



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA UNIDAD
XOCHIMILCO DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA
SALUD

Licenciatura en Química Farmacéutica Biológica

Informe de conclusión del servicio social realizado en el Laboratorio
Central de Control de Calidad del Agua. SACMEX.

Realizado del 01 de noviembre del 2022 al 02 de mayo del 2023

PROYECTO: Evaluación de la calidad del agua potable del sistema
hidráulico de la Ciudad de México

ALUMNA: Deyanira Decire Conde Escobedo

MATRICULA: 2183070020

ASESOR INTERNO: Dr. Alejandro Alberto Azaola Espinosa

No. Económico: 5616

ASESOR EXTERNO: Lic. en Biología Mario Melchor Méndez

Jefe de la Unidad departamental de análisis de la calidad

1. INTRODUCCIÓN

El servicio social universitario surgió como resultado de una alta solidaridad y compromiso social de los estudiantes y maestros respecto a lo que reciben del Estado y la sociedad (Mungaray, 2007). Sin embargo, actualmente se le considera a este como una simple práctica obligatoria para la obtención del título profesional.

En consecuencia, el servicio social requiere ser recontextualizado para que sea considerado un aspecto importante en la formación de los estudiantes (Mungaray, 2007), de manera que estos puedan visualizar la relación existente entre formación profesional universitaria, ejercicio profesional y realidad social con el fin de que se permitan considerar que esta actividad académica, realizada por los estudiantes en distintas instituciones y organismos, es importante para su formación integral, (Bascuñán, 1993) además de que resulta ser una vía para que los estudiantes apliquen los conocimientos de su especialidad en la atención a problemas concretos (Ruiz, 2008).

El presente informe pretende documentar las actividades, tareas y responsabilidades realizadas durante mi participación en el proyecto para la liberación del servicio social, realizado en el Laboratorio Central de Control de Calidad del Agua perteneciente a la Subdirección para el Análisis y Gestión de la Calidad del Agua del SACMEX. Además, de esta manera, el reporte también pretende dar a conocer la experiencia y objetivos obtenidos en el proceso como un punto clave de mi desarrollo tanto profesional como humano, destacando la importancia de esta experiencia y su relación con mi formación académica y profesional.

Con el fin de crear mecanismos adecuados que permitan proporcionar los medios para lograr una distribución eficiente de los servicios hidráulicos, a partir del 1 de enero de 2003 entró en funcionamiento el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX, 2023)

El SACMEX tiene como objetivo garantizar el acceso, disposición y saneamiento del agua (SACMEX, 2018) y tiene como misión el prestar a los habitantes de la Ciudad de México, los servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales en cantidad y calidad suficiente, mediante el uso eficiente de los recursos del sistema hidráulico de la Ciudad de México con el fin de satisfacer las demandas de servicios hidráulicos de manera eficiente, suficiente y sustentable de los habitantes de la Ciudad de México (SACMEX, 2023).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Poner en práctica y evaluar mediante un contexto real, los conocimientos y habilidades adquiridas durante mi formación académica en la licenciatura de Química Farmacéutica Biológica y conjuntamente trabajar en la adquisición de experiencia, conocimientos teóricos y metodológicos, así como aptitudes y capacidades profesionales y técnicas dentro del ámbito laboral, mientras fomento mi compromiso cívico y cumpla mi responsabilidad social.

2.2 Objetivos específicos

- 2.2.1 Evaluar la calidad del agua potable del sistema de aguas de la Ciudad de México, determinando el contenido de indicadores generales de contaminación microbiológica según las características establecidas por las normas oficiales mexicanas.
- 2.2.2 Identificar y cuantificar el número de microorganismos coliformes totales presentes en muestras de agua potable del Sistema Hidráulico de la Ciudad de México, mediante la técnica de filtro con membrana.
- 2.2.3 Determinar la presencia o ausencia de coliformes fecales en muestras de agua potable del Sistema Hidráulico de la Ciudad de México.
- 2.2.4 Determinar la densidad de bacterias heterotróficas aerobias y anaerobias facultativas presentes en muestras de agua potable del Sistema Hidráulico de la Ciudad de México, mediante la técnica de cuenta estándar

3. METODOLOGÍA UTILIZADA

La metodología utilizada en la realización de las actividades involucradas en mi proyecto de liberación del servicio social siguió un modelo basado en las normas oficiales mexicanas, la cual fue proporcionada por el jefe de área de bacteriología y se describe brevemente a continuación.

