TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL AGUA PROVENIENTE DE LA PLANTA PURIFICADORA UBICADA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE DURANGO

Domínguez Bracho Fernando[2]; Lara Ortiz Briseida[1]; Vanegas Parra Emma Luz[1]; Pensabén Esquivel José Manuel[2];

TecNM-de Durango. [1]Depto. de Ingenierías Química-Bioquímica. [2]Depto. de Ciencias de la Tierra. [1]Departamento de Ciencias de la Tierra. TecNM-Durango. Durango, Dgo. C.P. 34080. México. [2]Departamento de Ingenierías Química-Bioquímica. TecNM-Durango. Durango, Dgo. C.P. 34080. México. Autor de correspondencia: mpensaben@itdurango.edu.mx

RESUMEN

Hoy en día, la mayoría de la población prefiere consumir agua de plantas purificadoras o manantiales y no tanto agua proveniente de los pozos conectados a las redes municipales que llegan a sus casas, porque no la sienten segura en cuanto a sus características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radioactivas. El Instituto Tecnológico de Durango (ITD) cuenta con su propia planta purificadora y se suministra de agua a través de la red municipal constituida por pozos subterráneos abastecidos por el Acuífero Valle del Guadiana, quien se caracteriza por contener altas concentraciones de fluoruro y arsénico por encima del límite permisible. De allí el interés por determinar las concentraciones de minerales, con el fin de conocer la calidad del agua que se está ofreciendo. El proceso utilizado en la planta incluye filtros: arena-grava, carbón activado y filtro suavizador; sistema de osmosis inversa; filtro pulidor; purificador de luz ultravioleta y un generador de ozono. Los resultados de los parámetros analizados muestran ausencia de los metales calcio, hierro, cromo, cobre y carbonatos. baja concentración de potasio, cloruros, sulfatos, fosfatos, nitratos, nitrógeno total y oxígeno disuelto. La concentración de sodio, magnesio, bicarbonatos, solidos solubles y conductividad eléctrica se encuentran dentro de los valores adecuados. la dureza total permite considerarla como agua semiblanda y con un pH ligeramente ácido. La metodología utilizada corresponde al descrito en el estuche portátil de la marca Hanna Instruments, consistente del kit específico para pruebas químicas, HI3817, que, a través de titulación, colorimetría y medición directa, mide la calidad del agua.

Palabras clave: *planta purificadora, Kit H13817 Hanna Instruments, análisis de agua purificada.*

ABSTRACT

Nowadays, most of population prefers consuming water from water purification plants or springs, other than consuming water from the municipal networks that reach their homes, as they don´t consider it safe enough in terms of its bacteriological, physical, organoleptic, chemical and radioactive quialities. The Durango Institute of Technology (ITD) has its own purification plant and supplies water from the municipal network, wich is fed by underground wells mostly suplied by the Guadiana Valley Aquifer, known for containing high concentrations of fluoride

TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

and arsenic above the allowed limit. This led to the interest in determing the concentrations of minerals in order to assess the quality of the water being offered. The procedures included in the water purification plant include the following filiters: sand-gravel, activated carbon and softening filter; also includes a reverse osmosis system; a polishing fiilter; ultraviolet light purifier; and an ozone generator.

The results of the analyzed parameters show the absence of the metals calcium, iron, chrome, copper and carbonates; los concentration of potassium, chlorides, sulfates, phosphates, nitrates, total nitrogen and dissolved oxygen. The concentration of sodium, magnessium, bicarbonates, total dissolved solids and electrical conductivity weres found within the allowed limits. The total water hardness allows the water to be considered as a semi soft water with a slightly acidic pH. The methodology used is in accordance to the procedure described in the portable test kit by Hanna Instruments, consisting of the specific kit for chemical tests, HI3817, which measures water quality through titration, colorimetry and direct measurement.

