



Artículos de Divulgación

¿Arsénico en Nayarit?

M. en C. Rosa María Zambrano Cárdenas, M. en C. Liborio González Torres,
M. en C. Francisco Julián Aranguré Zúñiga, Dr. Miguel Ángel Espinosa Rodríguez e
IQI Juan Carlos Paredes Limas

¿Qué es el arsénico?

Es un metaloide, es decir, tiene propiedades intermedias entre metales y no metales. En la tabla periódica de los elementos químicos se encuentra entre el fósforo y el antimonio, y tiene propiedades similares al primero de ellos. Es un sólido metálico frágil con una resistividad eléctrica de $33 \mu\Omega\cdot\text{cm}$, por ello forma aleaciones con metales, pero también se enlaza con el carbono, hidrógeno y oxígeno. Forma compuestos trivalentes inorgánicos (trióxido arsenioso, arsenito de sodio), orgánicos (arsfenamina) y pentavalentes inorgánicos (pentaóxido de arsénico, arseniato de plomo, ácido arsénico). En el agua suele encontrarse en forma de arseniato o arsenito, ambas muy hidrosolubles.

¿En dónde se encuentra el arsénico?

Al arsénico se le puede encontrar en ciertos suelos de forma natural. Además cuando entra en contacto con el agua subterránea este puede terminar en el agua de nuestro grifo. Puede terminar en el ambiente a través de la producción industrial de metales como el cobre, plomo y cinc. También, debido a la aplicación de pesticidas y conservadores para madera, ya que es un ingrediente que se utiliza para estos usos.

¿Cómo se usa el arsénico?

Antiguamente se usaba el arsenito ácido de cobre(II) CuHAsO_3 , como pigmento para impartir un hermoso color verde al papel tapiz. En la actualidad, como se mencionó, algunos compuestos de arsénico se usan para fabricar sustancias conservadoras de la madera y pesticidas, a pesar de que muchos de ellos han sido discontinuados en los Estados Unidos, aún pueden obtenerse con facilidad en otros países. El arseniato de calcio, fue utilizado como insecticida en algodón y tabaco, siendo también empleado en espolvoreo contra el escarabajo de la papa (*Leptinotarsa decemlineata*), y cuca de la alfalfa (*Colaspidea*), sin embargo su empleo ha decrecido pero aún se puede encontrar como contaminante en cigarrillos y algodón. También se utiliza como agente de aleación o templado de metales pesados, siendo un subproducto del funcionamiento de las plantas de fundición de cobre, cobalto y plomo. Otros usos importantes, son; fabricación de ciertas clases de vidrio para dar resistencia y color, en materiales de soldadura e incluso en la elaboración de algunos medicamentos, tal es el caso del trióxido de arsénico que se usa habitualmente para tratar a pacientes que tienen resistencia a otros fármacos o que han sufrido una recaída en ciertos tipos de cáncer. Por otra parte, se utiliza como conservador en bronceadores, en taxidermia, el anhídrido arsenioso se utiliza para el disecado y conservación de pieles, el ácido arsenílico se usa para productos farmacéuticos y aditivo de alimentos en veterinaria y

Grupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18														
Período																																
n=1	1 H																	2 He														
n=2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne														
n=3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar														
n=4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr														
n=5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe														
n=6	55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
n=7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uuh	116 Uus	117 Uuq	118 Uuo
Lantánidos																																
Actínidos																																

Figura 1. Tabla Periódica

El arsénico es un elemento de color gris plateado o blanco metálico y es raro encontrarlo en estado elemental. En el medio ambiente, suele formar compuestos con uno o más elementos. Es inodoro, casi insípido y su símbolo químico es **As**.

A pesar de ser un metaloide, se le considera como un metal pesado. Debido a su alta toxicidad, ubicua presencia y propiedades organolépticas ha representado un papel central en la historia de la Toxicología.

el gas arsina se emplea en la industria de microelectrónica.

¿Cómo nos exponemos al arsénico?

