	Localidad	pH	Cond. Eléctrica	Color Aparente	Sólidos Totales	Alcalinidad Total	Dureza total	Dureza de Calcio	Dureza de Magnesio	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Carbonatos	Bicarbonatos	Cloruros	Sulfatos	Nitratos
		u. de pH	mmhos/cm	Pt - Co	mg/l		mg/l CaCO3	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	Mg/l
Guadalcázar	Los Amoles	8.36	383	< 2.5	-	179.87	160.27	120.20	40.07	16.6	3.0	48.15	9.74	0.15	219.44	17.31	6.26	
Guadalcázar	Norias del Conde	7.82	1160	< 2.5	1132.0	154.94	656.00	576.00	80.00	16.0	7.5	230.72	19.44	0.15	189.03	18.80	564.84	
Cerritos	Cabecera Municipal	8.01	1110		553	266.28	823.20	729.12	94.08	6.00	3.40	291.65	22.87	0.00	324.86	7.74	470.00	3
Cerritos	El Tepetate	8.25	595		296	321.76	317.78	282.50	35.28	5.00	2.60	113.00	8.58	0.00	392.54	9.68	8.00	3.1
Cerritos	Derramaderos	8.21	619		307	277.38	246.96	164.64	82.32	39.00	5.50	65.86	20.01	0.00	338.40	11.61	37.00	7.8
Cerritos	Ojo de Agua	8.14	1786		890	221.90	1311.24	958.44	352.80	68.00	5.20	383.38	85.77	0.00	270.72	71.62	1020.00	9.1
Cerro de San Pedro	Cerro de San Pedro	7.8	275	< 2.5	194.0	109.62	87.88	83.84	4.04	28.1	12.9	33.58	0.98	1.2	133.74	10.79	7.81	1.4
Cerro de San Pedro	Portezuelos	7.6	288	< 2.5	187.0	114.74	78.79	75.76	3.03	31.4	7.0	30.35	0.74	0.0	139.99	9.96	9.78	
Charcas	Cabecera Municipal-callejones	7.61	533	< 2.5	-	104.03	182.83	136.36	46.47	13.3	12.5	54.62	11.29	1.93	126.92	50.26	73.71	
Charcas	Cañada Verde	8.04	506	< 2.5	368.0	155.51	143.43	106.06	37.37	24.6	8.8	42.48	9.08	5.79	189.73	30.71	61.20	
Charcas	Ejido Hospital	7.87	588	< 2.5	387.0	230.59	244.44	121.21	123.23	9.2	40.9	48.55	29.95	7.08	281.32	18.28	34.35	
Charcas	Cabecera Municipal, Noria de Gutierrez	7.12	593		292	258.56	293.64	125.00	168.64	26.00	20.00	50.00	41.00	19.39	276.01	16.25	37.00	
Charcas	Ávaro Obregón	7.42	657		326	258.56	363.13	322.00	41.13	21.00	6.00	128.80	10.00	19.39	276.01	28.43	115.00	6.5
Charcas	Laguna Seca	8.56	1068		533	288.48	35.28	23.52	11.76	210	7.30	9.41	2.86	13.32	324.86	29.04	155.00	3.3
Ciudad del Maíz	Cabecera Municipal	7.50	541	< 2.5	185.0	278.32	254.0	230.0	24.0	20.8	8.0	92.13	5.83	0.0	339.55	8.17	9.84	5.7
Ciudad del Maíz	Cabecera Municipal	7.60	527	< 2.5	187.0	262.14	254.0	230.0	24.0	20.8	8.0	92.13	5.83	0.0	319.81	8.00	11.02	
Ciudad del Maíz	Cabecera Municipal	7.13	895	< 2.5	480.0	232.02	370.0	358.0	12.0	24.6	10.0	143.40	2.92	0.0	283.07	56.93	28.82	
Ciudad Fernández	El Refugio	7.41	493	< 2.5	258.0	179.60	236.0	210.0	26.0	12.5	10.0	84.12	6.32	0.0	219.11	7.02	46.25	
Ciudad Fernández	El Refugio	7.76	621	< 2.5	318.7	190.75	270.0	226.0	44.0	20.0	11.3	90.53	10.69	3.4	232.72	9.31	108.65	
Ciudad Fernández	El Refugio	7.57	1757	< 2.5	1630.0	235.95	909.09	856.56	52.53	13.1	12.5	343.10	12.77	5.80	287.86	7.61	1178.89	
Ciudad Fernández	El Refugio	7.80	1020	< 2.5	821.0	201.63	517.17	460.61	56.56	16.4	11.3	184.50	13.75	6.43	245.99	7.30	537.00	
Ciudad Fernández	El Refugio	7.62	718	< 2.5	668.0	184.47	311.11	242.42	68.69	10.8	6.3	97.10	16.70	1.29	225.05	10.41	243.48	
Ciudad Fernández	El Refugio	7.87	415	< 2.5	321.0	183.40	191.92	126.26	65.66	10.8	6.3	50.57	15.96	7.08	223.74	7.81	23.68	
Ciudad Fernández	El Refugio	7.99	471	< 2.5	345.0	184.47	171.72	106.06	65.66	23.1	17.5	42.48	15.96	6.43	225.05	8.25	29.16	
Ciudad Fernández	Ciudad Fernández	7.36	1307	< 2.5	1109.0	189.83	654.54	577.78	76.76	26.9	12.5	231.44	18.66	0.30	231.60	18.15	740.69	
Ciudad Fernández	El Refugio	7.69	1339	< 2.5	1162.0	227.37	739.39	606.06	133.33	13.1	11.3	242.76	32.41	0.30	277.39	8.25	790.72	
Ciudad Fernández	Atotonilco	8.29	625		312	343.95	319.82	237.50	82.32	37.00	2.80	95.00	20.01	13.32	392.54	5.81	58.10	1.6
Ciudad Fernández	Atotonilco																	
Guadalcázar	Pozas de Santa Ana	7.49	767	< 2.5	612.0	154.96	238.0	131.0	107.0	70.0	17.9	52.47	26.01	0.0	189.05	19.21	90.36	
Guadalcázar	Cabecera Municipal	7.19	558	< 2.5	410.0	162.09	276.0	200.0	76.0	7.5	1.0	80.11	18.47	0.0	197.75	12.48	34.13	
Guadalcázar	Cabecera Municipal	7.50	434	< 2.5	379.0	154.45	233.39	230.39	3.00	7.5	1.5	92.28	0.73	0.15	188.43	17.31	35.87	

