

Calidad del agua en la Facultad de Estudios Superiores Aragón

Sergio Alfonso Martínez González*

Resumen

El 13 de octubre de 2009 se implementa en la Facultad de Estudios Superiores Aragón el Programa “Manejo, Uso y Reúso del Agua en la UNAM, PUMAGUA”. Uno de los objetivos consiste en evaluar, tanto en la época de estiaje como de lluvias, la calidad del agua de alimentación, de las cisternas y de los lavabos de los baños. En este trabajo se presentan los resultados de los análisis físico-químicos de los muestreos realizados en la Facultad. El agua de alimentación excede el límite permisible para considerarse potable debido a la concentración de sólidos disueltos totales y de cloruros. La red interna está contaminada con materia orgánica (microorganismos), ya que la concentración de cloro residual libre se pierde gradualmente. El agua se considera *no potable* por exceder algunos límites establecidos en la NOM-127-SSA1-1996.

Palabras clave: Agua potable, PUMAGUA, Calidad físico-química.

Abstract

On October 13, 2009 “Management, Use and Reuse of Water program at the UNAM, PUMAGUA” was implemented at FES Aragón. One of its objectives is to assess, in the dry and rainy season, the quality of feed water tanks and toilets in the bathrooms. This paper presents the results of the physico - chemical analysis of samples taken in college. The water supply exceeds the permissible limit for drinking water considered due to the concentration of total dissolved solids and chlorides. The internal network is contaminated with organic matter (microorganisms), as the free residual chlorine concentration is gradually lost. The drinking water is considered not to exceed certain limits established by NOM-127-SSA1-1996.

Keywords: Drinking water, PUMAGUA, physico-chemical quality.

1. Introducción

La Facultad de Estudios Superiores Aragón (FES Aragón) se ubica en el municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México. El terreno sobre el cual se asienta este municipio es parte de lo que fuera el lago de Texcoco (Figura 1), que al irse desecando, gracias a los trabajos de desagüe que se realizaron desde 1555 para evitar las inundaciones de la Ciudad de México, permitió que estas tierras, al no ser aptas para la agricultura por tener una alta concentración de sales, fueran destinadas al uso habitacional, por lo que en 1949 ya había aproximadamente dos mil habitantes y para 1954 aumentaron a cuarenta mil, pero carecían de todos los servicios. Fue el gobernador Carlos Hank González, durante 1969 a 1975, quién dotó de agua potable y alcantarillado, luz y pavimento al recién creado municipio de Nezahualcóyotl (H. Ayuntamiento de Nezahualcóyotl, 2010).

* M. en C. por la UAM Azcapotzalco. Responsable del Grupo de Calidad del Agua del programa PUMAGUA en la FES Aragón. Técnico Académico Titular “A” adscrito al Laboratorio de Ingeniería Ambiental del Centro Tecnológico Aragón de la FES Aragón. Tel. (52) 5623 0960. E-mail: sergiomg@unam.mx

En este sentido, el agua potable, que abastece a la FES Aragón, proviene de pozos profundos situados en la zona del lago de Texcoco, a través de un acueducto denominado Peñón- Texcoco mediante una tubería de 20 pulgadas (Peralta, 2001, 47), que a su vez se conecta a otra de 8 pulgadas de hierro fundido, que es el punto donde se alimenta al sistema de distribución de agua potable de la facultad. Se ubica sobre la avenida Rancho Seco a la altura de la caseta de vigilancia del estacionamiento para alumnos.

La red de distribución de agua de la FES Aragón, cuenta con tres cisternas principales y dos secundarias que almacenan y distribuyen el agua en toda la institución. La primera cisterna principal se ubica en el sótano del edificio de mantenimiento y tiene una capacidad de 180 m³, la cual alimenta a las dos cisternas secundarias, una localizada en el Módulo de Extensión Universitaria con una capacidad de 54 m³ y la otra se encuentra en el Centro Tecnológico Aragón con una capacidad de 150 m³. Las otras dos cisternas principales están ubicadas a un costado del área de baños y vestidores que en conjunto almacenan 838 m³.

