

Determinación de metales pesados en el agua de un canal de Xochimilco (México, D.F.) como proyecto de Servicio Social

Consuelo Moreno-Bonett, Rosa Zugazagoitia-Herranz, Cristina Sánchez-Martínez, Rebeca Córdoba-Moreno y Virginia Melo-Ruiz*

ABSTRACT (Determination of heavy metals in a Xochimilco water canal (Mexico City) as a Social Service project)

The work herein presented describes the outlines of a Social Service project that encourages undergraduate students to become interested in environmental pollution problems, especially those concerning water. In particular, the project deals with atomic absorption spectrophotometric determination of some heavy metals (Mn, Cd, Cu, and Pb) in a Xochimilco water canal, in Mexico City. While carrying out such task, the students were not only able to become aware of the environmental challenges that societies face today, but they also got the opportunity to use analysis techniques learned while majoring, which significantly strengthen their scientific knowledge. The impact of this Social Service project relays mainly in two key points, being the first one to awaken students to the importance of water pollution problems, and the second being the fact that this study can be carried out by future generations with the scope to compare data over time.

KEYWORDS: atomic absorption, pollution, Social Service, heavy metals, water

Antecedentes

El Servicio Social (SS) se concibe como el conjunto de actividades teórico prácticas de carácter temporal y obligatorio que contribuye a la formación integral del estudiante y que le permite, al aplicar sus conocimientos, destrezas y aptitudes, comprender la función social de su perfil académico, realizando actividades educativas, de investigación, asistencia, difusión, desarrollo tecnológico, económico y social en beneficio preferentemente de los grupos de menor desarrollo.

El Servicio Social es un requisito constitucional para la obtención del título profesional; su fundamento legal se sustenta en el artículo 5° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (última reforma publicada en el *DOF* 13/04/2010) y su ley Reglamentaria, capítulo VII artículo 52 (última reforma publicada en el *DOF* 19/08/2010); debe ser cumplido obligatoriamente por los estudiantes y la responsabilidad de supervisar esta actividad educativa, como requisito de titulación según la Ley de Profesiones, quedará al cuidado de las Instituciones de Educación Superior (IES), conforme a sus planes de estudio.

* Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, 04960, México D.F., MÉXICO.

Correo electrónico: cmoreno@correo.xoc.uam.mx

Fecha de recepción: 3 de febrero 2011.

Fecha de aceptación: 20 de octubre, 2011.

Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco (UAM-X)

Desde la creación de la UAM-X en 1974, se incorpora el sistema modular para la impartición de todas las licenciaturas. El sistema modular es un método innovador en México y en América Latina (Arbesú y Berruecos, 1996), propone una nueva forma de ordenar el conocimiento y con ello define la enseñanza a partir de su vinculación con la realidad. Es un sistema de enseñanza novedoso que incorpora dos elementos nuevos al proceso de enseñanza-aprendizaje: la interdisciplina y la aplicación del conocimiento a una realidad concreta.

Un módulo constituye la unidad de enseñanza aprendizaje integrada por un objeto de transformación, es decir, un problema de la realidad seleccionado por la Universidad, así como la carga teórica o contenido del conocimiento necesario para que un sujeto en etapa de formación sea capaz de actuar sobre dicho problema. En general, el sistema modular (Monroy *et al.*, 2007) ha permitido aprender a entrelazar lo social con lo científico y tecnológico, y ha propiciado que la UAM-X haya podido responder con éxito a los cambios sociales, científicos y tecnológicos que se han dado en las últimas décadas, cumpliendo las expectativas de docencia-investigación-servicio que se plantearon desde su fundación.

El Servicio Social en la UAM-X

Desde su origen, la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), estableció como único requisito de titulación para todas sus carreras profesionales el cumplimiento del Servicio

Social. Se sustenta en la Legislación Universitaria (*Legislación Universitaria de la UAM*) en su reglamento de Servicio Social a nivel licenciatura.

Con respecto a la prestación y acreditación del Servicio Social, el reglamento exige que el alumno haya cubierto por lo menos el 70% de los créditos de la licenciatura para iniciarlo. Además establece que puede prestarse el Servicio Social en planes, programas y proyectos de otras instituciones, así como el hecho de que puede exentarse con "actividades que por disposición legal impliquen el cumplimiento del Servicio Social, como es el caso de los trabajadores de la Federación y del Distrito Federal" (Consejo Académico, 1991).