Keywords: *Purification plant, Hanna Instruments HI3817 kit, purified water analysis.*

INTRODUCCIÓN

En el estado de Durango hay un sinnúmero de pozos por medio de los cuales se distribuye el agua a los 39 municipios que conforman a la Entidad Federativa. La principal fuente de abastecimiento para la Ciudad de Durango proviene del acuífero Valle del Guadiana (figs.1 y 2), definido con la clave 1003, por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y se localiza en la porción centro-sur del estado de Durango, entre los paralelos 23° 27' y 24° 29' de latitud norte y 104° 19' y 105° 08' de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 4,817 km^2. Además, abastece a los municipios de Canatlán, Pánuco de Coronado, Mezquital y Nombre de Dios. La caracterización hidro geoquímica y su análisis fisicoquímico correspondiente incluyen parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, iones principales, temperatura, conductividad eléctrica, pH, Eh, nitratos, dureza total, sólidos totales disueltos, Fe, Mn, coliformes fecales y totales https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/durango/DR_1003.pdf .

El acuífero del Valle de Guadiana está clasificado como sobreexplotado y contiene altas concentraciones de fluoruro con valores que oscilan entre 2.22 y 7.23 ppm y que superan los límites máximos permitidos (1.5 ppm) según la Norma Oficial Mexicana OM-041-SSA1-1993 y NOM-127-SSA1-1994, lo que representa un riesgo para la fluorosis dental (Gutiérrez Rodríguez *et al*., 2024). En algunas localidades también se presentan concentraciones apreciables de arsénico y cromo (Cr), debido a la composición geológica del lugar (Arreguín *et al*. 2025).

TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

Figura 1. Manto acuífero del Valle del Guadiana (Gutiérrez Rodríguez *et al*.2024)

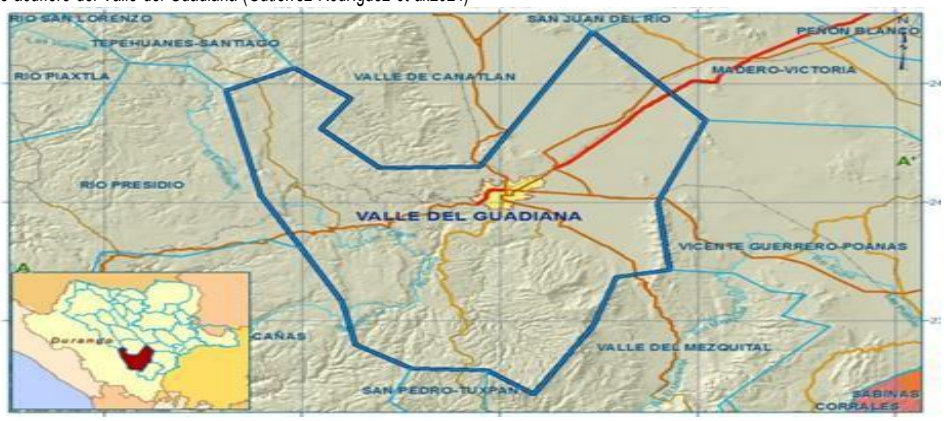

Figura 2. Manto acuífero del Valle del Guadiana. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/durango/DR_1003.pdf)

Características fisicoquímicas del agua. Las características fisicoquímicas y microbiológicas que debe presentar el agua de acuerdo con la Norma Mexicana se indican en las tablas 1,2 y 3.

Cuadro 1. Especificaciones sanitarias químicas

Parámetros	Límite permisible (mg/L)
Cianuros totales	0.07
Dureza total	500.00
Fluoruros	1.50
Nitrógeno amoniacal	0.50
Nitrógeno de nitratos	11.00
Nitrógeno de nitritos	0.90
Sólidos disueltos	1000.00
Sulfatos	400.00
Sustancias activas al azul de metileno	0.50

TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021

Cuadro 2. Especificaciones sanitarias de metales y metaloides

Parámetros	Límite permisible (mg/L)
Aluminio	0.20
Arsénico	0.025
Bario	1.3
Cadmio	0.005
Cobre	2.00
Cromo total	0.05
Hierro	0.30
Manganeso	0.15
Mercurio	0.006
Níquel	0.07
Plomo	0.01
Selenio	0.04