En países como México, Argentina, Chile, Perú y Nicaragua, la presencia del arsénico en el ambiente y en las fuentes de agua para consumo humano se debe a factores naturales, es decir, es de origen geológico. Sin embargo, las actividades antropogénicas han contribuido a incrementar el contenido de arsénico en el ambiente. Por ejemplo, Chile, Bolivia y Perú, son países que practican la explotación minera y refinación de metales por fundición, asimismo los procesos electrolíticos de producción de metales de alta calidad como cadmio y cinc que se realizan en Brasil, y en menor proporción en México, contribuyen a incrementar los contenidos de arsénico en suelos, agua y aire.

La toxicidad del arsénico depende de su estado de oxidación y su solubilidad, el arsénico pentavalente es de 5 a 10 veces menos tóxico que el trivalente y los derivados orgánicos son menos tóxicos que los inorgánicos. Estamos expuestos al arsénico en dos formas químicas:

Inorgánico: Estos compuestos se pueden encontrar en el agua superficial y subterránea, debido a que existen de manera natural en los materiales geológicos, y se ven incrementados por residuos mineros, industriales y el uso de pesticidas.

Orgánico: Esta forma de arsénico de baja toxicidad, puede estar presente en animales, plantas, peces y mariscos, y se ha encontrado que en organismos marinos el contenido es superior.

Las vías de exposición más comunes, son; en agua de beber, por inhalación en el polvo del aire y por ingesta de alimentos. Otras vías de exposición incluyen la ingestión incidental de suelo con arsénico y el uso en el hogar de productos químicos que lo contienen, como son algunos preservadores de la madera, pinturas, tintes y medicamentos.

¿Cómo afecta el arsénico a la salud?

Por increíble que parezca, el arsénico también es un elemento indispensable para la vida, pero solo necesitamos cantidades pequeñísimas. Sin embargo este elemento, en cantidades susceptibles de medición puede causar la muerte por inhibición enzimática. Dentro de los factores que influyen en la forma de cómo afecta el arsénico a la salud se encuentran la cantidad a la que se está expuesto, el tiempo de exposición, así como la susceptibilidad genética.

La mayor parte de los efectos tóxicos se originan a partir de la exposición al arsénico inorgánico que afecta casi todos los sistemas de órganos del cuerpo humano.

Los mecanismos fundamentales de acción tóxica del arsénico son:

Alterando varias rutas enzimáticas, debido a la interacción con los grupos sulfhídricos de las proteínas; además, en el ciclo del ácido cítrico, el arsénico trivalente inhibe el complejo piruvato deshidrogenasa, con disminución de la producción de acetilcoenzima A y de la síntesis de ATP.

Por estar ubicados el arsénico y el fósforo en el mismo grupo, presentan reacciones similares y el arsénico puede sustituir al fósforo en varias reacciones bioquímicas, el arsénico pentavalente compite con el fosfato en los sistemas de transporte intracelular y desacopla la fosforilación oxidativa llegando a formar ADP-arseniato en lugar de ATP.

El arsénico se absorbe por todas las vías con la eficacia suficiente para producir toxicidad aunque la preferente es la vía digestiva con una eficacia superior al 90%. A través de la piel intacta la absorción es escasa, aunque se facilita con la irritación que la propia sustancia produce. En la sangre se ubica en el interior de los hematíes y unido a las proteínas plasmáticas en la sangre se produce en tres fases, una fase rápida, con una desaparición del 90% en 2 – 3 h, la segunda, fase de hasta 7 días, y la tercera, más lenta. Tras una dosis aguda se produce una distribución a todos los órganos con una mayor concentración en hígado y riñón. Tras exposición crónica se alcanzan altas concentraciones en piel, pelo y uñas por su rico contenido en cisteínas.

La principal ruta de eliminación es la orina, y una pequeña cantidad lo hace por las heces, bilis, sudor, células descamadas, pelo y leche.

La ingestión del arsénico inorgánico aumenta el riesgo de que una persona desarrolle cáncer de los pulmones, la piel, el pecho, la próstata, los riñones y el hígado. Otros efectos tóxicos preocupantes están relacionados con: el sistema cardiovascular, sistema gastrointestinal, sistema renal, sistema hepático, sistema nervioso, los pulmones y el sistema respiratorio, el sistema reproductivo, la sangre y los órganos que forman sangre, así como la dermis.