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

Municipio	Localidad	pH	Cond. Eléctrica	Color Aparente	Sólidos Totales	Alcalinidad Total	Dureza total	Dureza de Calcio	Dureza de Magnesio	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Carbonatos	Bicarbonatos	Cloruros	Sulfatos	Nitratos
		u. de pH	mmhos/cm	Pt - Co	mg/l		mg/l CaCO3	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Guadalcázar	Abrego	7.22	479	< 2.5	320.0	183.78	205.00	192.00	13.00	11.0	2.0	76.91	3.16	0.15	224.21	20.03	9.70	
Guadalcázar	El Peyote	8.04	625	< 2.5	-	175.96	116.00	102.00	14.00	89.0	9.4	40.86	3.40	0.15	214.67	-	75.78	
Guadalcázar	Cabecera Municipal	7.62	373	< 2.5	245.0	154.45	170.00	152.00	18.00	5.5	1.5	60.89	4.37	0.15	188.43	5.07	14.20	
Guadalcázar	Cabecera Municipal	7.63	479	< 2.5	-	155.43	236.00	213.00	23.00	7.0	1.5	85.32	5.59	0.15	189.62	-	29.83	
Guadalcázar	Abrego	7	514		256	226.24	228.19	217.50	10.69	12.00	6.00	87.00	2.60	19.39	236.58	16.25	10.00	5.5
Guadalcázar	El Milagro	7.46	3260		1620	307.04	2025.44	1482.50	542.94	214	15.00	593.00	132.00	38.78	295.73	333.04	1371.00	1.9
Guadalcázar	La Verdolaga	7.58	1688		842	193.92	1050.42	762.50	287.92	51.80	4.85	305.00	70.00	19.39	197.15	81.23	760.00	2.6
Guadalcázar	Charco Cercado	7.84	1538		767	193.92	1047.11	825.00	222.11	92.00	19.00	330.00	54.00	19.39	197.15	30.46	887.50	4.6
Guadalcázar	Charco Cercado	7.88	1238		617	129.28	570.25	397.50	172.75	75.00	8.00	159.00	42.00	0.00	157.72	18.28	475.00	1.1
Guadalcázar	El Fraile																	
Guadalcázar	El Fraile																	
Guadalcázar	El Jilote																	
Guadalcázar	San Juan sin agua																	
Guadalcázar	Cabecera Municipal																	
Mexquitic de Carmona	Cabecera Municipal	7.42	498	< 2.5	374.0	171.27	133.0	83.0	50.0	57.0	9.1	33.25	12.15	0.0	208.95	10.91	33.42	
Mexquitic de Carmona	San Francisco	7.88	1916	< 2.5	1573.0	242.25	748.0	680.0	68.0	181.9	12.5	272.38	16.53	0.15	295.54	147.16	812.09	
Mexquitic de Carmona	El Palmar Segundo	7.98	424	< 2.5	341.0	176.94	118.00	104.00	14.00	59.2	9.4	41.66	3.40	0.15	215.86	18.80	38.11	
Mexquitic de Carmona	Cabecera Municipal	7.05	504	< 2.5	440.0	195.51	230.00	220.00	10.00	26.8	23.2	88.12	2.43	0.15	238.52	10.14	97.02	
Mexquitic de Carmona	Corte Primero	7.71	600	< 2.5	390.0	203.33	147.00	132.00	15.00	69.4	10.6	52.87	3.65	0.15	248.06	18.06	62.03	
Mexquitic de Carmona	Corte Segundo	7.58	1109	< 2.5	884.0	263.94	414.00	360.00	54.00	140.0	20.6	144.20	13.12	0.15	322.00	48.97	394.99	
Mexquitic de Carmona	Estanzuela	7.93	303	< 2.5	267.0	113.40	80.00	68.00	12.00	35.7	7.5	27.24	2.92	0.15	138.34	18.06	20.10	
Mexquitic de Carmona	San Pedro Ojo Zarco	7.91	444	< 2.5	345.0	114.17	135.5	128.0	7.5	39.3	11.9	51.27	1.82	0.15	139.29	32.90	66.07	
Mexquitic de Carmona	La Tapona	8.08	474	< 2.5	323.0	189.63	89.0	80.0	9.0	73.7	5.6	32.04	2.19	0.15	231.35	19.29	36.76	
Mexquitic de Carmona	Guadalupe Victoria	7.35	353	< 2.5	287.0	22.83	93.0	60.0	33.0	26.2	20.0	24.03	8.02	0.15	27.86	8.66	152.02	
Mexquitic de Carmona	Guadalupe Victoria	7.56	424	< 2.5	347.0	56.59	116.0	93.0	23.0	30.0	22.6	37.25	5.59	0.15	69.04	7.67	158.95	
Moctezuma	Cabecera Municipal Galería Ojo de Agua	7.66	959		479	274.72	289.89	257.60	32.29	85.62	8.23	103.04	7.85	19.39	295.73	18.28	125.00	3.3
Moctezuma	Cabecera Municipal	7.52	1054		526	258.56	377.58	320.00	57.58	93.00	5.98	128.00	14.00	19.39	276.01	28.43	286.00	2.9
Moctezuma	Morterosillos	8.34	1189		594	355.05	246.96	229.32	17.64	204	10.30	91.73	4.29	13.32	406.08	50.33	235.00	2.4
Moctezuma	Estación Moctezuma	7.87	1994		997	310.67	411.60	299.88	111.72	290	13.80	119.95	27.16	13.32	351.93	42.59	675.00	2.6
Moctezuma	Barrancas	8.29	1344		672	454.90	382.20	294.00	88.20	245	11.90	117.60	21.44	13.32	527.90	38.71	345.00	2.5
Rayón	Potrero del Rincón	8.04	565	< 2.5	389.5	235.95	227.27	141.41	85.86	32.0	13.8	56.64	20.87	6.43	287.86	12.56	53.22	
Rayón	Plan de Rayón	8.15	549	< 2.5	378.0	200.56	220.20	136.36	83.84	32.0	15.0	54.62	20.38	6.43	244.68	13.14	73.95	
Rayón	Plan de Rayón	8.16	460	< 2.5	316.0	201.63	173.74	138.38	35.36	28.8	17.5	55.43	8.59	6.43	245.99	8.25	25.95	
Real de Catorce	Cabecera Municipal																	