Los edificios alimentados de agua por estas cisternas son los de Aulas A1-A4, A2-A3, A5-A6, A7-A8, A9-A10 y A11-A12; los laboratorios de ingeniería L1, L2, L3 y L4; Gobierno; Biblioteca; Comedor y



Figura 1. Plano del Valle de México en 1898 (DDF, 1975, 188).

Servicio Médico; Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras; Usos Múltiples; Baños y Vestidores; Centro Tecnológico Aragón y Centro de Investigación Multidisciplinaria Aragón.

Los usos que se pueden dar al agua en la FES son los siguientes:

- Baños: mingitorios, sanitarios, lavabos y regaderas
- Limpieza de instalaciones
- Uso en laboratorios
- Riego de áreas verdes

La problemática detectada en la red de distribución se resume en los siguientes puntos:

- En la época de estiaje, que corresponde de diciembre a abril, el caudal de alimentación de agua a la institución disminuye y en ocasiones, el suministro es suspendido. En consecuencia, el riego de áreas verdes es limitado y se tienen que cerrar algunos baños para disminuir el riesgo de contraer y propagar enfermedades entre la comunidad universitaria de Aragón.
- Se ha detectado que los materiales que conforman la red son PVC, polietileno de alta densidad, acero galvanizado y de hierro fundido.
- De acuerdo con el área de Superintendencia de Obras y Mantenimiento de la FES, las fugas en la red de distribución se han incrementado en los últimos años, ocasionadas por los hundimientos diferenciales y los diferentes tipos de materiales que conforman dicha red.

Dada la problemática que se tiene en la Facultad, se ha reportado que el agua potable puede contaminarse durante su paso por las tuberías, cisternas abiertas al ambiente y en tanques de almacenamiento temporal (Chaidez *et al.*, 2008, 125), o debido a la pérdida de presión en el sistema, ocasionado por ruptura de tuberías o empaques en mal estado, hace que se introduzcan bacterias indicadoras (coliformes fecales) y patógenas presentes en el suelo y agua del acuífero (LeChevallier *et al.*, 2003, 4), o de la acumulación del agua de lluvia (Rosborg *et al.*, 2003, 263).

Las bacterias pueden entrar a la red de distribución debido a la falta de un desinfectante o la baja concentración residual del desinfectante, a la continua interrupción del servicio, fugas excesivas en la red, corrosión de los accesorios, y a un contacto con aguas residuales (Lee & Schwab, 2005, 109).

La calidad del agua de abastecimiento también se puede alterar de forma negativa debido a la presencia de numerosos compuestos químicos (Calderon, 2000, S14), por lo que los riesgos para la salud asociados a estos componentes son distintos a los presentados por la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de producir efectos adversos sobre la salud tras períodos de exposición prolongados, como es el caso de los metales pesados (Calderon, 2000, S14; OMS, 2006, 15). Pocos componentes químicos del agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una exposición única, excepto en el caso de una contaminación masiva accidental de una fuente de abastecimiento de agua de consumo. Además, la experiencia demuestra que en muchos incidentes de este tipo, aunque no en todos, el agua se hace imbebible, por su gusto, olor o aspecto inaceptables (OMS, 2006, 15).

Algunos elementos como el Cobre, Níquel, Manganeso y Zinc (Cu, Ni, Mn y Zn) son esenciales para el cuerpo humano (OMS, 2006, 127; Sidhu *et al.*, 1995, 95), pero su deficiencia o exceso pueden causar efectos adversos a la salud. Altas concentraciones de Cu en el agua potable puede causar desordenes metabólicos y efectos adversos gastrointestinales, esto puede afectar al hígado y el cerebro en personas que tienen la enfermedad de Wilson, la cual es un desorden genético que causa la acumulación excesiva de cobre (OMS, 2006, 336; Sidhu *et al.*, 1995, 95; Roberts y Schilsky, 2003, 1475). El níquel es otro elemento que en altas concentraciones es potencialmente tóxico y carcinogénico, que en niños puede ocasionar cirrosis de hígado (Al-Saleh, 1996, 219). El zinc en altas concentraciones puede ocasionar intoxicación (Javaid *et al.*, 2008, 216). El manganeso presente en el agua potable a concentraciones mayores que el límite máximo permisible puede producir efectos adversos neurológicos (Woolf, 2002, 613).