Si se ingiere o inhala demasiado arsénico, se pueden tener efectos secundarios adversos. En el medio ambiente en general, la ingestión es la vía de absorción principal de arsénico. En el ambiente de trabajo, el arsénico se absorbe principalmente mediante los pulmones.

La dosis letal oral probable en humanos de trióxido de arsénico está entre 10 y 300 mg. La concentración considerada normal en sangre es inferior a 5 µg/L.

En cuestión de calidad de agua, la USEPA y la FDA señalan que el agua embotellada para beber no debe exceder de 10 ppb de Arsénico. En cambio la OMS fija el límite máximo del As en agua en 10 µg/L, aunque es frecuente que el agua subterránea exceda mucho esta concentración.

Por otro lado, el Departamento del Trabajo de los Estados Unidos señala que para la TWA (la exposición a suspensión aérea promedio no deberá ser excedida por los empleados en cualquier jornada de trabajo de 8 horas durante una semana de trabajo de 40 horas) el límite de exposición permisible PEL para la industria de As inorgánico es de 10 µg/m³ (10 microgramos de As por metro cúbico de aire), y para el As orgánico de 0.5 mg/m³ (miligramos de As por metro cúbico de aire). En el caso de los alimentos, la USEPA considera un nivel tolerable de arsénico residual orgánico en frutas y cítricos de 0.035 ppb. En el caso de productos animales tratados con drogas veterinarias la FDA señala 0.05 ppb en huevos y tejidos comestibles de pollo y pavos, y de 0.2 ppb en algunos productos comestibles de puerco y otros animales.

En México la normatividad nacional establece una concentración de arsénico máxima permisible de 0.05 mg/L para el agua destinada al uso y consumo humano que es distribuida por la red hidráulica (Norma Oficial Mexicana NOM-127- SSA1-1994). Este límite de concentración difiere de los establecidos por la OMS y la EPA, los cuales corresponden a 0.01 miligramos por litro. En la siguiente tabla se muestran algunos valores guía para el arsénico en agua de bebida.

Tabla 1. Valores guía para arsénico en agua de bebida establecido por varias agencias reguladoras

País/Organización	Nivel de contaminación máximo (MLC), mg/L
Canadá	0.025
USA	0.010
Argentina	0.050
México	0.050
Chile	0.050
Organización Mundial de la Salud (OMS)	0.010
Comunidad Económica Europea (CEE)	0.010
India	0.050
China	0.050
Taiwán	0.050

En la siguiente tabla se presentan la dosis oral de referencia (RfD) y los límites de ingestión para el arsénico

estimados por la Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR, 1993), el límite de ingestión asociado con la ausencia de manifestaciones clínicas de efectos adversos en los individuos expuestos (NOAEL) y el límite de ingestión asociado con la manifestación clínica de efectos adversos de baja magnitud (LOAEL).

Tabla 2. Límites de ingestión para una exposición crónica oral al arsénico (ATSDR, 1993)

Efectos clínicos, difíciles de diagnosticar.
Las manifestaciones neurológicas cutáneas y no específicas son usualmente más prominentes que los efectos gastrointestinales.
Puede ocurrir fatiga y debilidad muscular así como anorexia y pérdida de peso.
Hiperpigmentación, tiende de ser acentuada en áreas de mayor pigmentación así como la ingle y la areola
Hiperqueratosis, especialmente en la palma de las manos y en la planta de los pies.
Edema subcutáneo de la cara, párpados y tobillos; estomatitis, líneas de MEES, y algunas veces pérdida de uñas y pelo. En ocasiones pueden resultar en transformaciones malignas.
Neuropatía periferal; parestesia, dolor, anestesia, paresis o ataxia. Puede comenzar con síntomas sensoriales de las extremidades bajas y progresar a debilidad muscular y eventualmente parálisis y desgaste muscular. Poco común; encefalopatía con disturbio del habla y mentales, parecidos a los evidenciados en deficiencia de tiamina (síndrome de Wernickes).
Hepatomegalia e ictericia pueden progresar a cirrosis hipertensión portal y ascitis. Toxicidad glomerular y tubular directa que resulta en oliguria, proteinuria y hematuria.
Se han informado anomalías electrocardiográficas (prolongación del intervalo Q-T) y enfermedad vascular periferal. Ésta última incluye acrosianosis, el fenómeno de Raynaud, y gangrena.
Anormalidades hematológicas; anemia, leucopenia, y trombositopenia. Con las dosis altas se incluye cáncer de la piel y un alto riesgo de cáncer del pulmón.