3.2.1 Preparación de medio caldo m – ENDO, grado bacteriológico.

Pesar el medio deshidratado en vaso de precipitados y disolver el medio de cultivo en agua desionizada hervida, agregar alcohol etílico, el agar y posteriormente tapar el matraz con un tapón de algodón. Calentar hasta ebullición, con agitación constante para evitar que hierva violentamente.

En un área estéril vaciar aproximadamente 5 mL en una caja de Petri de 60 x 15 mm. Dejar que solidifique y guardar en posición invertida en el refrigerador. Este medio no se esteriliza en autoclave.

3.2.2 Preparación de medio caldo Lauril Sulfato de Sodio, grado bacteriológico.

Pesar el medio deshidratado en un vaso de precipitados y disolver el medio de cultivo en agua desionizada caliente para posteriormente verter el medio en tubos de fermentación con tapón de rosca de 20 x 150 mm. El volumen de cada tubo debe ser el suficiente para cubrir parcialmente el tubo invertido después de la esterilización.

Tapar los tubos de fermentación parcialmente y esterilizar en autoclave a 121 ± 1 °C por 15 minutos.

3.2.3 Preparación de medio caldo verde brillante bilis al 2%, grado bacteriológico.

Pesar el medio deshidratado en un vaso de precipitados y disolver el medio de cultivo en agua desionizada caliente para posteriormente verter el medio en tubos de fermentación con tapón de rosca de 18 x 150 mm

Tapar los tubos de fermentación parcialmente y esterilizar en autoclave a 121 ± 1 °C por 15 minutos.

3.2.4 Preparación de medio caldo E.C.

Pesar el medio deshidratado en un vaso de precipitados y disolver el medio de cultivo en agua desionizada caliente para posteriormente verter el medio, en la campana de Durham, en tubos de fermentación con tapón de rosca de 20 x 150 mm. El volumen de cada tubo debe ser el suficiente para cubrir parcialmente el tubo invertido después de la esterilización.

Tapar los tubos de fermentación parcialmente y esterilizar en autoclave a 121 ± 1 °C por 15 minutos.

3.2.5 Preparación de medio agar extracto Glucosa y Trypticaseina.

Pesar el medio deshidratado en un vaso de precipitados, suspender en agua destilada y transferir a un matraz Erlenmeyer. Calentar hasta ebullición, con agitación constante para evitar que hierva violentamente.

Verter el medio, en la campana de Durham, en tubos con tapón de rosca de 18 x 150 mm. Tapar los tubos parcialmente y esterilizar en autoclave a 121 ± 1 °C por 15 minutos.

3.2.6 Preparación del material estéril

Introducir en el autoclave el material de laboratorio a esterilizar a 121°C durante 15 minutos.

3.2.7 Desinfección de áreas de trabajo

Preparar el área estéril limpiando perfectamente la mesa de trabajo y con un mechero encendido o en la campana de flujo laminar marcar las cajas de Petri con el número de identificación de la muestra.

3.2.8 Identificación de coliformes totales mediante la técnica de filtro con membrana

Instalar la unidad de filtración de embudos de polisulfona en un ambiente estéril y colocar el filtro de membrana de 0.45 micrómetros con ayuda de la pinza de punta redondeada previamente flameada de manera que la cuadrícula quede visible y sujetarlo en la unidad filtrante.

Agitar perfectamente la muestra de agua potable y verter los 100 mL en el embudo para posteriormente filtrarlos al vacío. Enjuagar con agua de disolución estéril el embudo sin retirar la membrana.