En la UAM-X el Servicio Social se concibe como una actividad esencial, sustentada en el postulado de que el conocimiento universitario sólo adquiere plena significación en su aplicación social; se ha concebido históricamente como una actividad asistencial y su incorporación dentro de un modelo novedoso como el de la UAM-X constituye un elemento metodológico que refuerza la estructura de su sistema de enseñanza-aprendizaje (Moreno-Bonett y Vázquez, 2001).

El currículo de la licenciatura en Química Farmacéutica Biológica (QFB) impartida en la UAM-X integra el Servicio Social como componente del proceso formativo; en él se ponen en práctica las destrezas y habilidades adquiridas a lo largo de la carrera, tiene como finalidad propiciar el desarrollo de una conciencia de responsabilidad social y contribuir a la formación integral y a la capacitación de los alumnos o egresados (Plan de estudio en QFB, 1978); la supervisión de esta actividad está a cargo de los docentes de la licenciatura en QFB, ya sea que el Servicio Social se realice dentro o fuera de las instalaciones de la UAM-X; al final de esta actividad el alumno o egresado deberá realizar un informe con el rigor metodológico de un trabajo científico, el cual será revisado por los asesores del proyecto y presentado a las comisiones responsables del SS (Comisión Departamental de Servicio Social, 1982).

Justificación

En este trabajo se presenta un proyecto de Servicio Social que permite que los alumnos se relacionen e interesen con la problemática de la contaminación ambiental, en particular la del agua.

Para este proyecto se eligió como zona de estudio el lago de Xochimilco, que es uno de los lagos que forman la Cuenca Lacustre del Valle de México, presenta características muy peculiares en relación con el recurso del agua debido a la modificación drástica del entorno físico en la zona de captación que incide sobre el lago: Xochimilco es considerado zona de vital importancia en el aspecto ecológico, cultural y económico para el Valle de México; en 1987 la UNESCO lo declara Patrimonio de la Humanidad, con lo que se despertó una mayor preocupación por el rescate ecológico de la zona (UNESCO, 2005).

El sistema lacustre de Xochimilco se encuentra formado por canales, apantles, lagunas permanentes y de temporal, se

estima una longitud aproximada de 203 km de canales interconectados; entre los más importantes se encuentran los de Cuemanco, Nacional, Chalco, Del Bordo, Toltenco, Apatlaco, San Sebastián, Apampilco, Texhuilo, Zacapa, Caltongo, Santa Cruz y Japón (Cisneros, 1992). Actualmente, los canales y lagunas son alimentados de manera artificial con aguas residuales tratadas en las plantas del Cerro de la Estrella, San Luis Tlaxialtelco y San Lorenzo Tezonco (*Gaceta Oficial del DF*, 2006).

Como zona de estudio se eligió el canal Cuemanco Xochimilco para el desarrollo de este proyecto de SS.

Entre los metales considerados como contaminantes del agua, según la Norma Oficial Mexicana (NOM-002-ECOL-1996) publicada en el *Diario Oficial* el 3 de junio de 1998, se encuentran, entre otros: cromo, mercurio, arsénico, cobre, plomo, níquel, zinc, cadmio, manganeso.

En este proyecto de SS se eligió hacer la determinación de metales por absorción atómica. Debido a que se requieren lámparas específicas para cada metal, se eligió sólo determinar cadmio, cobre, manganeso y plomo por tener todos los recursos necesarios para su análisis.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es dar a conocer el resultado de la determinación de Cd, Cu, Mn y Pb en el agua del canal Cuemanco Xochimilco por absorción atómica, realizada por los alumnos de Servicio Social; este proceso permite que el alumno de SS se involucre simultáneamente en el aprendizaje y la investigación a través de un problema de la realidad, la contaminación ambiental, en particular la del agua.

Desarrollo experimental

Para facilitar el aprendizaje de los alumnos de SS en esta problemática el trabajo experimental se dividió en las siguientes etapas:

1. Trabajo de campo.
2. Trabajo en el laboratorio:
 - a. Limpieza de material.
 - b. Tratamiento de muestras.
 - c. Elaboración curvas estándar.
3. Discusión de resultados y conclusiones.