¿Cuáles son los síntomas de envenenamiento por arsénico?

Los síntomas que una persona puede presentar debido al envenenamiento por arsénico son diversos, dependen del tipo y tiempo de exposición, estos pueden ser agudos o crónicos, en las siguientes tablas se describen de manera resumida dichos síntomas.

Tabla 3. Síntomas por envenenamiento crónico

Variable	Descripción	Dosis, mg/kg/día
RfD	Dosis oral de referencia.	3.0X10 ⁻⁴
NOAEL	Límite de ingestión asociado con la ausencia de manifestaciones clínicas de efectos adversos en los individuos.	8.0X10 ⁻⁴
LOAEL	Límite de ingestión asociado con la manifestación clínica de efectos adversos de baja magnitud.	1.4X10 ⁻²

¿Cuál es la situación del arsénico en el mundo?

Se han reportado aguas subterráneas contaminadas con arsénico en diversas partes del mundo, como Chile,

Bangladesh, Taiwán, USA, México, Argentina, entre otros. La presencia natural de arsénico en aguas superficiales y subterráneas de América Latina está asociada al volcanismo terciario y cuaternario desarrollado en la Cordillera de Los Andes, proceso que aún continúa y que se muestra en flujos de lava, géiseres, fumarolas, aguas termales y fenómenos geotérmicos relacionados con el volcanismo circumpacífico del llamado "Círculo de fuego del Pacífico". En el agua puede encontrarse en su forma trivalente y pentavalente.

En Argentina, la mayor presencia del arsénico en el agua es de origen natural, las aguas subterráneas en las áreas afectadas presentan concentraciones de arsénico variables, que van de valores menores de 0,10 mg/L hasta valores mayores de 1 mg/L. La fuente de arsénico en las capas freáticas de la región central y norte del territorio argentino es de origen volcánico y en menor importancia la contaminación también puede proceder de la actividad agrícol.

En Chile el arsénico se encuentra presente en todos los ecosistemas de la zona norte del país debido a la predominancia de volcanismo cuaternario en la zona.

En México la presencia de arsénico, principalmente, se debe a que está dentro del cinturón volcánico, con suelos ricos en arsénico que contaminan los mantos freáticos. Siendo otra posible fuente de contaminación el uso de plaguicidas órgano arsenicales empleados desde antes de 1945.

En la parte noroeste y central de México, se han encontrado altas concentraciones de arsénico. En el marco del Congreso Internacional Arsénico Natural en Aguas Subterráneas de América Latina, organizado por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el subgerente de laboratorios y monitoreo de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Jesús García Cabrera, señaló que más de dos millones de habitantes de los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Hidalgo, Nuevo León y Puebla, se encuentran expuestos a beber agua con niveles de arsénico que ponen en riesgo su salud.

Según la OMS, el agua es perjudicial si contiene más de 10 microgramos por litro de arsénico. En el este europeo, el líquido contiene, a menudo, 30 veces más dicho límite. Reportes de la ONU mencionan a Argentina, Chile y México como países en los cuales se han encontrado "aguas subterráneas contaminadas con arsénico".

En estudios realizados en el IPN por la especialista en productos lácteos Rebeca Flores Magallón, encontró

que la mayor parte de la producción entre el 80 y el 90%, no alcanza los estándares de calidad, y de 20 productores de queso Cotija, en sus productos encontró plomo, y únicamente en dos arsénico por encima de la norma.