El nitrato es un contaminante químico, que bajo condiciones naturales, la concentración a la que se encuentra presente en el agua potable está entre 0.2 y 2.0 mg/L. Cuando se ingiere agua con una concentración que supera los 10 mg/L de nitrato, se tiene un alto riesgo de adquirir cáncer, ya que el nitrato es absorbido en el intestino delgado, pero también es convertido a nitrito en la cavidad oral, y este nitrito interactúa con aminos secundarias y amidas en el estómago para formar N-nitrosaminas y N-nitrosamidas, las cuales son dos de los carcinógenos más fuertes conocidos (Cantor, 1997, 296).

Otras de las características del agua, que también debe considerarse, es la dureza, ya que se ha encontrado que el cáncer gástrico está inversamente relacionado con ella (Cantor, 1997, 299).

El 13 de octubre de 2009, se implementa en la FES Aragón, el Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM, PUMAGUA, por lo que uno de sus objetivos consiste en conocer la calidad del agua potable a lo largo de todo el sistema de distribución, lo cual incluye la alimentación, las cisternas y las tomas en los lavamanos de los baños o tarjas.

2. Metodología

Los sitios que se seleccionaron para la toma de muestra son veinticuatro, que corresponden a la línea de alimentación, las cinco cisternas (Figuras 2 a 7) y los puntos restantes son los lavamanos de los baños de los pisos superiores en cada edificio. La periodicidad de toma de muestras y análisis de laboratorio es bimestral.

Las muestras fueron tomadas en recipientes de polietileno de 1.0 L y de 0.25 L. No fueron acondicionadas con la adición de algún compuesto químico, ya que inmediatamente después de su toma, fueron analizadas en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental del Centro Tecnológico Aragón.



Figura 2. Sitio de muestreo "Alimentación"



Figura 3. "Cisterna de mantenimiento"



Figura 4. "Cisterna de baños y vestidores chica"



Figura 5. "Cisterna de baños y vestidores grande"



Figura 6. "Cisterna Módulo Extensión Universitaria"



Figura 7. "Cisterna Centro Tecnológico Aragón"

En la Tabla 1, se muestran los parámetros que se evaluaron en todas las muestras, la técnica analítica y el equipo utilizado. Todos los análisis fueron desarrollados de acuerdo a lo establecido en los Métodos Normalizados (APHA-AWWA-WPCF, 1989). Los parámetros en los que se utilizaron los fotómetros marca Paqualab y Hanna emplean adaptaciones de los Métodos Normalizados.

Tabla 1. Parámetros, técnicas analíticas para su valoración y equipo empleado

Parámetro	Técnica analítica	Equipo empleado
Aluminio total	Colorimétrica	Fotómetro. Marca ELE Paqualab
Cloro total		
Cloro libre residual		
Cobre libre		
Cobre total		
Hierro total		
Manganeso total		
Nitrógeno como nitratos	Colorimétrica	Espectrofotómetro UV-Visible. Marca Thermo Electron Corporation. Modelo Spectronic Genesys 5
Nitrógeno como nitritos		
Sustancias activas al azul de metileno		
Sulfatos		
pH	Potenciométrica	Medidor de pH. Marca OAKTON. Modelo 510 S
Turbidez	Nefelométrica	Turbidímetro. Marca ELE Paqualab. Modelo 198
Sólidos disueltos totales	Gravimétrica	Balanza analítica. Marca Sartorius. Modelo BP300S
Nitrógeno como amoníaco	Colorimétrica	Fotómetro medidor de iones específicos. Marca HANNA. Modelo C200
Cloruros totales	Titulométrica	
Dureza total		

Fuente: PUMAGUA

3. Resultados

En las Tablas 2 a 4 se muestran los resultados de los análisis físico – químicos que se le hicieron a muestras de agua provenientes del sistema de distribución, los cuales se comparan con los límites máximos establecidos en la NOM-127-SSA1-1996. La toma de muestra se hizo en dos períodos, el primero en la segunda quincena de enero de 2010 y el segundo en el mes de marzo del mismo año.