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021

Cuadro 3. Especificaciones sanitarias

Parámetros	Límite permisible
E. coli o Coliformes termo tolerantes	<1.1 ó no detectable NMP/100 mL <1 UFC/100 mL
Giardia lamblia	Ausencia/100 mL

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021

Pozos de agua en el Municipio de Durango. El abastecimiento de agua en la Ciudad de Durango se realiza a través de 96-98 pozos perforados (fig. 3), que se encuentran en operación e interconectados por medio de redes que son administradas por la Empresa Aguas del Municipio de Durango (AMD), organismo encargado de abastecer de agua a la población y al ITD. De ellos se extraen 2 mil 400 litros por segundo (Corrujedo, C.R., 2023). La interconexión se hace con el fin de que sí en un momento dado alguno de los pozos tiene baja capacidad de agua, se le pueda suministrar agua de otros pozos más cercanos a la zona.

TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

Figura 3. Ubicación geográfica de los pozos y tanques, dentro de la ciudad de Durango, Dgo. Fuente: https://www.gob.mx/cms/uploads/ attachment/file/ 99854/PMPMS_ Victoria_de_Durango_Dgo.pdf

La ubicación de algunos pozos administrados por la Comisión Nacional del Agua (**CONAGUA**), se indica en la figura 4.

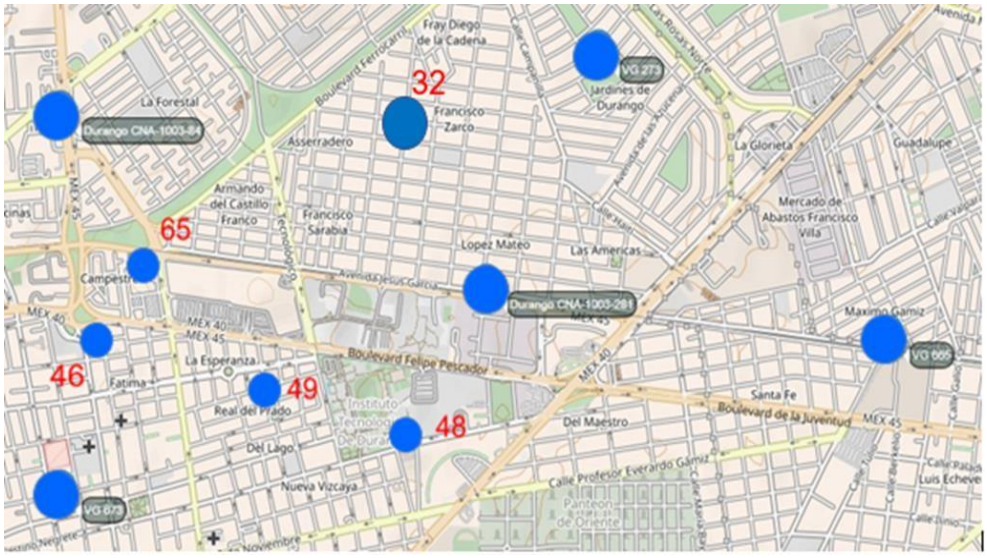

Figura 4. Ubicación de los pozos cercanos al ITD Fuente: https://sigagis.conagua.gob.mx/rp20/

Características de algunos pozos (https://sigagis.conagua.gob.mx/rp20/)

Pozo Durango CNA-1003-281

Ubicación: Durango, Acuífero Valle del Guadiana

Elevación: 1885.19 m

Coordenadas: 24.03542, -104.64235

Distancia al ITD: Aproximadamente 0.6 km

Niveles de agua (m): 2001: 24.6 | 2009: 8 | 2011: 23 | 2014: 24.85 | 2016: 16 | 2024: 51