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

Municipio	Localidad	pH	Cond. Eléctrica	Color Aparente	Sólidos Totales	Alcalinidad Total	Dureza total	Dureza de Calcio	Dureza de Magnesio	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Carbonatos	Bicarbonatos	Cloruros	Sulfatos	Nitratos
		u. de pH	mmho/s/cm	Pt - Co	mg/l			mg/l CaCO3	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	Mg/l
Real de Catorce	Cabecera Municipal																	
Real de Catorce	Cabecera Municipal																	
Rioverde	San Martín	7.51	377	< 2.5	298.7	150.15	130.30	126.26	4.04	23.1	13.8	50.57	0.98	0.30	183.18	6.16	20.47	
Salinas de Hidalgo	Cabecera Municipal	7.1	2540	< 2.5	1586.5	250.70	313.73	241.18	72.55	469.8	92.1	96.61	17.63	4.7	305.85	452.22	631.27	
Salinas de Hidalgo	Las Colonias	7.88	686	< 2.5	527.0	213.11	130.22	113.19	17.03	90.6	27.2	45.34	4.14	0.15	259.99	37.10	69.99	
Salinas de Hidalgo	Las Colonias	7.76	615	< 2.5	528.0	202.35	130.22	110.18	20.04	90	26.5	44.13	4.87	0.15	246.87	34.87	81.08	
Salinas de Hidalgo	Conejillo																	
Salinas de Hidalgo	San isidro del Peñón Blanco	8.06	595	< 2.5	486.5	188.67	107.18	95.16	12.02	90	17.4	38.12	2.92	0.15	230.17	28.44	63.05	
Salinas de Hidalgo	San José de Punteros	7.53	666	< 2.5	363.0	263.94	308.52	270.45	38.07	29.4	11.9	108.33	9.25	0.15	322.00	32.15	55.79	
Salinas de Hidalgo	Ejido El Potro	7.72	3631	< 2.5	2306.0	250.25	673.13	532.89	140.24	871.3	46.0	213.45	34.09	0.15	305.31	868.38	485.12	
Salinas de Hidalgo	Cabecera Municipal	7.66	2320	< 2.5	1524.0	242.43	300.50	270.45	30.05	440.4	37.0	108.33	7.30	0.15	295.77	853.54	273.75	
Salinas de Hidalgo	Cabecera Municipal	7.29	4841	< 2.5	3133.0	254.16	584.98	528.88	56.10	890.4	41.9	211.85	13.64	0.15	310.08	888.17	717.35	
Salinas de Hidalgo	La Reforma	8.71	908	< 2.5	598.0	180.85	-	-	-	181.9	1.0			6.16	208.11	44.02	150.70	
San Ciro de Acosta	Cabecera Municipal	7.89	659	< 2.5	461.5	241.31	292.93	171.72	121.21	26.9	6.3	68.78	29.46	7.72	294.40	17.77	115.79	
San Nicolás Tolentino	Cabecera Municipal	8.43	580		288	310.67	338.13	299.88	38.25	23.00	5.80	119.95	9.30	26.63	324.86	7.74	35.00	2.8
San Nicolás Tolentino	Ojo de Agua	8.36	574		287	332.86	323.40	288.12	35.28	26.00	5.20	115.25	8.58	26.63	351.93	13.55	28.00	1.9
San Nicolás Tolentino	Ojo de Agua	8.43	532		266	255.19	223.44	182.28	41.16	8.00	17.40	72.91	10.01	19.98	270.72	5.81	9.00	4.7
San Nicolás Tolentino	Santa Catarina	8.26	566		282	288.48	317.52	188.16	129.36	26.00	4.50	75.26	31.45	26.63	297.79	5.81	67.00	2.8
Santa María del Río	Cabecera Municipal	7.3	285	< 2.5	-	119.87	60.61	57.58	3.03	46.3	5.3	23.06	0.74	0.0	146.24	8.25	12.44	
Santa María del Río	Cabecera Municipal	7.2	388	< 2.5	-	179.29	68.69	54.55	14.14	72.2	6.0	21.85	3.44	0.0	218.73	8.25	6.22	
Santa María del Río	Cabecera Municipal	8.7	2485	< 2.5	1626.0	303.25	52.53	36.36	16.17	468.3	6.0	14.56	3.93	71.3	369.97	484.21	7.81	
Santa María del Río	Santo Domingo	7.6	497	< 2.5	140.0	191.58	76.77	59.60	17.17	90.7	8.0	23.87	4.17	1.2	233.73	17.13	28.45	
Santa María del Río	Cabecera Municipal	7.52	397	< 2.5	302.0	154.96	47.0	41.0	6.0	67.5	8.2	16.42	1.46	0.0	189.05	12.22	22.74	
Santa María del Río	Cabecera Municipal	7.73	360	< 2.5	-	145.02	48.5	41.0	7.5	63.7	4.0	16.42	1.82	0.0	176.92	9.28	8.53	2.1
Santa María del Río	San José Alburquerque	7.55	501		250	258.56	194.08	97.50	96.58	51.00	9.60	39.00	23.48	0.00	315.44	8.12	24.00	1.6
Santa María del Río	San José Alburquerque	7.7	334		167	210.08	102.42	96.25	6.17	44.30	3.90	38.50	1.50	0.00	256.30	4.06	2.00	1.7
Santa María del Río	Cañada de Yáñez	7.64	303		152	113.12	69.49	58.80	10.69	37.00	5.00	23.52	2.60	0.00	138.01	8.12	13.00	3.9
Santa María del Río	Santo Domingo	7.43	501		249	193.92	123.94	106.75	17.19	54.50	7.70	42.70	4.18	0.00	236.58	18.28	34.00	2.7
Santa María del Río	La Hierbabuena	7.48	240		120	96.96	81.86	77.75	4.11	17.00	6.80	31.10	1.00	0.00	118.29	8.12	9.00	1.4