Tabla 2. Concentraciones (mg/L) de los parámetros evaluados en las muestras de agua de las cisternas

Parámetro	Sitios de Muestreo												Límite de Acuerdo con la NOM-127-SSA1-1996 (mg/L)
	Alimentación		C. Mantenimiento		C. Baños y Vestidores Chica		C. Baños y Vestidores Grande		C. Módulo de Extensión Universitaria		C. Centro Tecnológico Aragón		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Aluminio total	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.20
Cloro total	1.06	0.5	0.98	0.40	0.03	0.04	0.07	0.38	0.03	0.37	0.05	0.05	
Cloro libre residual	0.98	0.48	0.92	0.38	0.02	0.02	0.02	0.36	0.27	0.36	0.04	0.02	0.2 – 1.5
Cobre libre	0.02	0.06	0.09	0.00	0.00	0.00	0.03	0.10	0.01	0.00	0.09	0.06	
Cobre total	0.03	0.10	0.13	0.10	0.00	0.03	0.03	0.10	0.06	0.00	0.09	0.10	2.00
Hierro total	0.04	ND	0.05	ND	0.02	ND	0.03	ND	0.01	ND	0.07	ND	0.30
Manganeso total	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.005	0.003	0.004	0.003	0.003	0.15
Nitrógeno como nitratos	0.52	0.75	0.20	0.26	0.10	0.35	0.25	0.35	0.30	0.27	0.41	0.28	10.0
Nitrógeno como nitritos (µg/L)	0.00	0.005	0.00	0.00	0.00	0.030	0.00	0.015	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

1: Concentraciones correspondientes al muestreo enero – febrero.

2: Concentraciones correspondientes al muestreo marzo – abril.

ND: No se midió la concentración

Tabla 2. Concentraciones (mg/L) de los parámetros evaluados en las muestras de agua de las cisternas (Cont.)

Parámetro	Sitios de Muestreo												Límite de Acuerdo con la NOM-127-SSA1-1996 (mg/L)	
	Alimentación		C. Mantenimiento		C. Baños y Vestidores Chica		C. Baños y Vestidores Grande		C. Módulo de Extensión Universitaria		C. Centro Tecnológico Aragón			
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
Sustancias activas al azul de metileno	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.50
Sulfatos	7.94	5.00	0.29	0.00	7.72	0.00	8.97	3.00	0.59	0.00	8.46	0.00	0.00	400
pH	7.69	7.42	7.45	7.66	7.83	7.70	8.10	7.77	7.67	7.92	8.32	7.46	6.5 – 8.5	
Turbidez	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5 UTN	
Sólidos disueltos totales	1089.2	1005.7	1057.0	1032.8	1151.0	1094.4	1044.5	996.3	1056.5	1014.7	1006.3	975.9	1000	
Nitrógeno como amoníaco	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.50	
Cloruros totales	479.62	275.0	359.83	266.67	351.95	228.5	327.87	307.5	370.02	313.3	318.61	315.0	250	
Dureza total	384.48	60.34	336.78	82.76	300.0	32.7	293.1	95.69	312.07	63.7	321.84	63.7	500	

1: Concentraciones correspondientes al muestreo enero – febrero.

2: Concentraciones correspondientes al muestreo marzo – abril.

Tabla 3. Concentración (mg/L) de parámetros evaluados en los lavamanos de los baños en el bimestre enero – febrero 2010