Pozo VG 673

TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

Ubicación: Durango, Acuífero Valle del Guadiana

Elevación: 1894.23 m

Coordenadas: 24.028917, -104.658333

Distancia al ITD: Aproximadamente 1.19 km

Niveles de agua (m): 2007:15 | 2008:16.5 | 2009:15.6 | 2010:18| 2011:16 | 2012:18 | 2013:17| 2014:16.6 | 2015:16

Pozo VG 665

Ubicación: Durango, Acuífero Valle del Guadiana

Elevación: 1886.95 m

Coordenadas: 24.03375, -104.627167

Distancia al ITD: Aproximadamente 2.03 km

Niveles de agua (m): 2008: 16.1 | 2014: 15.5

Pozo VG 273

Ubicación: Durango, Acuífero Valle del Guadiana

Elevación: 1883.12 m

Coordenadas: 24.042778, -104.638056

Clave: 1003

Distancia al ITD: Aproximadamente 1.57 km

Niveles de agua (m): 2001: 29.9 | 2007: 13.3 | 2024: 16

Pozo Durango CNA-1003-84

Ubicación: Durango, Acuífero Valle del Guadiana

Elevación: 1893.92 m

Coordenadas: 24.040944, -104.658306

Clave: 1003

Distancia al ITD: Aproximadamente 1.58 km

Niveles de agua (m):2015: 42 | 2016: 32.3 | 2019: 39 | 2022: 35.4 | 2023: 40 | 2024: 41

MATERIALES Y MÉTODOS

TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

La metodología utilizada para la cuantificación de minerales se hizo por espectrofotometría, descrita en el manual del equipo HACH DR 2800 y en el de Hanna Instruments, consistente del kit específico para pruebas químicas, HI3817, técnicas que a través de titulación, colorimetría y medición directa, miden la calidad del agua (fig.5). La recolección de la muestra se realizó de acuerdo a lo establecido en la NOM 127 SSA 2001.

Figura 5. kit Hanna- HI3817 y el conjunto de estándares de calibración para diferentes minerales

Ubicación de la Planta Purificadora de Agua del ITD. Los pozos subterráneos que abastecen de agua a las instalaciones del ITD en la zona sur, son los correspondientes a los números 48 y 49 y los de la zona norte son los correspondientes a los números 32 y 65 (fig. 4), estos últimos ubicados en la Col. Fco. Zarco y Col. Armando del Castillo Franco, respectivamente, y que son los pozos cercanos a la planta purificadora del ITD. Probablemente también esté conectado el pozo ubicado lateralmente hacia la parte oriente de la planta, que pertenece a la Comisión Federal de Electricidad.

La ubicación de las áreas norte y sur del Instituto Tecnológico, de se ilustra en la figura 5

Figura 5. Mapeo de las zonas norte y sur que ocupa el Instituto Tecnológico de Durango. Fuente: Adaptado de Google Earth, 2019. https://earth.google.com/web/@24.03461183,-104.64393064,1881.48301797a,1378.68491694d,35y,347.78150231h,0t,0r/data=CksaRRI_CiUweDg2OWJiN2M0YThhMWI0MTk6MHg1NDBkYjA1Yjg0ZDM3MDE0KhZJbnN0aXR1dG8gVGVjbm9sw7NnaWNvGAIgAUICCAFCAggA Sg0IARAA

TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

Descripción del proceso y equipo utilizado en la planta purificadora (Figura 6). El agua que llega a la planta purificadora proveniente de pozos de la red municipal (1), se almacena en una cisterna con capacidad de 2500 litros (2), desde donde se bombea (3) y se hace pasar por tres filtros: arena- grava (4), para retener partículas suspendidas, carbón activado (5), para eliminar contaminantes orgánicos que dan sabor, olor y color al agua, y filtro suavizador (6), para disminuir la dureza del agua formada por minerales presentes: calcio, magnesio, hierro y manganeso. En seguida, se hace pasar por el equipo de osmosis inversa (7), para eliminar partículas en suspensión hasta un 99%. Posteriormente se almacena en una cisterna de aguas tratadas (8) desde donde se bombea (9) y se envía a un filtro pulidor (10), para garantizar que ninguna partícula mayor de 5 micras esté presente en el agua y pueda tener una apariencia más clara y brillante. Después pasa por un tratamiento con luz ultravioleta (11), para controlar la presencia de virus y bacterias que lleva el agua. De allí pasa por un ozonizador (12) para la desinfección y limpieza del equipo y simultáneamente por un Venturi (13), dispositivo que aumenta la velocidad y disminuye la presión estática. Previamente los garrafones se lavan y enjuagan (14) y finalmente el agua purificada llega al área de llenado de garrafones (15).

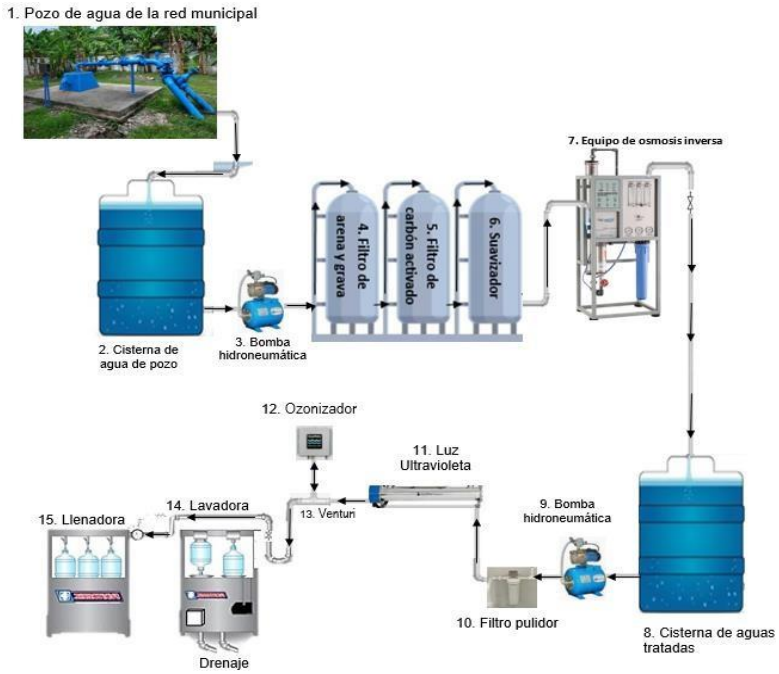

Figura 6. Diagrama del proceso y equipo utilizado en la planta purificadora de agua del ITD

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros analizados del agua de la planta purificadora, fueron: calcio, magnesio, potasio, sodio, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, fosfatos, nitratos, nitritos, hierro, cromo, cobre, nitrógeno total, oxígeno disuelto, sólidos solubles totales y dureza total (Cuadro 1). Resultados del análisis realizado al agua proveniente de la Planta Purificadora del I.T.D.

Determinaciones	Resultados		Límites Permisibles	
pH	6.28		6.5-8.5	LIGERAMENTE ACIDA
C.E. Milimhos/cm 25°C	0.065		0.5-1.0	ADECUADA
CATIONES				
	meq/IT	ppm		
Calcio (meq/LT)	0	0	0.5-6 me/L	AUSENTE
Magnesio (meq/IT)	0.916666667	11	0.2-6 me/L	ADECUADO
Potasio (meq/IT)	0.042105263	0.8	0.1-1.0 me/L	BAJO
Sodio	0.136363636	1.5	0-10 meq/l	PERMISIBLE
SUMA	1.095135566			
ANIONES				
Cloruros (meq/IT)	0.011111111	0.4	< 4.0 me/L	ADECUADO
Sulfatos (meq/IT)	0.387755102	19	1-5 me/L	ADECUADO
Carbonatos (meq/IT)	0	0	< 1.5 me/L	AUSENTE
Bicarbonatos (meq/IT)	0.588	1.5	3-5 me/L	ADECUADO
Fosfatos	0.032258065	1	1-3 me/L	BAJO
Nitratos	0.001612903	0.1	1-3 me/L	BAJO
SUMA	1.019124278			
Metales pesados				
Hierro	0.010714286	0.6	<2.0 ppm	ADECUADO
Cobre	0	0	< 1.5 ppm	AUSENTE
OTROS ANALISIS				
Nitrogeno total		0.3	25 ppm	BAJO
Oxigeno disuelto		0.1	>4.0	BAJO
Solidos solubles Totales		0.71 MG/L	<72	En norma
Dureza Total		92	> 50	AGUA SEMIBLANDA
RAS (RELACIÓN DE ADSORCIÓN DEL SODIO)	11	5.5	2.34520788	0.639602149