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

Municipio	Localidad	pH	Cond. Eléctrica	Color Aparente	Sólidos Totales	Alcalinidad Total	Dureza Total	Dureza de Calcio	Dureza de Magnesio	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Carbonatos	Bicarbonatos	Cloruros	Sulfatos	Nitratos
		u. de pH	mmhos/cm	Pt - Co	mg/l		mg/l CaCO3	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Vanegas	Cabecera Municipal	7.30	132	< 2.5	72.0	22.52	39.39	35.35	4.04	3.3	2.0	14.16	0.98	0.30	27.48	4.44	31.38	
Venado	Cabecera Municipal	7.57	291	< 2.5	-	102.96	107.07	106.06	1.01	8.1	10.0	42.48	0.25	1.93	125.61	10.47	14.31	
Venado	Cabecera Municipal	7.49	406	< 2.5	248.0	187.69	112.12	70.71	41.41	4.0	4.0	28.32	10.06	1.93	228.98	8.88	10.95	
Venado	Guanamé	7.87	567	< 2.5	350.0	247.0	150.0	80.0	45.0	12.66	1.97	128.80	7.82	19.39	295.73	28.43	27.00	2.2
Santa María del Río	Villela	7.66	452		220	161.60	80.31	64.68	15.63	53.00	7.00	25.87	3.80	0.00	197.15	14.22	11.00	2.9
Santa María del Río	El Fuerte	7.67	750		374	323.20	88.91	75.75	13.16	134	5.50	30.30	3.20	0.00	394.30	10.15	67.50	
Santa María del Río	Enramadas																	2.4
Santa María del Río	Ojocaliente	8.04	375		188	177.76	45.03	32.20	12.83	68.17	5.43	12.88	3.12	19.39	177.44	10.15	18.00	4.7
Santa María del Río	Ojocaliente	8.04	507		253	242.40	187.88	185.00	2.88	67.44	5.35	74.00	0.70	19.39	256.30	18.28	40.00	3.1
Santa María del Río	Ojocaliente	7.75	468		233	210.08	155.79	152.50	3.29	58.33	6.00	61.00	0.80	0.00	256.30	8.12	42.00	16.3
Santa María del Río	Cabecera Municipal	8.15	1404		698	339.36	72.86	70.80	2.06	375	10.00	28.32	0.50	58.18	295.73	290.40	14.00	2.6
Santa María del Río	Cabecera Municipal	7	301		150	161.60	82.82	75.00	7.82	46.00	8.00	30.00	1.90	19.39	157.72	8.12	19.00	3.5
Santa María del Río	Cabecera Municipal	7.79	310		155	161.60	83.29	80.00	3.29	51.00	11.00	32.00	0.80	19.39	157.72	10.15	9.00	3.1
Santa María del Río	Cabecera Municipal	7.6	385		192	226.24	127.85	122.50	5.35	69.00	10.00	49.00	1.30	0.00	276.01	16.25	11.00	
Santo Domingo	Cabecera Municipal de Santo Domingo	7.91	1341		668	226.24	225.37	161.00	64.37	216	22.00	64.40	15.65	19.39	236.58	62.95	391.51	8.2
Santo Domingo	Santa Matilde	8.21	1654		827	226.24	178.16	128.80	49.36	342	20.00	51.52	12.00	19.39	236.58	148.24	399.00	7.1
Santo Domingo	San Juan del Salado	7.9	3820		1900	226.24	253.72	155.00	98.72	825	27.00	62.00	24.00	0.00	276.01	548.30	971.38	13
Santo Domingo	Illescas	8.11	720		360	242.40	185.57	103.30	82.26	111	12.00	41.32	20.00	19.39	256.30	26.40	130.00	3.9
Santo Domingo	Zancarrón	7.95	1215		588	193.92	205.65	127.50	78.15	325	12.00	51.00	19.00	0.00	236.58	109.66	630.00	6
Santo Domingo	Jesús María	8.08	643		321	290.88	445.25	400.00	45.25	93.00	16.00	160.00	11.00	38.78	276.01	132.00	105.00	4.5
Santo Domingo	La Providencia	8.38	714		357	199.72	88.20	70.56	17.64	150	8.70	28.22	4.29	13.32	216.57	29.04	160.00	6.6
Tierra Nueva	Cabecera Municipal	7.4	378	2.5	255.0	175.70	138.38	111.11	27.27	37.5	9.1	44.51	6.63	0.0	213.73	9.33	8.88	
Tierra Nueva	Cabecera Municipal	7.6	320	< 2.5	243.5	142.41	121.21	111.11	10.10	24.3	9.0	44.51	2.45	0.0	173.73	9.52	10.66	
Tierra Nueva	Cabecera Municipal	7.4	437	< 2.5	281.0	185.43	144.95	118.18	26.77	50.8	13.6	47.34	6.51	0.0	226.23	11.23	12.44	
Tierra Nueva	Cabecera Municipal	7.4	527	< 2.5	324.0	202.85	163.64	139.39	24.25	65.9	14.5	55.83	5.89	0.0	247.48	22.21	18.13	
Tierra Nueva	Cabecera Municipal	7.77	283		141	177.76	140.57	120.00	20.57	19.00	11.00	48.00	5.00	19.39	177.44	10.15	10.00	1.8
Tierra Nueva	Cabecera Municipal	7.64	318		158	161.60	157.21	135.00	22.21	17.73	6.89	54.00	5.40	0.00	197.15	10.15	11.00	2.8
Tierra Nueva	Hacienda vieja	7.98	698		348	355.52	203.63	162.50	41.13	101	23.00	65.00	10.00	19.39	394.30	16.25	9.00	8.6
Tierra Nueva	El Patol	8.09	876		438	452.48	232.42	162.50	69.92	112	17.00	65.00	17.00	19.39	512.60	16.25	29.00	3.9
Vanegas	San Juan	7.85	807	< 2.5	340.0	162.09	360.0	270.0	90.0	37.2	2.0	108.15	21.87	0.0	197.75	6.21	343.34	
Vanegas	Los Metates	7.49	978	< 2.5	711.0	199.38	542.5	482.5	60.0	24.0	1.0	193.27	14.58	0.0	243.15	11.50	383.37	
Vanegas	Cabecera Municipal	7.61	950	< 2.5	835.0	113.69	363.64	218.18	145.46	23.6	13.8	87.39	35.35	1.29	138.70	27.29	587.02	

