

Estudio químico preliminar de aguas de pozo profundo con riesgo de exposición a derrame por hidrocarburo

Muñoz De La Cruz Sofía Del Rosario*, Vilchis Reyes Miguel Ángel, Mendoza Lorenzo Patricia

Centro de Investigación de Ciencia y Tecnología Aplicada de Tabasco (CICTAT), División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Cunduacán-Jalpa KM. 1 Col. La Esmeralda CP. 86690 Cunduacán, Tabasco, México.

*Autor para correspondencia: sofiamunozdelacruz@hotmail.com

Recibido:
12/junio/2021

Aceptado:
23/octubre/2021

Palabras clave:
Agua, pozo profundo,
contaminación por
hidrocarburo

Keywords:
Water,
deep well,
oil pollution

RESUMEN

El objetivo fue caracterizar las propiedades físicas y químicas de muestras de agua de pozo profundo con riesgo de exposición a hidrocarburos en una localidad de Cunduacán, Tabasco. Se analizaron 15 pozos profundos cercanos al Activo Integral Samaria-Luna. La toma de muestra se realizó según NOM-230-SSA1-2002. El pH, conductividad, sólidos disueltos totales y temperatura fueron determinadas *in situ* con un medidor portátil HANNA HI9813-5. El amoníaco, nitritos, nitratos, dureza general y dureza carbonatada se analizaron por técnicas colorimétricas. Resultados preliminares y según NOM-127-SSA1-1994b y PROY-NOM-127-SSA1-2017, los SDT y el amoníaco fueron los que con mayor frecuencia excedieron los límites permisibles de la calidad del agua. La caracterización de aguas de pozo profundo usadas comúnmente en actividades domésticas, agrícolas, industriales o de consumo, en zonas con potencial riesgo de contaminación, permitirá valorar su calidad e identificar factores de riesgo que modifiquen el estado de salud de sus pobladores.

ABSTRACT

The objective was to characterize the physical and chemical properties of deep well water samples at risk of exposure to hydrocarbons in a locality of Cunduacán, Tabasco. Fifteen deep wells near the Samaria-Luna Integral Asset were analyzed. Sampling was performed according to NOM-230-SSA1-2002. The pH, conductivity, total dissolved solids and temperature were determined *in situ* with a HANNA HI9813-5 portable meter. Ammonia, nitrites, nitrates, general hardness and carbonate hardness were analyzed by colorimetric techniques. Preliminary results and according to NOM-127-SSA1-1994b and PROY-NOM-127-SSA1-2017, SDT and ammonia were the most frequently exceeded permissible water quality limits. The characterization of deep well water commonly used in domestic, agricultural, industrial, or consumer activities in areas with a potential risk of contamination will make it possible to assess its quality and identify risk factors that modify the health status of its inhabitants.

Introducción

Una amplia variedad de compuestos tóxicos presentes en el aire, agua, suelo y sedimentos han sido asociados con un gran número de alteraciones fisiológicas en diversos organismos y con daños severos en diferentes ecosistemas (OMS,1992). Se ha reportado que sustancias químicas derivadas de los procesos de extracción de combustibles fósiles, petroquímicos y ciertos derrames podrían ocasionar alteraciones metabólicas en ciertas poblaciones, cuya exposición crónica podría favorecer la acumulación de grasas en el cuerpo e inducir fenotipos obesos (OMS, 2003; Kim et al., 2014). La distribución de los contaminantes en el ambiente es ubicua, sin embargo, las actividades industriales y los procesos químicos que ahí se realizan incrementan las emisiones de estos contaminantes al ambiente facilitando su incorporación al agua, aire, suelo y alimentos. Por su naturaleza, estas sustancias pueden ser transportadas a grandes distancias por los vientos y pueden incorporarse al cuerpo humano por ingestión, inhalación o absorción dérmica, razón por la cual, cada vez es más frecuente identificarlos en niveles significativos en el agua que tomamos, en la comida que ingerimos y en el aire que respiramos.

Nuestro país cuenta con regiones de alta exposición a sustancias químicas en aire, agua, suelo y alimentos. Tabasco se ubica en una de las regiones con las tasas más altas de exposición a contaminantes ambientales a consecuencia de sus principales actividades económicas y productivas, derrames de petróleo y otras actividades antropogénicas y culturales. Adicionalmente, se ha reportado que una tercera parte del agua dulce de México se concentra en este estado debido a los sistemas fluviales y las abundantes lluvias en la región, factores que sin duda modifican la distribución y/o bioacumulación de estos contaminantes ambientales (CONAGUA, 2017; FES, 2017).