1. Trabajo de campo

Esta experiencia con problemas de la realidad permite que el alumno de SS, al integrarse a este proyecto desde el trabajo de campo, presente mayor interés en el aprendizaje de los parámetros necesarios para realizar un muestreo confiable; en esta etapa el alumno lleva a cabo la búsqueda de información sobre toma de muestra (Arce-Velazquez *et al.*, 2002) y trabajo de campo, haciendo énfasis en el manejo de Normas Oficiales Mexicanas (NMX-AA-3-1980).

El canal Cuemanco Xochimilco elegido como zona de estudio tiene una longitud aproximada de 2.5 km, dividida en cinco estaciones de muestreo, una cada 500 m.

- Cada una de las estaciones se geoposicionó con un GPS (Garmin II de 12 canales).
- En cada una de las cinco estaciones se realizaron tres muestreos (en diferentes fechas) a dos niveles de profundidad (superficie y fondo). La toma de muestra se realizó por triplicado de acuerdo con la NMX-AA-3-1980.
- Las muestras se colectaron en frascos de polietileno previamente lavados y enjuagados con el agua del canal. (NMX-AA-3-1980,)
- Durante el muestreo se determinó: transparencia y profundidad con un disco Secchi; temperatura con un termómetro

de campo Taylor (NMX-AA-7-1980). El pH se determinó en el laboratorio utilizando un potenciómetro Beckman (NMX-AA-8-1980).

2. Trabajo en el laboratorio

a) Limpieza del material

El alumno de SS a través de la bibliografía adecuada, verifica la importancia del lavado de material necesario para iniciar su trabajo experimental (Rodier, 1990).

Todo el material utilizado en estas determinaciones, tanto

Transparencia, profundidad, pH, temperatura en cada estación

Estación 1

Lado Este	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Fecha	Julio 2008	Noviembre 2008	Abril 2009
Geoposición	N = 19°16'59.7" W= 099°06'0.57"	N = 19°17'04.5" W= 099°06'08.0"	N = 19°17'07.7" W= 099°06'06.0"
Profundidad	64 cm	96.5 cm	90 cm
Transparencia	28 cm	35 cm	15 cm
Fondo			
pH	7.1	9.37	9.36
Temperatura	17 °C	20 °C	22.2 °C
Superficie			
pH	7.3	9.43	9.34
Temperatura	17 °C	20.3 °C	22.1 °C

Estación 2

Lado Este	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Fecha	Julio 2008	Noviembre 2008	Abril 2009
Geoposición	N = 19°16'50.7" W= 099°06'6.3"	N = 19°16'53.00" W= 099°06'07.7"	N = 19°16'55.3" W= 099°06'06.9"
Profundidad	87 cm	97 cm	72 cm
Transparencia	33 cm	36 cm	22 cm
Fondo			
pH		9.18	9.13
Temperatura	18 °C	20.4 °C	22.4 °C
Superficie			
pH		9.19	9.16
Temperatura	18 °C	20.9 °C	22.4 °C

Estación 3

Lado Este	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Fecha	Julio 2008	Noviembre 2008	Abril 2009
Geoposición	N = 19°16'32" W= 099°06'06"	N = 19°16'33.8" W= 099°06'07.1"	N = 19°16'34.7" W= 099°06'07"
Profundidad	85 cm	77 cm	72 cm
Transparencia	50 cm	39 cm	45 cm
Fondo			
pH	8.51	8.98	8.93
Temperatura	23 °C	20.8 °C	24.4 °C
Superficie			
pH	8.51	8.82	8.98
Temperatura	23 °C	20 °C	24.7 °C

Estación 4

Lado Este	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Fecha	Julio 2008	Noviembre 2008	Abril 2009
Geoposición	N = 19°16'10.2" W= 099°06'18.5"	N = 19°16'12.3" W= 099°06'19.6"	N = 19°16'12.4" W= 099°06'19.4"
Profundidad	37 cm	98 cm	102 cm
Transparencia	31 cm	48 cm	36.5 cm
Fondo			
pH	7	7.32	8.21
Temperatura	22 °C	19.1 °C	21.9 °C
Superficie			
pH	7	7.38	8.68
Temperatura	22 °C	20.1 °C	22.4 °C