Parámetro	Sitios de Muestreo																		Límite de Acuerdo con la NOM-127-SSA1-1996 (mg/L)
	Aulas A1 – A4	Aulas A2 – A3	Aulas A5 – A6	Aulas A7 – A8	Aulas A9 – A10	Aulas A11- A12	Gobierno	Biblioteca	Centro de Lenguas Extranjeras	Cómputo	Servicio Médico	Comedor	Laboratorio L1	Laboratorio L2	Laboratorio L3	Laboratorio L4	Centro Tecnológico Aragón Módulo de Extensión Universitaria		
Aluminio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.20
Cloro total	0.81	0.95	0.27	0.36	0.41	0.46	0.54	0.71	0.15	0.17	0.74	0.71	0.10	0.10	0.12	0.09	0.04	0.17	
Cloro libre residual	0.70	0.82	0.24	0.35	0.38	0.38	0.51	0.68	0.11	0.13	0.73	0.70	0.08	0.07	0.10	0.07	0.02	0.12	0.2 – 1.5
Cobre libre	0.06	0.06	0.13	0.12	0.17	0.10	0.09	0.11	0.09	0.06	0.22	0.18	0.21	0.21	0.28	0.24	0.05	0.05	
Cobre total	0.11	0.10	0.17	0.15	0.20	0.14	0.18	0.21	0.12	0.09	0.28	0.24	0.23	0.24	0.31	0.28	0.15	0.09	2.00
Hierro total	0.07	0.06	0.07	0.09	0.08	0.05	0.04	0.06	0.03	0.05	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.07	0.20	0.06	0.30
Manganeso	0.003	0.002	0.003	0.006	0.004	0.004	0.002	0.003	0.005	0.006	0.004	0.005	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004	0.003	0.15
Nitrógeno como nitratos	0.43	0.35	0.19	0.52	0.54	0.46	0.33	0.30	0.32	0.31	0.50	0.42	0.29	0.31	0.28	0.33	0.31	0.39	10.0

Nitrógeno como nitritos (µg/L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
--------------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Tabla 3. Concentración (mg/L) de parámetros evaluados en los lavamanos de los baños en el bimestre enero – febrero 2010 (Cont.)

Parámetro	Sitios de Muestreo																		Límite de Acuerdo con la NOM-127-SSA1-1996.(mg/L)	
	Aulas A1 – A4	Aulas A2 – A3	Aulas A5 – A6	Aulas A7 – A8	Aulas A9 – A10	Aulas A11- A12	Gobierno	Biblioteca	Centro de Lenguas Extranjeras	Cómputo	Servicio Médico	Comedor	Laboratorio L1	Laboratorio L2	Laboratorio L3	Laboratorio L4	Centro Tecnológico Aragón	Módulo de Extensión Universitaria		
Sustancias activas al azul de metileno	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5 0
Sulfatos	8.31	7.50	2.50	7.57	13.68	7.57	8.24	9.21	5.76	6.87	8.68	9.78	7.32	7.87	8.00	7.50	8.97	8.16		400
pH	7.61	7.41	7.64	7.61	7.47	7.66	7.47	7.43	7.64	7.83	7.49	7.48	7.63	7.59	7.89	7.82	8.10	7.55		6.5 – 8.5

Cloro total	0.39	0.30	0.25	0.23	0.14	0.10	0.30	0.35	0.06	0.10	0.18	0.28	0.05	0.04	0.11	0.02	0.04	0.40	
Cloro libre residual	0.37	0.28	0.21	0.21	0.11	0.07	0.27	0.35	0.05	0.07	0.14	0.25	0.04	0.02	0.08	0.02	0.01	0.36	0.2 - 1.5
Cobre libre	0.10	0.13	0.10	0.06	0.06	0.07	0.10	0.13	0.10	0.00	0.24	0.13	0.24	0.34	0.27	0.13	0.06	0.03	
Cobre total	0.13	0.20	0.13	0.11	0.06	0.11	0.17	0.20	0.13	0.06	0.30	0.20	0.24	0.34	0.27	0.17	0.10	0.06	2.00
Hierro total	0.09	0.05	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06	0.10	0.04	0.05	0.04	0.05	0.03	0.02	0.06	0.30
Manganeso	0.005	0.005	0.004	0.003	0.005	0.003	0.004	0.004	0.005	0.004	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.005	0.006	0.004	0.15
Nitrógeno como nitratos	0.09	0.06	0.21	0.28	0.23	0.22	0.11	0.08	0.53	0.16	0.21	0.26	0.24	0.22	0.32	0.38	0.39	0.75	10.0
Nitrógeno como nitritos (µg/L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	1.00