¿Cuál es la situación del arsénico en Nayarit?

En estudios realizados en la Presa de Aguamilpa en el 2004, en sedimentos superficiales colectados en los periodos de secas y lluvias, se encontraron contenidos promedio de 14.12 y 13.19 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de arsénico respectivamente, superiores al 5.9 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ valor guía reportado por CCME para sedimentos de agua dulce. En cambio en el material terrígeno aledaño a la presa, el contenido promedio fue de 14.95 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de arsénico, superior al 1.8 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ reportado por Taylor (1964) como contenido promedio de la corteza terrestre. Registrándose en ambos casos las concentraciones más altas en las estaciones de muestreo más cercanas a la cortina.

También se analizó el arsénico en los peces, tilapia, lobina, bagre, carpa y palacha y el contenido de metales ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco) en músculo de dichos peces colectados en centros de acopio y jaulas de la Presa Hidroeléctrica de Aguamilpa fue, para lobina 0.19 y 0.13, en tilapia de centros de acopio ND y 0.68, en tilapia de jaulas 1.92 y 0.43, en carpa 0.44 y 0.22 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (peso seco) en secas y lluvias respectivamente; cabe señalar que la palacha y el bagre únicamente fue colectados en lluvias, y presentaron un contenido de 0.19 y 0.13 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de arsénico (peso seco) respectivamente. Únicamente la tilapia de jaulas colectada en secas presentó un contenido superior a la norma.

En el estudio de "Metales pesados y su especies químicas en sedimentos del Río Mololoa, Nayarit: determinación previa y posterior a una obra de dragado", en donde se tomaron muestras de sedimentos y suelos de la cuenca en octubre de 2002 (antes del dragado) y marzo de 2003 (después del dragado), se encontró que; las concentraciones promedio de arsénico en el material terrígeno de la cuenca del Río Mololoa (10.81 ppm) fueron superiores al contenido promedio de la corteza continental (1.8 ppm).

Los factores de enriquecimiento, calculados con base al contenido promedio de la corteza continental, presentaron como valor crítico al As (12.4) antes y después (6.5) del dragado; sin embargo estos mismos factores obtenidos con respecto del material terrígeno de la cuenca sugieren que se debe a un origen natural, además de presentar la menor biodisponibilidad de todos los metales estudiados, ya que no se detectó en las fases más lábiles (intercambiable y carbonatada).


Por otra parte, en el estudio "Evaluación del contenido de metales pesados en agua para consumo humano de la Ciudad de Tepic, Nayarit", se concluyó; que de las 21 plantas de agua monitoreadas, en 13 (61.9%) de ellas se detectó al menos una concentración de Pb significativamente mayor al LMP (0.02 mg/L) estipulado por la NOM-041-SSA1-1993. Respecto del As, cinco (23.8%) plantas reportaron concentraciones superiores al LMP (0.05 mg/L). Ambos elementos deben monitorearse frecuentemente por las autoridades correspondientes con el fin de confirmar o desaprobar estos hallazgos que representan riesgos toxicológicos importantes para la población de influencia.

¿De qué manera se puede reducir el As del agua para beber?

En agua potable los niveles de arsénico se pueden reducir a niveles seguros utilizando dos diferentes tecnologías: Mediante el proceso de adsorción (el agua pasa a través de un filtro donde el arsénico se separa, el cual está elaborado con otro metal como el hierro, zirconio alúmina o titanio) y mediante el Proceso de Osmosis Inversa (RO), en este caso el agua pasa a través de una película (membrana) que filtra el arsénico.

Es importante resaltar que el arsénico es un tóxico que es acumulativo, por lo que puede causar vómitos y dolores abdominales antes de la muerte. También puede provocar dermatitis y bronquitis, además puede ser carcinógeno en los tejidos de la boca, el esófago, la laringe y la vejiga. El arsénico también provoca una neuropatía periférica, pero cuando llega a afectar el SNC, puede producir crisis comiciales y coma.