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

Municipio	Localidad	pH	Cond. Electrolítica	Color Aparente	Sólidos Totales	Alcalinidad	Dureza	Dureza de Calcio	Dureza de Magnesio	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Carbonatos	Bicarbonatos	Cloruros	Sulfatos	Nitratos
Villa de la Paz	La Boca	7.28								60.5	12.5	152.13	0.98	0.30	255.15	48.23	590.60	4.2
		u. de	mmho	Pt -	mg/l		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
		8.13	6018	Color	Sólidos Totales	Alcalinidad	Dureza	Dureza de Calcio	Dureza de Magnesio	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Carbonatos	Bicarbonatos	Cloruros	Sulfatos	Nitratos
Villa de la Paz	La Boca	8.06	6120	ente	566	221.90	463.34	367.50	95.84	118	3.00	147.00	23.30	0.00	270.72	48.39	365.00	
Villa de la Paz	Limonos	8.04	6018	Pt -	566	166.43	238.41	124.00	209.00	15.00	11.50	88.00	6.00	0.00	208.04	28.00	309.00	mg/l
Villa de la Paz	Cabecera	7.13	6018	< 2.5	468.0	266.88	201.50	103.00	98.50	75.4	13.6	41.26	23.94	0.0	325.59	33.19	54.47	
Villa de la Paz	Municipio	7.7	638		319	258.56	307.42	237.50	69.92	34.13	5.65	95.00	17.00	0.00	315.44	28.43	70.00	3
Villa de la Paz	San José	7.5	554	< 2.5	566.0	259.58	71.67	52.33	19.34	169.1	11.5	20.96	4.70	0.0	316.69	21.59	89.70	
Villa de la Paz	Palmar	7.6	450		225	226.24	288.67	282.50	6.17	5.00	1.07	113.00	1.50	0.00	276.01	16.25	18.00	3
Villa de la Paz	San José	7.5	706	< 2.5	573.5	258.54	71.67	52.67	19.00	178.2	11.8	21.10	4.62	0.0	315.42	21.19	120.63	
Villa de la Paz	San José	7.8	618		309	226.24	340.97	287.50	53.47	27.00	8.00	115.00	13.00	0.00	276.01	16.25	120.00	2.6
Villa de la Paz	San José	8.28	837	< 2.5	358	224.90	305.00	185.00	80.00	86.00	125.00	38.00	8.80	0.00	270.48	89.08	182.00	2.4
Villa de la Paz	San José	7.5	608	< 2.5	527.0	281.80	188.00	185.00	81.00	289.05	39.9	24.82	12.40	0.0	396.48	84.82	208.01	6
Villa de la Paz	Valle de San	8.39	618		309	288.47	311.64	282.24	29.40	47.00	7.70	112.90	7.15	0.00	351.93	46.46	68.75	3.5
Villa de la Paz	El Triunfo	8.34	695		346	332.85	385.65	270.48	115.17	37.00	8.60	108.19	28.00	0.00	406.08	17.42	67.50	2.7
Villa de la Paz	Corcovada	8.34	803		401	388.33	309.96	210.00	99.96	95.00	10.10	84.00	24.30	0.00	473.76	17.42	45.00	10.9
Villa de la Paz	San José	8.33	819		409	288.47	294.00	270.48	23.52	92.00	8.90	108.19	5.72	0.00	351.93	29.04	135.00	3.7
Villa de la Paz	Derramadero	8.38	680	< 2.5	429.0	368.48	176.00	160.00	86.00	87.00	36.0	66.86	16.80	0.00	269.88	26.76	109.20	
Villa de la Paz	San José	8.98	2000	< 2.5	1600.0	844.00	1736.00	1400.00	396.00	88.00	82.00	176.25	71.20	0.00	287.70	180.00	807.00	7.7
Villa de la Paz	San José	8.80	870	< 2.5	480.0	269.00	620.00	500.00	100.00	75.0	145.00	260.00	26.00	0.00	320.70	134.88	540.00	5.5
Villa de la Paz	El Triunfo	8.5	672		330	377.24	264.60	182.28	82.32	78.00	6.90	72.91	20.01	13.32	433.15	9.68	54.78	
Villa de la Paz	San José	7.88	584	< 2.5	586.0	190.80	445.0	480.0	44.0	48.0	24.8	48.66	4.43	0.00	280.00	13.86	151.20	4.3
Villa de la Paz	San José	6.98	589	< 2.5	225.0	180.92	245.0	150.0	67.0	39.9	12.7	60.84	16.80	0.00	288.50	24.04	98.35	2.6
Villa de la Paz	Cabecera	6.82	480	< 2.5	316.0	388.39	164.00	100.20	56.80	172.8	28.80	48.50	14.80	0.00	389.00	48.60	68.80	1.8
Villa de la Paz	Cabecera	7.82	661	< 2.5	464.0	288.40	233.22	188.80	12.447	64.20	18.00	60.80	27.60	0.00	288.50	20.48	75.60	2.5
Villa de la Paz	Cabecera	7.92	820		494	369.00	106.34	760.20	36.00	405.0	18.00	48.20	8.80	0.00	259.30	48.50	120.00	6.1
Villa de la Paz	San Luis	6.88	1250		505	242.00	265.70	164.20	183.84	128.80	46.80	60.80	26.30	0.00	286.80	46.74	380.00	5.6
Villa de la Paz	El Triunfo	8.24	406	< 2.5	380.0	194.82	199.29	184.90	26.70	28.00	22.00	88.80	2.00	0.00	236.50	10.80	98.00	3.4
Villa de la Paz	San Antonio	7.48	382		191	80.80	122.41	89.50	32.91	24.70	21.80	35.80	8.00	0.00	98.58	6.09	110.00	4.3
Villa de la Paz	San José	7.70	419	< 2.5	420.0	183.04	89.75	57.25	18.91	89.00	19.80	28.84	4.50	0.00	48.80	34.52	82.80	4.6
Villa de la Paz	El Triunfo	8.24	675		337	355.04	235.20	211.68	23.52	73.00	13.50	84.67	5.72	0.00	433.15	9.68	24.00	1.9
Villa de la Paz	El Calvario	7.43	686	< 2.5	440.0	206.95	130.0	111.0	19.0	91.5	10.0	44.46	4.62	0.0	252.48	14.11	80.40	
Villa de la Paz	Zaragoza de	8.29	594		296	277.38	236.90	207.50	29.40	43.00	3.90	83.00	7.15	0.00	338.40	11.61	34.00	10.3
Villa de la Paz	Jesús María	6.9	210	< 2.5	220.0	69.09	50.98	43.14	7.84	20.0	30.0	17.28	1.91	0.3	84.29	5.05	23.56	
Villa de la Paz	Santa Isabel	8.36	617		308	210.81	164.64	76.44	88.20	19.20	30.58	21.44	13.32	0.00	230.11	27.10	102.82	1.8
Villa de la Paz	Laguna de	7.3	477	< 2.5	381.0	192.47	125.49	117.65	7.84	70.7	33.8	47.13	1.91	4.7	234.81	13.25	12.19	
Villa de la Paz	San Vicente	8.26	585		293	255.19	235.56	165.00	70.56	50.00	12.50	66.00	17.15	0.00	311.33	15.40	42.00	2.4
Villa de la Paz	El Calvario	7.64	686	< 2.5	487.0	209.20	132.00	125.00	7.00	90.0	11.3	50.07	1.70	0.15	255.22	30.67	-	
Villa de la Paz	Cabecera	8.45	371		185	221.90	270.48	223.44	47.04	6.00	0.90	88.38	11.44	0.00	270.72	3.87	18.00	2.3
Villa de la Paz	Cabecera	7.62	504	< 2.5	369.0	177.91	73.00	62.00	11.00	80.0	10.6	24.83	2.67	0.15	217.05	15.58	38.46	
Villa de la Paz	San José	8.4	988		494	299.57	517.44	435.12	82.32	50.00	6.20	174.05	20.01	13.32	338.40	15.49	260.00	2.2
Villa de la Paz	San José	8.94	1844	< 2.5	320.0	297.30	788.90	450.00	308.90	36.00	8.00	180.00	75.00	0.00	298.72	28.08	800.00	
Villa de la Paz	San José	8.29	1073	< 2.5	385.0	244.70	693.84	576.24	179.80	10.00	2.50	230.80	28.80	13.32	272.72	19.68	480.00	
Villa de la Paz	San José	8.21	1059		529	233.00	658.56	558.60	99.96	11.00	2.30	223.44	24.30	0.00	284.25	13.55	405.00	10.1
Villa de la Paz	San José	8.10	1531	< 2.5	300.0	498.74	102.00	110.80	317.95	73.00	4.50	284.00	7.90	13.32	298.57	19.68	480.00	5.7
Villa de la Paz	Teresa																	

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Alliplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Palazar