Sólidos disueltos totales	1025.8	1103.4	1181.0	1013.5	1191.0	1043.0	1023.0	1035.6	1053.4	1036.5	1050.5	1033.9	1088.9	1092.9	1047.4	1058.9	1051.0	1032.1	1000
Nitrógeno como amoníaco	0.28	0.16	0.10	0.11	0.11	0.00	0.03	0.14	0.09	0.25	0.09	0.04	0.11	0.19	0.20	0.21	0.14	0.11	0.50
Cloruros totales	484.17	475.60	315.00	307.50	300.00	367.50	315.0	250.00	450.00	292.50	380.00	300.00	367.50	277.50	301.67	335.00	215.00	450.00	250
Dureza	74.71	75.29	78.45	101.72	79.31	58.62	74.14	74.71	87.93	82.76	41.38	73.28	83.62	83.62	75.00	78.45	61.21	73.28	500

4. **Discusión de resultados**

De acuerdo con los valores obtenidos en cada uno de los parámetros físico – químicos, se desprenden los siguientes comentarios:

- La concentración de cloro libre residual que se encontró en el agua de alimentación, cumple con lo establecido en la normatividad. En las cisternas identificadas como “Baños y vestidores chica”, “Baños y vestidores grande” y “Centro Tecnológico Aragón” no cumple con la concentración mínima de 0.2 mg/L, por lo tanto, existe alto riesgo de contaminación por microorganismos.

También se aprecia que la cisterna de “mantenimiento” es la que suministra agua a una gran parte de edificios en la FES, pero la concentración de cloro residual libre va disminuyendo conforme se distribuye el agua en las instalaciones, por esa razón los sitios más retirados de la red como son el edificio del “Centro de Lenguas Extranjeras” y el “Centro Tecnológico Aragón” la concentración es muy cercana al cero. Esta situación indica la existencia de fuentes de contaminación por microorganismos a lo largo de la red.

- Las concentraciones detectadas de nitrógeno, en sus variedades como nitratos, nitritos y amoníaco no representan ningún riesgo a la salud, pero el hecho de que se registre amoníaco, indica la presencia de materia orgánica en descomposición, que puede ser producto de falta de limpieza en las cisternas.
- La concentración de cloruros sobrepasa los límites establecidos en la normatividad vigente, lo que puede ocasionar problemas en la salud si es ingerida y corrosión interna en la tubería y accesorios metálicos, principalmente, las fabricadas con hierro.
- Los valores de pH se encuentran dentro de lo establecido, indicando una buena calidad del agua, y que la probabilidad de desarrollo de microorganismos es baja, ya que su presencia generaría valores superiores a 9 en el pH.
- No hay riesgo por las concentraciones de sustancias activas al azul de metileno (detergentes) y metales como aluminio, hierro, manganeso y cobre, ya que se encuentran por debajo de los valores máximos permisibles.

- Los valores de sólidos y sales disueltas totales (SDT) superan el límite máximo permisible, pero no es atribuible a la red interna de la FES Aragón, ya que es el agua de alimentación la que está contaminada. Los SDT pueden ser compuestos inorgánicos (sales disueltas) o materia orgánica (microorganismos), por ello, se tomaron algunas de las muestras de forma aleatoria para evaluar la cantidad de materia orgánica presente. El resultado obtenido es que en su mayoría se trata de sales inorgánicas que están disueltas en el agua, pero *sí existe la presencia de microorganismos*, que pueden representar un riesgo a la salud si el agua se ingiere.
- A partir de los resultados obtenidos en los dos muestreos y, aunque, el segundo muestreo indique una mejor calidad de agua, se puede inferir que **no es potable**, ya que existen parámetros que superan los valores máximos permisibles de acuerdo con la “Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1996, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”.

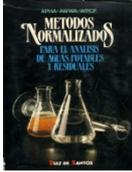
5. Recomendaciones

- Es conveniente implementar un programa de mantenimiento en las cisternas y líneas principales de la red de distribución de agua, que incluya: a) Limpieza semestral en las cisternas; b) Verificar que las tapas estén bien colocadas y mantener una limpieza adecuada en las zonas circundantes; c) Evaluar el efecto de la corrosión en válvulas y accesorios de la red.
- Se debe llevar a cabo un estudio para determinar las dosis de cloro que deben añadirse a las cisternas, principalmente en las dos que se encuentran a un costado de los baños y vestidores en el área deportiva, ya que éstas distribuyen agua a los laboratorios de ingeniería (L1, L2, L3 y L4) así como a edificios cercanos. También se debe hacer en la cisterna del Centro Tecnológico, ya que por ser el edificio más lejano al punto de alimentación del agua, la concentración es muy cercana a cero.
- Para asegurar la calidad bacteriológica del agua, es necesario implementar un programa de monitoreo mensual de bacterias mesófilas y coliformes.