Existen comunidades rurales en el estado de Tabasco donde el acceso al sistema de agua potable es limitado o no cuentan con este servicio por lo que sus pobladores cubren sus necesidades básicas a partir de las fuentes de agua disponibles como ríos, lagos y particularmente, pozos tradicionales (10 m de profundidad) o pozos profundos (25-30 m profundidad) para la obtención de este vital líquido. Durante años, el agua de estos pozos, tanto tradicionales, como profundos, representan una importante fuente de abastecimiento para estas comunidades (CONEVAL, 2020). De hecho, hasta hace algunos años se creía que entre más profundo era el pozo de donde se obtenía el agua, mayor era su calidad y menor sus índices de contaminación, sin embargo, con el paso de los años, el incremento de las actividades petroleras e industriales han modificado la presencia de estos contaminantes en los cuerpos de agua de la región

y desconocemos las implicaciones que esto conlleve sobre la salud de sus poblaciones y el equilibrio de sus ecosistemas. Hasta la fecha, son limitados los estudios enfocados a caracterizar la calidad de agua en la región.

A Tabasco lo integran 17 municipios, entre ellos, Cuauacán resulta de gran interés por su activa participación en el sector secundario, representado por la industria petrolera (INEGI, 2021). Este municipio abarca el 2.54 % del territorio total del estado y al menos el 50% de su superficie alberga algún tipo de instalación de PEMEX. La gran cantidad de ductos que atraviesan sus localidades, incrementan el riesgo de derrames cuyos efectos colaterales han sido poco explorados. Cuauacán incluye localidades que por su ubicación geográfica y su cercanía con el Activo Integral Samaria-Luna, presentan un mayor riesgo de exposición a estos derrames como es el caso de Cumuapa. En este contexto, la presente investigación pretende caracterizar a nivel físico y químico la calidad del agua de pozo profundo en regiones expuestas a derrames por hidrocarburo para evaluar su calidad y su viabilidad como aguas sanitariamente tolerables.

Metodología

Área de estudio

El estudio es considerado un ensayo piloto de tipo exploratorio. La localidad de Cumuapa se ubica en el municipio de Cuauacán, Tabasco en las coordenadas Latitud: 17.995785, Longitud: -93.14546, Altitud: 10 metros. Debido a su actividad económica, esta zona ha sido expuesta a derrames por hidrocarburos y aunque cuenta con accesos limitados a pozos de agua en general, fue posible ubicar 15 pozos profundos (rango 15-33 m). En 2019 se obtuvo una muestra representativa de agua en cada uno de estos pozos profundos y se procedió a su caracterización física y química. Las ubicaciones geográficas de los puntos de muestreo se reportan en la Figura 1, cabe mencionar que estos sitios se corresponden con las áreas de mayor densidad poblacional.



Figura 1. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo de agua de pozo profundo en Cumuapa (Cuauacán, Tabasco).
Fuente: Google Earth

Análisis físicos y químicos

La toma de muestra de agua de pozo profundo se realizó según lo establecido en la NOM-230-SSA1-2002. La recolección, conservación y almacenamiento de las muestras de pozo profundo se llevó a cabo en frascos de vidrio de boca ancha previamente lavados y desinfectados con detergente neutro concentrado (Hyclin-plus neutro, HYCEL®). Cada frasco fue sumergido en una solución de HNO₃ 0.1 N durante 48 h a temperatura ambiente. Posteriormente se enjuagaron con agua desionizada y se secaron a 120 °C por 24 h. Una vez secos, cada frasco fue etiquetado, envuelto en papel estraza y almacenado a temperatura ambiente hasta el día del muestreo. Una vez realizado el muestreo de las aguas de pozo profundo, éstas fueron almacenadas y transportadas en hielo al laboratorio, evitando en la medida de lo posible, su exposición a la luz solar. Todas las muestras de agua recolectadas fueron almacenadas a 4 °C hasta su procesamiento.

El pH, la conductividad, los sólidos disueltos totales y la temperatura fueron determinadas *in situ* con un equipo portátil HANNA HI9813-5 multiparamétrico sumergiendo la punta del electrodo (≈4cm) dentro de cada una de las muestras y seleccionando la variable correspondiente. La lectura fue registrada tras un par de minutos para su estabilización. El amoníaco (método de Indofenol modificado), los nitritos y los nitratos (método de disociación modificado en presencia de ácido 4-aminobencensulfónico), la dureza general o GH y la dureza carbonatada o KH (método titrimétrico modificado) se analizaron siguiendo las recomendaciones del proveedor (Hagen @ [USA]).