Quitar el embudo y levantar la membrana con ayuda de la pinza de punta redondeada estéril y colocarla en la caja de Petri preparada con el medio ENDO. Conservar las cajas de Petri protegidas de la luz e incubarlas a 35 ± 0.5 °C en forma invertida en ambiente húmedo durante 22 a 24 horas.

Volver a poner el embudo en la base ya sin la membrana, asegurarlo y enjuagar con agua desionizada hirviendo para asegurar la esterilidad en las filtraciones subsecuentes.

3.2.9 Incubación y conteo de coliformes totales

Transcurrido el tiempo de incubación de 22 a 24 horas, proceder al conteo con ayuda del microscopio estereoscópico provisto de lámpara de luz blanca fluorescente y un contador manual.

Se consideran colonias coliformes las que tienen un color oscuro con un brillo verde metálico, el área del brillo puede variar de tamaño. Las colonias que no presentan brillo ni color oscuro, se consideran como no coliformes.

3.2.10 Verificación de coliformes totales

Es necesario efectuar una verificación. Con ayuda de un asa estéril, realizar un barrido de toda la membrana o transferir al menos cinco colonias aparentemente típicas y colocarlas en tubos con caldo Lauril sulfato de sodio e incubar 35 ± 0.5 °C en forma invertida durante 24 a 48 horas dependiendo de la producción de gas.

Si no hay producción de gas descartar como colonia coliforme y se desecha. Si hay presencia de gas, resembrar en tubos de caldo verde brillante bilis al 2% e incubar 35 ± 0.5 °C en forma invertida durante 48 horas. Transcurrida la incubación si hay producción de gas se considera positiva la verificación como colonia coliforme.

3.2.11 Identificación de coliformes fecales

Después de haber hecho la resiembra para la confirmación de coliformes totales, de acuerdo a la metodología anterior, se procede a la confirmación de coliformes fecales en las muestras de agua de la siguiente manera.

3.2.12 Resiembra de coliformes fecales

En un campo estéril, remover con ayuda de una pinza de punta redonda, previamente flameada, la membrana que contiene los coliformes totales desarrollados en el medio de ENDO e insertarla dentro del tubo con medio de caldo E.C.

3.2.13 Incubación de coliformes fecales

Colocar los tubos inoculados en una gradilla de plástico y colocarla en un baño de incubación para coliformes fecales de manera que el nivel del agua cubra los medios de cultivo a una temperatura de 44.5 ± 0.2 °C por 24 ± 2 horas.

Transcurrido el tiempo de incubación los tubos con caldo E.C que presentan producción de gas son considerados como una respuesta positiva a colinas de coliformes fecales. Los tubos que no presentan producción de gas son considerados como una respuesta negativa a colinas de coliformes fecales.

3.2.14 Identificación de microorganismos mediante la técnica de cuenta estándar en placa

Agitar perfectamente el frasco de la muestra de agua potable, con ayuda de una pipeta previamente esterilizada, tomar 1 mL de la muestra y colocarlo en la caja de Petri. Agregar el medio agar extracto Glucosa y Trypticaseína licuado y agitar con movimiento rotativo en ambas direcciones para lograr una muestra homogénea en la caja de Petri.

3.2.15 Incubación y conteo de coliformes totales

Permitir la solidificación del medio y posteriormente incubar a 35 ± 1 °C en forma invertida durante 48 ± 3 horas. Transcurrido el tiempo de incubación proceder al conteo de las colonias desarrolladas con la ayuda del contador de colonias Quebec.

4. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS

4.1 Identificación y cuantificación del número de microorganismos coliformes totales presentes en muestras de agua potable del Sistema Hidráulico de la Ciudad de México, mediante la técnica de filtro con membrana.

En el laboratorio central de control de calidad del agua perteneciente a la subdirección del SACMEX se realizan diariamente brigadas de muestreo de tomas domiciliarias en la Ciudad de México y se recaban muestras provenientes de toda la infraestructura hidráulica de abastecimiento, como son pozos de extracción, tanques de abastecimiento, plantas de bombeo y manantiales.