- De acuerdo a información proporcionada por la Superintendencia de Mantenimiento de la FES Aragón, se sabe que en los cajones de cimentación están las líneas de alimentación de agua potable a los edificios y también los drenajes para el desalojo de agua residual, por tal razón, es conveniente revisar periódicamente el estado de dichas tuberías para evitar una contaminación de agua potable.
- Es conveniente seguir con las actividades de toma y análisis de muestras en la red de distribución que incluya los siguientes aspectos: a) Incluir nuevos parámetros físico – químicos que sirvan para determinar si hay ingreso de las aguas freáticas en las tuberías; b) Evaluar el efecto que tiene la época de lluvias en la calidad del agua; c) Monitorear las concentraciones de cloro residual libre y nitratos en el agua.
- Evaluar la viabilidad técnica y económica de instalar procesos que ayuden a mejorar la calidad del agua en la FES Aragón.

6. Fuentes de consulta

- Al-Saleh, Iman. (1996). "Trace elements in drinking water coolers collected from primary schools, Riyadh, Saudi, Arabia". *The Science of the Total Environment*. 181. 215 – 221.



- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. (1989). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Décimo séptima edición. España. Ediciones Diaz de Santos, S.A.

- Calderon, R. (2000). "The epidemiology of chemical contaminants of drinking water". *Food and Chemical Toxicology*. 38. S13 – S20.

- Cantor, Kenneth. (1997). "Drinking water and cancer". *Cancer Causes and Control*. 8. 292- 308.

- Chaidez, Cristobal; Soto, Marcela; Martinez, Celida; Keswick, Bruce. (2008). "Drinking water microbiological survey of the Northwestern State of Sinaloa, Mexico". *Journal of Water and Health*. 06. 125 – 129.



- Departamento del Distrito Federal. (1975). *Memorias de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal. Tomo II*. Departamento del Distrito Federal. México. 237 p.p.

- H. Ayuntamiento de Nezahualcóyotl. (2010). "Historia del Municipio". Disponible en: <http://www.neza.gob.mx/historiamunicipio.php>. Fecha: 27 de abril de 2010.

- Javaid, Saboor; Sarwar, Syed; Jabbar, Abdul; Haleem, Mohammad. (2008). "Assessment of trace metal contamination of drinking water in the Pearl Valley, Azad Jammu and Kashmir". *Clean*. 36. 216 – 221.

- LeChevallier, Mark; Gullick, Richard; Karim, Mohammad; Friedman, Melina; Funk, James. (2003). "The potential for health risks from intrusion of contaminants into the distribution system from pressure transients". *Journal of Water and Health*. 06. 3 – 14.

- Lee, Ellen; Schwab, Kellogg. (2005). "Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries". *Journal of Water and Health*. 03. 109 – 127.

- Organización Mundial de la Salud. (2006). "Guías para la calidad del agua potable". Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/index.html. Fecha: 2008.

- Peralta Moreno Jorge. (2001). *Regularización del sistema de abastecimiento de agua potable de la zona norte de Cd. Nezahualcóyotl en el Estado de México*. Tesis de Licenciatura. FES Aragón, UNAM. 180 p.p.

- Roberts, Eve; Schilsky, Michael. (2003). "A practice guideline on Wilson disease". *Hepatology*. 1475 – 1492.
- Rosborg, I.; Nihlgård, B.; Gerhardsson, L. (2003). "Inorganic constituents of wellwater in one acid and one alkaline area of south Sweden". *Water, Air, and Soil Pollution*. 142. 261 – 277.
- Sidhu, Kirpal; Nash, David; McBride, David. (1995). "Need to revise the national drinking water regulation for cooper". *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 22. 95 – 100.
- Woolf, A.; Wright, R.; Amarasiriwardena, C.; Bellinger, D. (2002). "A child with chronic manganese exposure from drinking water". *Environmental Health Perspectives*. 110. 613 – 616.