Municipio	Localidad	pH	Cond. Eléctrica	Color Aparente	Sólidos Totales	Alcalinidad Total	Dureza total	Dureza de Calcio	Dureza de Magnesio	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Carbonatos	Bicarbonatos	Cloruros	Sulfatos	Nitratos
		u. de pH	mmho s/cm	Pt - Co	mg/l			mg/l CaCO ₃	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Villa de Reyes	Carranco	7.64	474	< 2.5	327.0	185.73	54.00	50.00	4.00	78.2	8.8	20.03	0.97	0.15	226.60	14.84	16.28	
Villa de Reyes	Bledos	7.63	373	< 2.5	-	133.92	35.00	26.00	9.00	65.7	10.6	10.41	2.19	0.15	163.39	17.81	13.02	
Villa de Reyes	Saucillo	7.77	1009	< 2.5	-	445.76	178.00	155.00	23.00	160.0	47.6	62.09	5.59	0.15	543.83	21.27	57.51	
Villa de Reyes	Gogorrón	7.84	605	< 2.5	413.0	186.22	130.00	128.00	2.00	76.4	13.1	51.27	0.49	0.15	227.20	26.22	45.05	2.8
Villa de Reyes	Socavón	7.53	656	< 2.5	373.0	189.64	100.00	90.00	10.00	73.7	9.4	36.05	2.43	0.15	231.37	18.80	29.98	3.4
Villa de Reyes	Pardo	8.00	292	< 2.5	255.0	95.80	73.00	65.00	8.00	26.8	8.8	26.04	1.94	0.15	116.88	15.83	8.83	3.1
Villa de Zaragoza	Labor de Milpilllas	7.9	447	< 2.5	312.0	110.65	88.89	85.86	3.03	81.6	7.0	34.39	0.74	0.6	134.99	40.67	38.06	3.7
Villa de Zaragoza	Texas, Villa de Zaragoza	8.21	448		223	244.10	100.38	97.50	2.88	72.00	5.20	39.00	0.70	13.32	270.72	9.68	23.00	4.5
Villa de Zaragoza	Cerro Gordo	8.01	419		209	221.91	72.62	70.56	2.06	72.00	5.50	28.22	0.50	13.32	243.65	9.68	16.00	
Villa de Zaragoza	La Esperanza	8.34	483		241	144.24	52.92	41.16	11.76	75.00	4.50	16.46	2.86	0.00	175.97	38.71	25.00	2.8
Villa de Zaragoza	San José de Gómez	8.06	511		255	166.43	141.12	70.56	70.56	32.00	10.90	28.22	17.15	0.00	203.04	19.36	10.00	3
Villa de Zaragoza	Xoconostle	8.19	406		203	188.62	82.32	58.80	23.52	56.00	10.50	23.52	5.72	13.32	203.04	11.61	25.00	6.1
Villa Juárez	Cabecera Municipal	8.02	921		459	266.28	658.56	558.60	99.96	6.00	3.00	223.44	24.30	0.00	324.86	7.74	345.00	2.8
Villa Juárez	La Gavia																	

A N E X O 2

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Salazar

Estimación de la dosis de exposición a fluoruros y arsénico y magnitud del riesgo en niños.

Municipio	Localidad	Dosis mg / Kg / día		Dosis estimada / RfD	
		$\text{Dosis} = \frac{\text{Conc} * \text{TI} (x / \text{día})}{\text{PC} (kg)}$		F·	As
		F·	As	F·	As
Ahualulco	Cabecera Municipal	0.064286	0.002761	1.29	9.20
	Cabecera Municipal	0.055010	0.001613	1.10	5.38
	Santa Teresa	0.078558	0.000036	1.57	0.12
	Paso Bonito	0.044563	0.000194	0.89	0.65
	Cerrito de Rojas	0.036292	0.000756	0.73	2.52
	Pedregal	0.056712	0.000448	1.13	1.49
	Cabecera Municipal	0.070100	0.002609	1.40	8.70
	Colonia de la Cruz	0.068357	0.000141	1.37	0.47
	Cabecera Municipal	0.007143	0.000036	0.14	0.12
	Cabecera Municipal	0.067190	0.002331	1.34	7.77
Alaquines	Cabecera Municipal	0.007143	0.000036	0.14	0.12
Armadillo de los Infante	Cabecera Municipal	0.029286	0.000089	0.59	0.30
	Cabecera Municipal	0.029624	0.000036	0.59	0.12
	Pozo del Carmen	0.037095	0.000491	0.74	1.64
La Concordia		0.036067	0.000265	0.72	0.88
Cárdenas	Cabecera Municipal	0.020714	0.000036	0.41	0.12
	Cabecera Municipal	0.027143	0.000036	0.54	0.12
Cedral	Cabecera Municipal	0.090000	0.000036	1.80	0.12
	Cabecera Municipal	0.079286	0.000036	1.59	0.12
	Cabecera Municipal	0.085000	0.000036	1.70	0.12
	San Pedro	0.027143	0.000036	0.54	0.12
	San Pedro	0.027857	0.000036	0.56	0.12
	San Pedro	0.027143	0.000089	0.54	0.30
		F·	As	F·	As
	San Pedro	0.023571	0.000036	0.47	0.12
	San Isidro	0.026429	0.000186	0.53	0.62

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Salazar

Municipio	Localidad	Dosis mg / Kg / día		Dosis estimada / RfD	
		Dosis = $\frac{\text{Conc} * \text{TI} (x / \text{día})}{\text{PC} (\text{kg})}$			
	San Isidro	0.029286	0.000036	0.59	0.12
Cerritos	Cabecera Municipal	0.027143	0.000419	0.54	1.40
	Cabecera Municipal	0.020000	0.000149	0.40	0.50
	Cabecera Municipal	0.033571	0.000711	0.67	2.37
	Cabecera Municipal	0.037857	0.000596	0.76	1.99
	Cabecera Municipal	0.030184	0.000334	0.60	1.11
	Cabecera Municipal	0.021599	0.000129	0.43	0.43
	Cabecera Municipal	0.036553	0.000423	0.73	1.41
	El Tepetate	0.024825	0.000280	0.50	0.93
	Derramaderos	0.073031	0.001406	1.46	4.69
	Ojo de Agua	0.085758	0.000158	1.72	0.53
Cerro de San Pedro	Cerro de San Pedro	0.035357	0.000774	0.71	2.58
	Portezuelos	0.039643	0.000539	0.79	1.80
Charcas	Cabecera Municipal-callejones	0.042143	0.001159	0.84	3.86
	Cañada Verde	0.055000	0.001776	1.10	5.92
	Ejido Hospital	0.062857	0.000036	1.26	0.12
	Cabecera Municipal, Noria de Gutierrez	0.065155	0.000036	1.30	0.12
	Álvaro Obregón	0.043498	0.000251	0.87	0.84
	Laguna Seca	0.373453	0.006824	7.47	22.75
Ciudad del Maíz	Cabecera Municipal	0.017857	0.000036	0.36	0.12
	Cabecera Municipal	0.007143	0.000036	0.14	0.12
	Cabecera Municipal	0.007143	0.000036	0.14	0.12
		F·	As	F·	As
Ciudad Fernández	El Refugio	0.007143	0.000224	0.14	0.75
	El Refugio	0.056429	0.000792	1.13	2.64
	El Refugio	0.102143	0.000195	2.04	0.65
	El Refugio	0.047143	0.000231	0.94	0.77
	El Refugio	0.024286	0.000510	0.49	1.70