Estación 5

Lado Este	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Fecha	Julio 2008	Noviembre 2008	Abril 2009
Geoposición	N = 19°15'58.8" W= 099°06'26.4"	N = 19°16'01.5" W= 099°06'27.4"	N = 19°16'01.5" W= 099°06'27"
Profundidad	55 cm	36 cm	73 cm
Transparencia	55 cm	36 cm	21 cm
Fondo			
pH	6.0	7.19	8.90
Temperatura	20 °C	19.2 °C	21.2 °C
Superficie			
pH	6.0	7.36	8.71
Temperatura	20 °C	19.2 °C	21.3 °C

para la elaboración de las curvas estándar como para el análisis de las muestras, se lava con detergente no iónico, libre de metales, se enjuaga con agua destilada, se deja remojar en ácido nítrico al 10% aproximadamente 12 h, se vuelve a enjuagar con agua destilada libre de metales y se deja secar (Rodier, 1990).

b) Tratamiento de las muestras (NMX-AA-051-SCFI-2001)

El alumno de SS investiga las normas oficiales mexicanas para el tratamiento de muestras para su análisis mediante absorción atómica

Digestión de las muestras:

- Homogeneizar la muestra.
- Tomar una alícuota de 100 mL.
- Pasar a un vaso de precipitados y agregar 3 mL de HNO₃ concentrado (Merck).
- Cubrir con un vidrio de reloj y pasar a una placa de calentamiento.
- Evaporar casi a sequedad, asegurándose que no hierva (2-5 mL).
- Agregar 5 mL más de HNO₃ concentrado.
- Enfriar a temperatura ambiente.

- Regresar a la placa de calentamiento.
- Aumentar la temperatura hasta reflujo.
- Completar hasta digestión total (residuo de color claro).
- Agregar 1 o 2 mL de HNO₃ concentrado.
- Calentar hasta disolución del residuo.
- Lavar las paredes del vaso y del vidrio de reloj con agua destilada.
- Filtrar para eliminar silicatos y residuos.
- Aforar a 100 mL con agua destilada.
- Enfriar a temperatura ambiente.
- Refrigerar.

c) Elaboración de curvas estándar

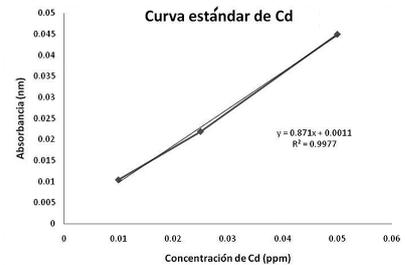
Antes de iniciar esta experiencia el alumno de SS realiza los cálculos estequiométricos necesarios para la preparación de soluciones patrón de concentraciones conocidas (Christian, 2009) (Skoog *et al.*, 2004) de cada uno de los metales (Cd, Cu, Mn y Pb), a partir de soluciones de referencia que pueden obtenerse de diversas fuentes comerciales. Las soluciones patrón deben someterse al mismo proceso que las muestras (Rodier, 1990). Se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica Varian Spectr AA 220. Las condiciones de trabajo de emisión de flama para cada metal se obtuvieron del Manual del aparato de absorción atómica (Varian, 1989).

Elaboración de curvas estándar de Cd, Cu, Mn y Pb

Cadmio

- Longitud de onda 326.1 nm
- Ancho de banda 0.1 nm
- Combustible Acetileno
- Soporte Óxido nítrico

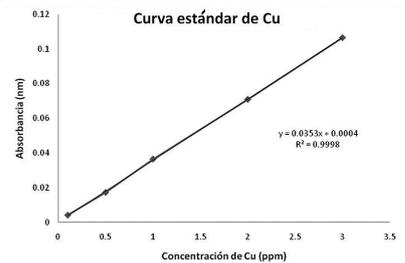
Concentración de cadmio (ppm)	Absorbancia (nm)
0.010	0.0104
0.025	0.0219
0.050	0.0450



Cobre

- Longitud de onda 327.4 nm
- Ancho de banda 0.1 nm
- Combustible Acetileno
- Soporte Óxido nítrico