Determinación de hidrocarburos totales de petróleo (HTP) no volátiles

Inicialmente y como parte de la validación de muestras de referencia en estudios toxicológicos futuros, se llevó a cabo un análisis preliminar a ocho marcas de agua comercial (AC1 a AC8) y a una muestra de agua proveniente de la Unidad de Producción, Cuidado y Experimentación Animal de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UPCEA-UJAT).

Previo a su procesamiento, todas las muestras de agua fueron filtradas por gravedad en papel filtro No. 4 (Whatman™, Qualitative, 125 mm de diámetro). En una primera etapa se tomaron 200 mL del filtrado y se colocaron en un embudo de separación de 500 mL. Posteriormente se adicionaron 200 mL de diclorometano (DCM) y se procedió a agitar la mezcla de forma manual y vigorosa durante 30 s, eliminando los gases del interior por tres veces consecutivas. Finalmente, la mezcla se dejó reposar por 2 h a temperatura ambiente (25 ± 2 °C).

En una segunda etapa, se recuperaron ambas fases por separado. Para los fines de este estudio se recuperó la fase orgánica en un matraz de balón esmerilado para obtener los hidrocarburos totales de petróleo (HTP), los cuales posteriormente fueron concentrados en un rotavapor. Una vez concentradas, cada muestra fue sometida a determinación de HTP no volátiles en un UV-Vis (GENESYS 10S UV-Vis spectrophotometer, Thermo Scientific™) a 426nm.

Resultados y discusión

Análisis físicos y químicos

Muestras de referencia: aguas embotelladas comerciales y del UPCEA-UJAT

Los resultados del análisis de validación a las muestras de agua comercial para su uso futuro en ensayos toxicológicos como muestras de referencia se reportan en la Tabla 1 y 2, respectivamente.

Tabla 1. Análisis físicos y químicos realizados a muestras de agua comercial y del UPCEA-UJAT para validar su uso en ensayos toxicológicos futuros. (Parte I).

Folio	Temperatura máx. (°C)	pH	SDT (ppm)	Conductividad máx. (µS/cm a 25 °C)
NOM	25	6.5-8.5	1000	1250 excelente
AC1	13.70 ± 0.20	7.80 ± 0.00	65.00 ± 5.00	80 ± 0.00
AC2	12.00 ± 0.00	7.50 ± 0.10	109.00 ± 3.00	140 ± 10
AC3	10.70 ± 0.10	7.60 ± 0.10	86.00 ± 6.00	110 ± 10
AC4	10.00 ± 0.00	7.00 ± 0.00	53.00 ± 1.00	60 ± 0.00
AC5	10.20 ± 0.20	7.00 ± 0.10	118.00 ± 2.00	160 ± 20
AC6	12.10 ± 0.20	7.80 ± 0.10	0.54 ± 0.00	60 ± 0.00
AC7	10.80 ± 0.10	7.50 ± 0.30	0.88 ± 0.00	110 ± 10
AC8	10.30 ± 0.00	7.80 ± 0.00	32.00 ± 1.00	30 ± 0.00
UPCEA	10.27 ± 0.25	7.93 ± 0.06	113.00 ± 9.85	240 ± 20

Los datos se reportan como el Promedio ± Desviación Estándar.

Tabla 2. Análisis físicos y químicos realizados a muestras de agua comercial y del UPCEA-UJAT para validar su uso en ensayos toxicológicos futuros. (Parte II).

Folio	Amoníaco (NH ₃) (0.0-6.1 mg/L)	Nitratos (NO ₃ ⁻) (0.0-110.0 mg/L)	Nitritos (NO ₂ ⁻) (0.0-3.3 mg/L)	Dureza general (GH) (0.0-200 mg/L)	Dureza carbonatada (KH) (0.0-80 mg/L)
NOM	0.5	11	0.9	500	-
AC1	< 0.0-6.1	< 0.0-110.0	< 0.0-3.3	20	30
AC2	< 0.0-6.1	< 0.0-110.0	< 0.0-3.3	20	10
AC3	< 0.0-6.1	< 0.0-110.0	< 0.0-3.3	20	20
AC4	< 0.0-6.1	< 0.0-110.0	< 0.0-3.3	20	50
AC5	< 0.0-6.1	< 0.0-110.0	< 0.0-3.3	20	10
AC6	< 0.0-6.1	< 0.0-110.0	< 0.0-3.3	20	10
AC7	< 0.0-6.1	< 0.0-110.0	< 0.0-3.3	20	40
AC8	< 0.0-6.1	< 0.0-110.0	< 0.0-3.3	20	10
UPCEA	< 0.0-6.1	< 0.0-110.0	< 0.0-3.3	20	60