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Salazar

Municipio	Localidad	Dosis mg / Kg / día		Dosis estimada / RfD	
		Dosis = $\frac{\text{Conc} * \text{TI} (x / \text{día})}{\text{PC} (\text{kg})}$			
	El Refugio	0.007143	0.000091	0.14	0.30
	El Refugio	0.030714	0.000254	0.61	0.85
	Ciudad Fernández	0.066429	0.000735	1.33	2.45
	El Refugio	0.082143	0.000225	1.64	0.75
	Atotonilco	0.030225	0.000036	0.60	0.12
	Atotonilco	0.016327	0.000036	0.33	0.12
Guadalcázar	Pozas de Santa Ana	0.037857	0.001780	0.76	5.93
	Cabecera Municipal	0.045714	0.002304	0.91	7.68
	Cabecera Municipal	0.045714	0.002507	0.91	8.36
	Los Amoles	0.026429	0.000036	0.53	0.12
	Norias del Conde	0.214286	0.001710	4.29	5.70
	Ábrego	0.007143	0.000106	0.14	0.35
	El Peyote	0.059905	0.000574	1.20	1.91
	Cabecera Municipal	0.091402	0.003624	1.83	12.08
	Cabecera Municipal	0.048596	0.002924	0.97	9.75
	Ábrego	0.013251	0.000511	0.27	1.70
	El Milagro	0.222162	0.001157	4.44	3.86
	La Verdolaga	0.148111	0.000036	2.96	0.12
	Charco Cercado	0.054697	0.000897	1.09	2.99
	Charco Cercado	0.046247	0.000036	0.92	0.12
	El Fraile	0.017660	0.000036	0.35	0.12
		F-	As	F-	As
	El Fraile	0.021904	0.000036	0.44	0.12
	El Jilote	0.245411	0.000229	4.91	0.76
	San Juan sin agua	0.139700	0.000073	2.79	0.24
	Cabecera Municipal	0.098902	0.005393	1.98	17.98
Mexquitic de Carmona	Cabecera Municipal	0.083571	0.000752	1.67	2.51
	San Francisco	0.019286	0.000036	0.39	0.12
	El Palmar Segundo	0.090291	0.000705	1.81	2.35

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Salazar

Municipio	Localidad	Dosis mg / Kg / día		Dosis estimada / RfD	
		Dosis = $\frac{\text{Conc} * \text{TI} (x / \text{día})}{\text{PC} (\text{kg})}$			
	Cabecera Municipal	0.023750	0.000036	0.47	0.12
	Corte Primero	0.082884	0.000514	1.66	1.71
	Corte Segundo	0.078075	0.000537	1.56	1.79
	Estanzuela	0.051101	0.000284	1.02	0.95
	San Pedro Ojo Zarco	0.041907	0.000202	0.84	0.67
	La Tapona	0.161429	0.001376	3.23	4.59
	Guadalupe Victoria	0.015714	0.000036	0.31	0.12
	Guadalupe Victoria	0.055000	0.004401	1.10	14.67
Moctezuma	Cabecera Municipal Galería Ojo de Agua	0.077401	0.000262	1.55	0.87
	Cabecera Municipal	0.067707	0.000238	1.35	0.79
	Morteros	0.045224	0.000077	0.90	0.26
	Estación Moctezuma	0.121624	0.000036	2.43	0.12
	Barrancas	0.068486	0.000120	1.37	0.40
Rayón	Potrero del Rincón	0.028571	0.000036	0.57	0.12
	Plan de Rayón	0.041429	0.000036	0.83	0.12
	Plan de Rayón	0.030714	0.000036	0.61	0.12
Real de Catorce	Cabecera Municipal	0.009286	0.000000	0.19	0.00
	Cabecera Municipal	0.010000	0.000000	0.20	0.00
		F-	As	F-	As
	Cabecera Municipal	0.012857	0.000000	0.26	0.00
Río Verde	San Martín	0.022143	0.000246	0.44	0.82
Salinas de Hidalgo	Cabecera Municipal	0.114286	0.001379	2.29	4.60
	Las Colonias	0.107143	0.001712	2.14	5.71
	Las Colonias	0.128571	0.001220	2.57	4.07
	Conejillo	0.099286	0.001776	1.99	5.92
	San isidro del Peñón Blanco	0.060000	0.000369	1.20	1.23
	San José de Punteros	0.042143	0.000156	0.84	0.52
	Ejido El Potro	0.082857	0.000908	1.66	3.03

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Salazar

Municipio	Localidad	Dosis mg / Kg / día		Dosis estimada / RfD	
		Dosis = $\frac{\text{Conc} * \text{TI} (x / \text{día})}{\text{PC} (\text{kg})}$			
	Cabecera Municipal	0.112143	0.001609	2.24	5.36
	Cabecera Municipal	0.127857	0.000628	2.56	2.09
	La Reforma	0.308571	0.002982	6.17	9.94
San Ciro de Acosta	Cabecera Municipal	0.007143	0.000093	0.14	0.31
San Nicolás Tolentino	Cabecera Municipal	0.028572	0.000036	0.57	0.12
	Ojo de Agua	0.028420	0.000290	0.57	0.97
	Ojo de Agua	0.024299	0.000036	0.49	0.12
	Santa Catarina	0.018641	0.000036	0.37	0.12
Santa María del Río	Cabecera Municipal	0.044286	0.000119	0.89	0.40
	Cabecera Municipal	0.057143	0.000421	1.14	1.40
	Cabecera Municipal	0.055714	0.000076	1.11	0.25
	Santo Domingo	0.195714	0.001363	3.91	4.54
	Cabecera Municipal	0.058571	0.000135	1.17	0.45
	Cabecera Municipal	0.061429	0.000075	1.23	0.25
	San José Alburquerque	0.101495	0.000036	2.03	0.12
	San José Alburquerque	0.050288	0.000036	1.01	0.12
		F-	As	F-	As
	Cañada de Yañez	0.048442	0.000196	0.97	0.65
	Santo Domingo	0.203484	0.001039	4.07	3.46
	La Hierbabuena	0.020834	0.000036	0.42	0.12
	Villela	0.048120	0.000344	0.96	1.15
	El Fuerte	0.207877	0.000344	4.16	1.15
	Enramadas	0.154219	0.000168	3.08	0.56
	Ojocaliente	0.152795	0.000154	3.06	0.51
	Ojocaliente	0.150583	0.000163	3.01	0.54
	Ojocaliente	0.139258	0.000164	2.79	0.55
	Cabecera Municipal	0.066654	0.000036	1.33	0.12
	Cabecera Municipal	0.048753	0.000036	0.98	0.12
	Cabecera Municipal	0.051135	0.000036	1.02	0.12

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Salazar

Municipio	Localidad	Dosis mg / Kg / día		Dosis estimada / RfD	
		Dosis = $\frac{\text{Conc} * \text{TI} (x / \text{día})}{\text{PC} (\text{kg})}$			
	Cabecera Municipal	0.065864	0.000291	1.32	0.97
Santo Domingo	Cabecera Municipal	0.343225	0.004441	6.86	14.80
	Santa Matilde	0.168033	0.003500	3.36	11.67
	San Juan del Salado	0.203051	0.001727	4.06	5.76
	Illescas	0.130201	0.003879	2.60	12.93
	Zancarrón	0.135007	0.000099	2.70	0.33
	Jesús María	0.100000	0.001868	2.00	6.23
	La Providencia	0.044922	0.004118	0.90	13.73
Tierra Nueva	Cabecera Municipal	0.076786	0.000203	1.54	0.68
	Cabecera Municipal	0.052143	0.000106	1.04	0.35
	Cabecera Municipal	0.077500	0.000244	1.55	0.81
	Cabecera Municipal	0.077500	0.000276	1.55	0.92
	Cabecera Municipal	0.053350	0.000036	1.07	0.12
	Cabecera Municipal	0.056564	0.000036	1.13	0.12
		F-	As	F-	As
	Hacienda vieja	0.074484	0.000486	1.49	1.62
	El Patol	0.095869	0.000306	1.92	1.02
Vanegas	San Juan	0.033571	0.000036	0.67	0.12
	Los Metates	0.033571	0.000036	0.67	0.12
	Cabecera Municipal	0.082143	0.000777	1.64	2.59
	Cabecera Municipal	0.007143	0.000036	0.14	0.12
Venado	Cabecera Municipal	0.007143	0.000036	0.14	0.12
	Cabecera Municipal	0.007143	0.000036	0.14	0.12
	Guanamé	0.034224	0.000126	0.68	0.42
	Los Remedios	0.066639	0.000713	1.33	2.38
	Polocote de Arriba	0.013756	0.000134	0.28	0.45
	Santa Rita	0.043555	0.000269	0.87	0.90
Villa Hidalgo	Cabecera Municipal	0.075000	0.000399	1.50	1.33
	Valle de San Juan	0.046079	0.000215	0.92	0.72