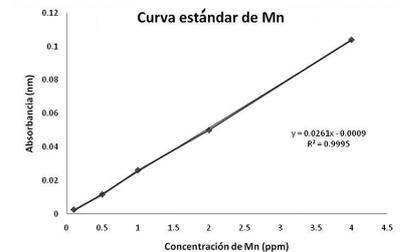
Concentración de cobre (ppm)	Absorbancia (nm)
0.10	0.0042
0.50	0.0173
1.00	0.0365
2.00	0.0709
3.00	0.1064



Manganeso

- Longitud de onda 403.1 nm
- Ancho de banda 0.1 nm
- Combustible Acetileno
- Soporte Óxido nítrico

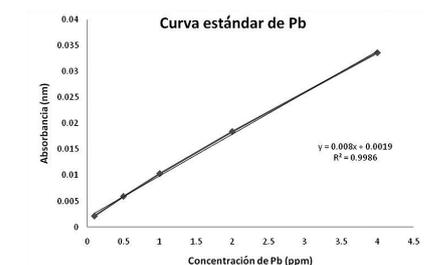
Concentración de manganeso (ppm)	Absorbancia (nm)
0.10	0.0021
0.50	1.0115
1.00	0.0260
2.00	0.0500
4.00	0.1040



Plomo

- Longitud de onda 283.3 nm
- Ancho de banda 0.1 nm
- Combustible Acetileno
- Soporte Óxido nítrico

Concentración de plomo (ppm)	Absorbancia (nm)
0.10	0.0021
0.50	0.0059
1.00	0.0103
2.00	0.0184
4.00	0.0336



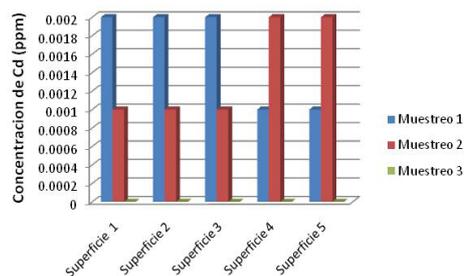
3. Resultados

Los análisis se realizaron por triplicado, los resultados no presentaron discrepancias significativas. Las muestras digeridas se analizaron en las mismas condiciones de cada una de las curvas estándar para determinar cada uno de los metales.

Cadmio

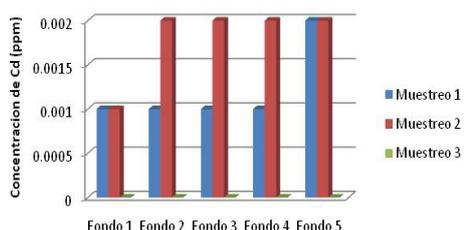
Concentración de Cd en ppm superficie

Estación	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Sup 1	0.002	0.001	0.000
Sup 2	0.002	0.001	0.000
Sup 3	0.002	0.001	0.000
Sup 4	0.001	0.002	0.000
Sup 5	0.001	0.002	0.000



Concentración de Cd en ppm fondo

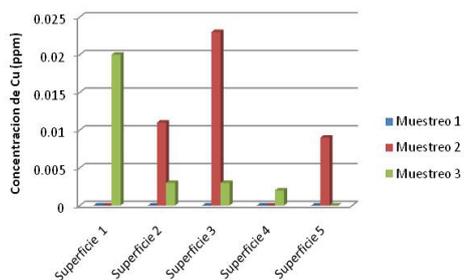
Estación	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Fondo 1	0.001	0.001	0.000
Fondo 2	0.001	0.002	0.000
Fondo 3	0.001	0.002	0.000
Fondo 4	0.001	0.002	0.000
Fondo 5	0.002	0.002	0.000



Cobre

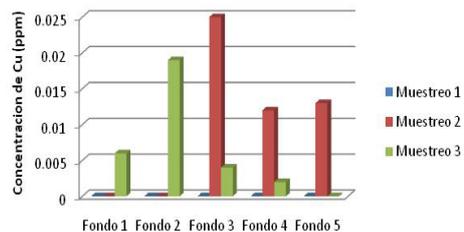
Concentración de Cu en ppm superficie

Estación	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Sup 1	0.000	0.000	0.020
Sup 2	0.000	0.011	0.003
Sup 3	0.000	0.023	0.003
Sup 4	0.000	0.000	0.002
Sup 5	0.000	0.009	0.000