El arsénico se concentra en los organismos que están expuestos a este elemento y se acumula a lo largo de las cadenas tróficas. La acumulación en los peces parece venir favorecida al aumentar la salinidad. Los cangrejos y las langostas acumulan especialmente altas concentraciones, pero de ello no parecen haber surgido casos de envenenamiento humano.

Debido a todo lo expuesto se recomienda el estudio y evaluación de los contenidos de arsénico, así como de otros metales pesados considerados dañinos para la salud, además de emprender investigaciones que puedan determinar las diversas correlaciones que pudieran existir entre este tipo de contaminantes ambientales y enfermedades como; diversos tipos de cáncer, enfermedades renales, cardiovasculares y del sistema nervioso central. 

BIBLIOGRAFÍA

ATSDR. (2007). Toxicological Profile for Arsenic, Health Effects. Recuperado el 19 de febrero de 2011, de <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2-c3.pdf>

Castro de E. M. L. (2006). Presencia de arsénico en el agua de bebida en América Latina y su efecto en la salud pública. International Congress, Mexico City, 20-24 June 2006. Natural Arsenic in Groundwaters of Latin America.

EPA. (2007). Arsenic in Drinking Water. Recuperado el 19 de febrero de 2011, de <http://www.epa.gov/safewater/arsenic/index.html>

EPA. (2011). Sección IV, Otros pesticidas. Recuperado el 23 de febrero de 2011, de <http://www.epa.gov/oppfead1/safety/spanish/healthcare/handbook/Spch14.pdf>

González T. L. (2005). Metales pesados y sus especies químicas en sedimentos del Río Mololoa, Nayarit: determinación previa y posterior a una obra de dragado. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit, México.

Hernández A. H. (2005). Evaluación del contenido de metales pesados en agua para consumo humano de la Ciudad de Tepic, Nayarit. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit, México.

México. (2006, junio 23). Población de seis estados consume agua contaminada con arsénico. Recuperado el 22 de febrero de 2011, de www.jornada.unam.mx/2006/06/23/046n1soc.php

Mireles V. J. (200). Medicina del Trabajo, Intoxicación por Arsénico. Recuperado el 22 de febrero de 2011, de <http://www.slideshare.net/sedivreyo/intoxicacin-por-arsnico-1324952>

Sepúlveda S. R. (2009). El arsénico en la contaminación de aguas subterráneas. Ciencia UANL, XII(3), 239-244.

Trejo V. R. y Bonilla P. A. (2002). Cuantificación de arsénico en el agua subterránea de la ciudad de Aguascalientes, México, y evaluación de riesgos entre la población. Ingeniería Hidráulica en México, XVII(4), 79-88.

WHO. (2003). Arsenic in Drinking Water. Recuperado el 19 de febrero de 2011, de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/arsenic.pdf

Zambrano C. R. M. (2005). Niveles de Contaminación por Metales Pesados en Sedimentos y Peces de la Presa de Aguamilpa, Nayarit. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit, México.

Datos de los autores:

M. en C. Rosa María Zambrano Cárdenas
Cuerpo Académico de Química
Área de Ciencias Básicas e Ingenierías
Universidad Autónoma de Nayarit
E - mail: rmzambrano10@hotmail.com

M. en C. Liborio González Torres
Cuerpo Académico de Química
Área de Ciencias Básicas e Ingenierías
Universidad Autónoma de Nayarit
E - mail: ligonza@nayar.uan.mx,
ligonzaster@gmail.com

M. en C. Francisco Julián Aranguré Zúñiga
Cuerpo Académico de Química
Área de Ciencias Básicas e Ingenierías
Universidad Autónoma de Nayarit
E - mail: paco_arangure@hotmail.com

Dr. Miguel Ángel Espinosa Rodríguez
Cuerpo Académico de Química
Área de Ciencias Básicas e Ingenierías
Universidad Autónoma de Nayarit
E - mail: mangelespinosa@hotmail.com

IQI Juan Carlos Paredes Limas
Cuerpo Académico de Química
Área de Ciencias Básicas e Ingenierías
Universidad Autónoma de Nayarit
E - mail: paredes_limas@hotmail.com