De acuerdo con los resultados registrados en la Tablas 1, Tabla 2 y conforme a lo establecido en la normatividad mexicana en lo referente a agua para uso y consumo humano (NOM-230-SSA1-2002 y PROY-NOM-127-SSA1-2017) todas las muestras de agua analizadas, tanto comerciales (AC1-AC8), como la proveniente del UPCEA-

UJAT, cumplen con las especificaciones sanitarias físicas y químicas preliminares que aseguran su calidad, por lo que cualquiera de ellas podría ser usada en estudios toxicológicos futuros como muestras de referencia.

Muestras de agua de pozo profundo

Las Tablas 3 y 4 muestran los análisis físicos y químico preliminares que han sido realizadas a las muestras de aguas provenientes de pozos profundos de la localidad de Cumuapa, un poblado cercano al Activo Integral Samaria-Luna en Cunduacán Tabasco.

Tabla 3. Análisis preliminar a muestras de agua de pozo profundo de la localidad de Cumuapa en Cunduacán, Tabasco. (Parte I).

Folio	Pozo profundo (m)	Temperatura máx. (°C)	pH	SDT (ppm)	Conductividad máx. (µS/cm a 25 °C)
NOM		25	6.5-8.5	1000	250 - 750 buena 75-2000 permisible
MAC01	30	30.3 ± 1.0	7.1 ± 0.1	912 ± 2.0	1270 ± 30
MAC02	15	32.0 ± 2.0	6.6 ± 0.2	911 ± 0.0	1290 ± 30
MAC03	16	29.4 ± 1.2	6.3 ± 0.0	626 ± 2.0	860 ± 60
MAC04	21	30.4 ± 1.0	6.5 ± 0.0	828 ± 1.0	1210 ± 0.0
MAC05	33	30.4 ± 0.8	7.0 ± 0.1	742 ± 0.0	1020 ± 40
MAC06	33	31.2 ± 0.0	7.0 ± 0.0	1029 ± 2.0	1420 ± 20
MAC07	25	30.0 ± 1.0	7.0 ± 0.0	1633 ± 1.0	2190 ± 60
MAC08	22	32.0 ± 0.0	6.6 ± 0.06	941 ± 0.0	1310 ± 0.00
MAC09	25	31.8 ± 0.0	6.9 ± 0.06	1735 ± 5.0	2600 ± 30
MAC10	22	32.0 ± 1.0	6.4 ± 0.06	761 ± 0.0	1050 ± 60
MAC11	25	31.2 ± 0.0	6.5 ± 0.0	716 ± 0.0	1000 ± 0.00
MAC12	25	41.0 ± 2.0	6.6 ± 0.06	961 ± 2.0	1330 ± 20
MAC13	30	34.5 ± 0.0	6.9 ± 0.06	678 ± 2.0	990 ± 10
MAC14	20	34.1 ± 0.9	6.6 ± 0.12	655 ± 5.0	910 ± 0.00
MAC15	18	33.6 ± 0.0	6.7 ± 0.0	663 ± 3.0	920 ± 50

Los datos se reportan como el Promedio ± Desviación Estándar.

Tabla 4. Análisis preliminar a muestras de agua de pozo profundo de la localidad de Cumuapa en Cunduacán, Tabasco. (Parte II).

Folio	Amoníaco (NH ₃) (0.0-5.3 mg/L)	Nitratos (NO ₃ ⁻) (0.0-110.0 mg/L)	Nitritos (NO ₂ ⁻) (0.0-3.3 mg/L)	Dureza general (GH) (0.0-200mg/L)	Dureza carbonatada (KH) (0.0-80 mg/L)
NOM	0.5	11	0.9	500	-
MAC01	0.00	0.00	0.00	180	290
MAC02	0.10	20.00	0.10	260	350
MAC03	1.20	0.00	0.00	240	190
MAC04	0.60	5.00	0.30	140	240
MAC05	0.30	0.00	0.00	140	240
MAC06	3.70	5.00	0.00	320	330
MAC07	2.40	10.00	0.10	320	330
MAC08	0.10	5.00	0.30	160	330
MAC09	6.10	10.00	0.10	420	300
MAC10	1.20	0.00	0.00	220	220
MAC11	0.60	0.00	0.00	260	240
MAC12	0.30	0.00	0.00	240	140
MAC13	1.20	5.00	0.30	120	190
MAC14	0.30	0.00	0.00	140	210
MAC15	0.60	0.00	0.10	200	250