CONCLUSIONES

El agua que se ofrece en la planta purificadora del Instituto Tecnológico de Durango cumple con las especificaciones indicadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, ya que se encuentra dentro de los limites permisibles de la calidad del agua, en cuanto a su contenido de calcio, magnesio, potasio, sodio, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, fosfatos, nitratos, nitritos, hierro, cromo, cobre, nitrógeno total, oxígeno disuelto, sólidos solubles totales y dureza total señalada como semiblanda, que en su conjunto total le hacen ser un agua inocua, por ser de buena calidad, limpia, segura y apta para su consumo.Por lo tanto, la planta purificadora de agua dentro del plantel contribuye a la sustentabilidad y economía, tanto del personal que allí labora como a la base estudiantil que allí acude.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aquae Fundación (2025). La importancia del agua en los seres vivos. https://www.fundacionaquae.org/wiki/ importancia-del-agua/. Fecha de consulta: 25 de febrero del 2025.

Arreguín CFI; Chávez GR; Soto NPR (s.a.). Concentraciones de arsénico por encima del límite permisible han sido detectadas en el acuífero del Valle del Guadiana. Una revisión de la presencia de arsénico en el agua subterránea en México. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

https://defiendelasierra.org/wp-content/uploads/2021/11/Arsenico-en-Mexico.pdf. Consulta: febrero 2025.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2024). Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua en el acuífero Valle del Guadiana (1003), Estado de Durango. Subdirección General Técnica. Gerencia de aguas Subterráneas. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/durango/DR_1003.pdf. Recuperado 25/2/ 2025

Corrujedo CR (2023). Aguas del Municipio de Durango (AMD). https://oem.com.mx/elsoldedurango/local/operan-98-pozos-para-abastecer-de-agua-a-los-duranguenses-16343066. Fecha de consulta: 26 de febrero del 2025.

Gutiérrez REA; Alcázar MFA; Alarcón HMT; Rodríguez RMDJ (2024). Análisis de la distribución espacial de la calidad del agua en el acuífero Valle del Guadiana. Realidad, Datos y Espacio. Revista Internacional de Estadística y Geografía. INEGI. Edición: Vol. 15, Núm. 3. ISSN 2395−8537. https://rde.inegi.org.mx/index.php/2024/09/20/analisis-de-la-distribucion-espacial-de-la-calidad-del-agua-en-el-acuifero-valle-del-guadiana/. Fecha de consulta: 26 de febrero del 2025.

Hach DR (2800). Doc022. 92.00720. (2013). Manual del usuario. Edición 4. https://www.google.com/search?q=hach+2800+spectrophotometer+manual&oq=HACH+2800&gs_lcrp=EgZjaHJvbW UqCQgBEAAYExi

Hanna Instruments. Kit químico de pruebas para la calidad del agua. https://hannainst.com.mx/test-kit-calidad-del- agua-5-alcalinidad-cloruro-du-hi3817.

NOM-117-SSA1-08-16-95 Norma Oficial Mexicana (1994). Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica. http://www.economia- noms.gob.mx/normas/noms/1995/117-ssa1.pdf

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1- (2021). https://dof.gob.mx/notadetalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0