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Salazar

Municipio	Localidad	Dosis mg / Kg / día		Dosis estimada / RfD	
		Dosis = $\frac{\text{Conc} * \text{TI} (x / \text{día})}{\text{PC} (\text{kg})}$			
	Cabecera Municipal	0.076739	0.000434	1.53	1.45
	Tanquito	0.059904	0.000036	1.20	0.12
	Corcovada	0.065002	0.000036	1.30	0.12
Villa de Arista	Cabecera Municipal	0.049534	0.000226	0.99	0.75
	Derramaderos	0.063031	0.000137	1.26	0.46
	San José del Arbolito	0.056857	0.000731	1.14	2.44
	Salitrillos	0.052469	0.000317	1.05	1.06
	El Charquito	0.032665	0.000713	0.65	2.38
Villa de Arriaga	Cabecera Municipal	0.097143	0.000741	1.94	2.47
	Cabecera Municipal	0.042143	0.000124	0.84	0.41
	Cabecera Municipal	0.344286	0.001102	6.89	3.67
	San Francisco	0.150714	0.000251	3.01	0.84
		F-	As	F-	As
	Cabecera Municipal	0.071347	0.000382	1.43	1.27
	San Luis Gonzaga	0.029012	0.000293	0.58	0.98
	El Tepetate	0.045679	0.000359	0.91	1.20
	San Antonio	0.041492	0.000206	0.83	0.69
	San José de la Purísima	0.031222	0.000036	0.62	0.12
Villa de Guadalupe	Jarillas	0.073521	0.001786	1.47	5.95
	Zaragoza de Solís	0.046700	0.000370	0.93	1.23
	Santa Isabel	0.067394	0.001024	1.35	3.41
	Rancho Alegre	0.070722	0.000301	1.41	1.00
	Cabecera Municipal	0.070627	0.000036	1.41	0.12
	Cabecera Municipal	0.068486	0.000395	1.37	1.32
	Vallejos	0.244304	0.004344	4.89	14.48
	Palo Blanco	0.134831	0.000036	2.70	0.12
	San Francisco	0.115129	0.000482	2.30	1.61
	Santa Teresa	0.162842	0.000596	3.26	1.99
	La Macita-Santa Rosa	0.094309	0.000374	1.89	1.25

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Salazar

Municipio	Localidad	Dosis mg / Kg / día		Dosis estimada / RfD		
		Dosis = $\frac{\text{Conc} * \text{TI} (x / \text{día})}{\text{PC} (\text{kg})}$				
Villa de la Paz	La Boca	0.021429	0.000036	0.43	0.12	
	El Blanco	0.026758	0.000036	0.54	0.12	
	La Boca	0.021949	0.000036	0.44	0.12	
	Limonos	0.019483	0.000036	0.39	0.12	
Villa de Ramos	Cabecera Municipal	0.028571	0.001848	0.57	6.16	
	Salitral de Carrera	0.387500	0.010764	7.75	35.88	
	Salitral de Carrera	0.388571	0.010639	7.77	35.46	
	El Barril	0.110357	0.004010	2.21	13.37	
	El Zacatón	0.232500	0.003421	4.65	11.40	
	Los Hernández	0.055714	0.001402	1.11	4.67	
			F-	As	F-	As
	El Naranjal	0.120000	0.001659	2.40	5.53	
	El Sauz	0.187143	0.003143	3.74	10.48	
	La Hediondilla	0.172857	0.001394	3.46	4.65	
	La Hediondilla	0.147143	0.003139	2.94	10.46	
	Cabecera Municipal	0.030000	0.001739	0.60	5.80	
	La Dulcita	0.111429	0.003028	2.23	10.09	
	Santa Lucía	0.087143	0.002188	1.74	7.29	
Villa de Reyes	Dulce Grande	0.103825	0.003669	2.08	12.23	
	Dulce Grande	0.072984	0.001294	1.46	4.31	
	Yoliatl	0.163035	0.001306	3.26	4.35	
	La Herradura	0.105784	0.000036	2.12	0.12	
	Cabecera Municipal-Camino a Rusias	0.177857	0.000664	3.56	2.21	
	Cabecera Municipal-CONALEP	0.181429	0.000654	3.63	2.18	
	El Calvario	0.168571	0.000636	3.37	2.12	
Jesús María	0.037857	0.000077	0.76	0.26		
Laguna de San Vicente	0.130000	0.000459	2.60	1.53		
El Calvario	0.169824	0.000548	3.40	1.83		

Evaluación de riesgo en salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí

Melissa Bocanegra Salazar

Municipio	Localidad	Dosis mg / Kg / día		Dosis estimada / RfD	
		Dosis = $\frac{\text{Conc} * \text{TI} (x / \text{día})}{\text{PC} (\text{kg})}$			
	Cabecera Municipal-CONALEP	0.188296	0.000524	3.77	1.75
	El Rosario	0.199352	0.000576	3.99	1.92
	Cabecera Municipal-Camino a Rusias	0.186261	0.000533	3.73	1.78
	La Ventilla	0.208210	0.000036	4.16	0.12
	Carranco	0.241442	0.000421	4.83	1.40
	Bledos	0.126121	0.000552	2.52	1.84
		F-	As	F-	As
	Saucillo	0.075161	0.000089	1.50	0.30
	Gogorrón	0.148050	0.000376	2.96	1.25
	Socavón	0.167078	0.000246	3.34	0.82
	Pardo	0.024704	0.000270	0.49	0.90
Villa de Zaragoza	Labor de Milpillias	0.107857	0.000946	2.16	3.15
	Texas	0.140921	0.000363	2.82	1.21
	Cerro Gordo	0.156851	0.000519	3.14	1.73
	La Esperanza	0.123760	0.000744	2.48	2.48
	San José de Gómez	0.065438	0.000036	1.31	0.12
	Xoconostle	0.160247	0.001004	3.20	3.35
Villa Juárez	Cabecera Municipal	0.040794	0.000515	0.82	1.72
	La Gavia	0.116057	0.000549	2.32	1.83