Al comparar los análisis físicos y químicos preliminares realizados a las muestras de agua de pozo profundo de la localidad de Cumuapa con respecto a lo establecido en la normatividad mexicana referente a la calidad del agua para uso y consumo humano (NOM-230-SSA1-2002 y PROY-NOM-127-SSA1-2017) podemos resaltar alteraciones en la Tabla 1 que sobrepasan los límites

permisibles de la calidad del agua en variables como los SDT y Conductividad, los cuales podrían afectar su calidad y condicionar su aplicación para uso y consumo humano, sin embargo es necesario dar seguimiento al resto de las determinaciones químicas para poder tener una mayor certeza con respecto a su calidad. Actualmente y tras el distanciamiento social de los últimos años, se está dando seguimiento a las determinaciones de HTP para complementar la información aquí presentada.

Las alteraciones en las concentraciones de SDT en el agua podrían ser un indicador de un exceso de sales, minerales, metales o cualquier otro compuesto orgánico o inorgánico disuelto en el agua, lo que podría sugerir posible contaminación ambiental, aunque será necesario continuar con las determinaciones químicas para tener una mayor certeza y poder valorar objetivamente su calidad.

Los análisis químicos de las muestras de agua de pozo profundo de la localidad de Cumuapa, también registraron alteraciones en lo referente al nitrógeno amoniacal de acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 4. La contaminación de aguas subterráneas debido a un incremento en las concentraciones de nitrógeno y sus derivados ha sido reportada desde hace varias décadas (Rodríguez-Eugenio N, 2019). Entre los problemas ambientales generados por estos compuestos de nitrógeno se reporta un aumento en la acidez y eutrofización de las aguas, factores que disminuyen su calidad y limitan su uso como agua potable o para la obtención de alimentos (Rodríguez-Eugenio N, 2019).

En su conjunto, el amonio ionizado y no ionizado, el nitrito y el nitrato son considerados como nitrógeno inorgánico y su presencia, especialmente la del amonio y la del nitrito, tiene reconocidos efectos tóxicos sobre especies acuáticas. La forma no ionizada del amonio resulta ser más tóxica para organismos acuáticos (Cárdenas y Sánchez, 2013).

El panorama de toxicidad por compuestos nitrogenados no es exclusivo de organismos acuáticos, para el ser humano la ingesta de nitritos y nitratos, puede inducir efectos adversos en la salud. Entre las enfermedades asociadas se reporta la metahemoglobinemia en bebés, linfomas y cánceres, enfermedades coronarias, infecciones del tracto respiratorio, malformaciones en recién nacidos, abortos espontáneos, nacimientos prematuros y retardo en el crecimiento intrauterino (Cárdenas y Sánchez, 2013).

Determinación de hidrocarburos totales de petróleo (HTP) no volátiles

Los resultados de las determinaciones de HTP no volátiles para las muestras de agua comercial y aquellas derivadas del UPCEA_UJAT que fueron analizadas para garantizar su calidad y uso como muestras de referencia en análisis toxicológicos futuros se reportan en la Figura 1.

De acuerdo con los resultados obtenidos y conforme a lo establecido en la normatividad mexicana en lo referente a agua para uso y consumo humano (NOM-230-SSA1-2002 y PROY-NOM-127-SSA1-2017) todas las muestras de agua analizadas, tanto comerciales (AC1-AC8), como la proveniente del UPCEA-UJAT, cumplen con las especificaciones sanitarias físicas y químicas preliminares que validan su calidad, por lo que cualquiera de ellas podría ser usada como muestras de referencia en estudios toxicológicos futuros.

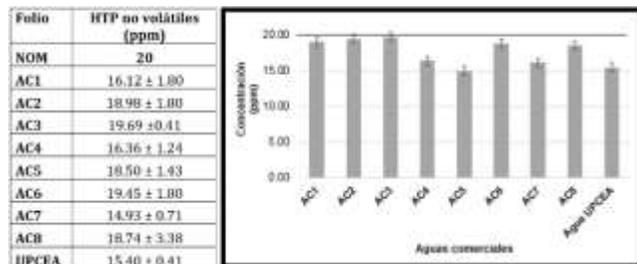


Figura 1. Determinación de HTP no volátiles a muestras de agua comercial y del UPCEA-UJAT.