Concentración de Cu en ppm fondo

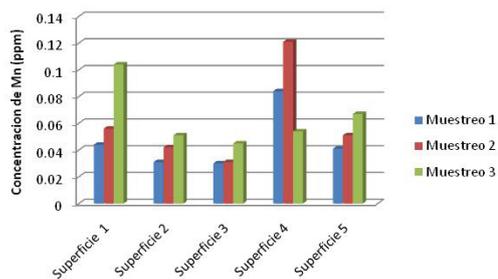
Estación	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Fondo 1	0.000	0.000	0.006
Fondo 2	0.000	0.000	0.019
Fondo 3	0.000	0.025	0.004
Fondo 4	0.000	0.012	0.002
Fondo 5	0.000	0.013	0.000



Manganeso

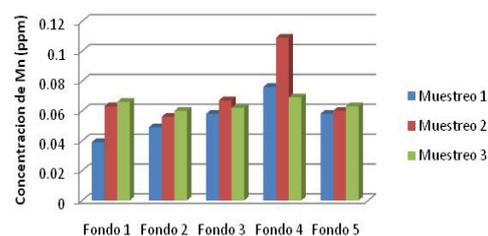
Concentración de Mn en ppm superficie

Estación	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Sup 1	0.044	0.056	0.104
Sup 2	0.031	0.042	0.051
Sup 3	0.030	0.031	0.045
Sup 4	0.084	0.121	0.054
Sup 5	0.041	0.051	0.067



Concentración de Mn en ppm fondo

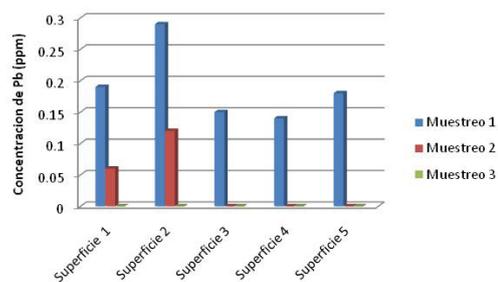
Estación	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Fondo 1	0.039	0.063	0.066
Fondo 2	0.049	0.056	0.060
Fondo 3	0.058	0.067	0.062
Fondo 4	0.076	0.109	0.069
Fondo 5	0.058	0.060	0.063



Plomo

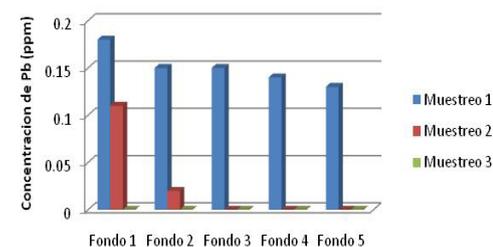
Concentración de Pb en ppm superficie

Estación	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Sup 1	0.19	0.06	0.00
Sup 2	0.29	0.12	0.00
Sup 3	0.15	0.00	0.00
Sup 4	0.14	0.00	0.00
Sup 5	0.18	0.00	0.00



Concentración de Pb en ppm fondo

Estación	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Fondo 1	0.18	0.11	0.00
Fondo 2	0.15	0.02	0.00
Fondo 3	0.15	0.00	0.00
Fondo 4	0.14	0.00	0.00
Fondo 5	0.13	0.00	0.00



4. Discusión de resultados y conclusiones

Los alumnos de SS compararon los resultados obtenidos con las Normas Oficiales, mexicanas donde pudieron observar:

- Para el cadmio se mantuvieron los valores constantes en el primero y segundo muestreos (0.001-0.002 ppm); tanto en el fondo como en la superficie, dichas concentraciones se encuentran dentro de los límites máximos permisibles tanto para descargas residuales (NOM-001-ECOL-1996) como para agua potable (NOM-127-SSA1-1994). En el tercer muestreo no hubo presencia de este metal, lo cual puede deberse a la sedimentación del mismo (Burt, 1992).
- En cuanto al cobre, los valores observados se encuentran dentro de los límites máximos permitidos NOM-002-ECOL-1996) (NOM-127-SSA1-1994).
- Para el manganeso se observó que la estación 4 presenta mayor concentración del elemento, probablemente debido a la poca actividad de la zona y los desperdicios tanto humanos como agrícolas. Sin embargo, se pudo constatar que los valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (NOM-127-SSA1-1994). Para descargas residuales no hay límites máximos permisibles, posiblemente debido a la poca toxicidad de este metal.
- Los niveles observados para plomo en el primer muestreo (superficie y fondo) están por encima de los límites máximos para uso como agua potable (0.025 ppm) (NOM-127-SSA1-1994), aunque puede considerarse dentro de los límites máximos permisibles para aguas residuales (0.5-1.0 ppm) (NOM-001-ECOL-1996).
- Los alumnos de SS participantes toman conciencia de la problemática real de una comunidad en particular, en este caso la zona lacustre de Xochimilco.
- Se ha logrado que los alumnos de SS participantes apliquen técnicas analíticas aprendidas durante la licenciatura, reforzando así sus conocimientos, además de que revisen los lineamientos de la normatividad oficial y se vinculen con la problemática social.
- Dado que la contaminación del agua afecta las actividades económicas, calidad de vida y salud, se hace necesario una revisión constante de la metodología y utilización de técnicas exactas y reproducibles.
- Este proyecto de Servicio Social intenta sensibilizar sobre la importancia de la contaminación del agua y abre la posibilidad de continuar con el estudio ampliándolo a la determinación de otros metales y encontrar resultados que puedan ser comparados en diferentes periodos.

Bibliografía

- Arce-Velazquez, A. L., Calderon-Melgoza, C. G. y Tomasini-Ortiz, A. C., *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*. Serie autodidacta de medición de la calidad del agua. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales – Comisión Nacional del Agua – Instituto Mexicano de Tecnología del Agua: 2002.
- Arbesú, G. I. y Berruecos, L., *El sistema Modular en la UAM-X*. México: 1996.
- Burt J., *Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santiago, Chile: 1992.
- Cisneros, M. I., *Programa para la recuperación de la zona lacustre Xochimilco-Tláhuac*. México, D.F.: 1992.
- Comisión Departamental de Servicio Social, *Guía sobre el Servicio Social de la Licenciatura en QFB*. México: UAM-X, 1982.
- Consejo Académico, *Bases conceptuales de la UAM-X*. México: 1991.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, última reforma DOF, 2010.
- Christian, G. D., *Química Analítica*. México: McGraw-Hill. 6ª ed., 2009.
- Gaceta Oficial del D. F.*, N° 5. México Distrito Federal: enero, 2006.
- Ley Reglamentaria del Artículo 5° Constitucional, relativo al ejercicio de las profesiones en el Distrito Federal, última reforma DOF 2010.
- Legislación UAM, 2011, en la URL <http://www.uam.mx/legislacion/> (último acceso, octubre 2011).
- Monroy A. G., Martínez, A. F., Estrada, G. R., *Reflexiones sobre el sistema modular*, XI Congreso Anual de Investigación Académica de Ciencias Administrativas. ITESO. Tlaquepaque, Jal. México: 2007.
- Moreno Bonett, C., Vazquez, C. L., Estudio retrospectivo del Servicio Social en la Licenciatura de Química Farmacéutica Biológica de la UAM-X, *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 32(3), 34-40, 2001.
- Norma Oficial Mexicana NMX-AA-3-1980. Aguas residuales – Muestreo.
- Norma Oficial Mexicana NMX-AA-7-1980. Aguas – Determinación de Temperatura.
- Norma Oficial Mexicana NMX-AA-8-1980. Aguas – Determinación de pH.
- Norma Oficial Mexicana NMX-AA-051-SCFI-2001. Análisis de agua, determinación de metales, método espectrofotométrico de absorción atómica, SEMARNAT, 2001.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. México, D.F., 1996.
- Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización. Secretaría de Salud México, 1994.
- Plan de estudio de la licenciatura en QFB*. México: UAM-X, 1978.
- Rodier J., *Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar; química, fisicoquímica, bacteriología, biología*. 15ª. Barcelona, España: Omega, 1990.
- Skoog, Weat, Holler, Crouch, *Fundamentals of Analytical Chemistry*, 8ª ed. USA: Thomson 2004
- UNESCO, *Proyecto para la identificación participativa de un plan de rehabilitación general del patrimonio cultural de Xochimilco*. México, D.F.: Enero 2005, Ref 912/Mex/300.
- Varian, *Analytical Methods. Flame Atomic Absorption Spectrometry*. Australia: 1989.