Perspectivas

Dar seguimiento a las determinaciones de hidrocarburos en las muestras de agua de pozo profundo mediante espectroscopia de infrarrojo (FTIR). Dar seguimiento al estudio a diferentes periodos de tiempo para poder realizar un comparativo sobre la calidad y la seguridad del agua de los pozos profundos de la localidad.

Conclusiones

El análisis preliminar de las muestras de agua de pozo profundo provenientes de zonas con potencial riesgo de exposición a derrames por hidrocarburo presenta propiedades físicas y químicas que sobrepasan los límites permisibles establecidos en la normatividad mexicana vigente en materia de aguas para uso y consumo humano, sin embargo, es necesario continuar con las determinaciones químicas y microbiológicas necesarias para validar su calidad. La falta de financiamientos limito el desarrollo de otras técnicas analíticas especializadas, por lo que será necesario reforzar algunas determinaciones en estudios posteriores.

Agradecimientos

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) por la infraestructura y el uso de sus instalaciones académicas y de investigación, a CONACYT por la beca para estudios de maestría de Muñoz de la Cruz Sofía del Rosario, a Mendoza Martínez Efrén y Gil Domínguez Roberto por el apoyo recibido durante el trabajo de campo.

Referencias

Cárdenas G.L., Sánchez I.A. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Rev. Univ salud.* 2013;15(1) 72 - 88.

Comisión Nacional del Agua, CONAGUA. (2017) Estadísticas del agua en México. Edición 2017. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. Recuperado el día 19 de junio del 2021, de http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2017.pdf

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, CONEVAL. (2020). Informe de pobreza y evaluación 2020 Tabasco. Ciudad de México, México. Recuperado el día 19 de junio del 2021, de https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes_de_pobreza_y_evaluacion_2020_Documentos/Informe_Tabasco_2020.pdf

Rodríguez-Eugenio N., McLaughlin M., Pennock D. (2019). La contaminación del suelo: una realidad oculta. Roma, FAO. ISBN 978-92-5-131639-9. Recuperado el día 11 de septiembre del 2021, de <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>

Fundación Friedrich-Ebert Stiftung, FES (2017). Proyecto Regional Transformación Social-Ecológica. El agua en México. Actores, sectores y paradigmas para una transformación social-ecológica. Fundación Friedrich Ebert, Ciudad de México, México. Recuperado el día 19 de junio del 2021, de http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/libro/agua_aen_mexico.pdf

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI. (2021). Cuéntame de México. Consultado el día 19 de junio del 2021, de <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tab/default.aspx?tema=me&e=27>

Google Earth 2021. Versión 9.139.0.0. Consultado el día 20 de junio del 2021, de <https://earth.google.com/web/search/Cumuapa+1ra.+Secci%C3%B3n,+Tab./@17.98580445,-93.1380556,16.41316113a,5371.12212794d,35y,0h,45t,0r/data=CoUBGlsSVQolMHg4NwVjMmE1N2UwYzFjZThiOjB4YjQ3MGMwYjVmN2YzNDY3ORlIPRC0XfWxQCHm>

wSfn1UhXwCoaQ3VtdWFwYSAxcmEuIFNIY2Npw7NuL
CBUYWIYAiABliYKJAKRRZt392LRvxFSA1x3r1hFwBn47
b4GS2RWQCGGP60Z0887QCgC?hl=es

Kim H.W., Kam S., Lee D.H. (2014). Synergistic interaction between polycyclic aromatic hydrocarbons and environmental tobacco smoke on the risk of obesity in children and adolescents: The U.S. National Health and Nutrition Examination Survey 2003-2008. *Environmental Research*, 12 Nov 2014, 135:354-360. Recuperado el 19 de junio del 2021, de <https://europepmc.org/article/med/25462685>

NORMA Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo. Consultada el día 20 de junio del 2021, de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2081772&fecha=12/07/2005

PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-127-SSA1-2017, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Consultada el día 20 de junio del 2021, de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5581179&fecha=06/12/2019

Organización Mundial de la Salud, OMS. (1992). 45 (14), 1-15. Recuperado el 19 de junio del 2021, de file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/WHA45_1992-REC-1_spa.pdf

Organización Mundial de la Salud, OMS. (2003). *Serie de Informes Técnicos 2003*. 916, 152. Recuperado el 19 de junio del 2021, de https://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_916_spa.pdf