Los diferentes análisis que se realizan a dichas muestras están en función de su origen, pudiendo ser, de absorción atómica, parásitos, de compuestos orgánicos, virus, físico-químicos y de tipo bacteriológicos; siendo esta última, el área en la cual colabore y se basó mi proyecto para la liberación del servicio social.

En el área de bacteriología de agua potable del laboratorio central de control de calidad del agua se busca evaluar la calidad microbiológica de las muestras y de esta manera determinar si el agua abastecida a la población cumple con los parámetros establecidos por las normas oficiales mexicanas garantizando su uso y distribución.

Uno de los grupos de microorganismos recomendados en guías y normas mexicanas como indicadores de la calidad del agua potable en términos sanitarios, es el grupo de las bacterias coliformes (Fernández, 2017) y un método común para detectarlos en muestras de agua. es el procedimiento de filtro de membrana (Madigan, 2021). En este apartado colaboré realizando diariamente dicha técnica, la cual se basa en la filtración de la muestra directa de agua potable a través de una membrana de celulosa que retiene los organismos para posteriormente colocarla en un medio de cultivo selectivo, en este caso, caldo m – ENDO, grado bacteriológico, e incubar durante 24 h a 35°C para la detección de estos microorganismos.

Adicionalmente, colaboré llevando a cabo la cuenta directa de las colonias desarrolladas sobre la membrana, y haciendo la resiembra para realizar pruebas confirmativas de producción de gas; así como haciendo el reporte correspondiente de los resultados obtenidos de las pruebas anteriormente realizadas.

4.2 Determinación de presencia o ausencia de coliformes fecales en muestras de agua potable del Sistema Hidráulico de la Ciudad de México.

Los principales bioindicadores establecidos en todo el mundo también incluyen a los coliformes fecales o también llamados termotolerantes (Ríos, 2017). Los cuales son el indicador de elección que manifiesta contaminación fecal reciente o condiciones higiénicas inadecuadas. (NOM-113-SSA1, 1994).

Estos se denominan termotolerantes debido a su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. En su mayoría se encuentran conformados por coliformes de tipo *Escherichia coli*, aunque también en menores cantidades por las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae* (Pino, 2021). Debido a que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal (Madigan, 2021).

En este apartado colabore llevando a cabo la prueba de confirmación de coliformes fecales en las muestras de agua potable, después de haber hecho la resiembra para la confirmación de coliformes totales mencionada anteriormente. Esta consistía en hacer una resiembra en un medio de caldo E.C. y colocar los cultivos en un baño de incubación para coliformes fecales a una temperatura de 44.5 ± 0.2 °C por 24 ± 2 horas. Adicionalmente llevé a cabo la lectura y reporte de los resultados correspondientes.

4.2 Determinación de densidad de bacterias heterotróficas aerobias y anaerobias facultativas presentes en muestras de agua potable del Sistema Hidráulico de la Ciudad de México, mediante la técnica de cuenta estándar

El procedimiento de cuenta estándar en placa es un método diseñado para la cuantificación de la carga microbiana presente en muestras de aguas de consumo (Gil, 2019). Es un medio establecido para determinar la densidad de bacterias heterotróficas aerobias y anaerobias facultativas y proporciona un recuento aproximado del número total de bacterias presentes en la muestra, lo cual refleja si el agua cumple con la calidad adecuada para su distribución. (NOM-092-SSA1, 1994).

En este apartado participe llevando a cabo la técnica de cuenta estándar, la cual consiste en tomar parte de la muestra y colocarlo en la caja de Petri para posteriormente agregar el medio agar extracto Glucosa y Trypticaseina licuado y agitar para lograr una muestra homogénea. De esta manera, mi participación también consistió en llevar a cabo la lectura de las pruebas, la cual consiste en contar las colonias que se desarrollan en el medio con la ayuda del contador de colonias Quebec, después de ser incubada; así como llevar a cabo el reporte de los resultados correspondientes suponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo de la muestra de agua en estudio.

5. DESCRIPCIÓN DEL VÍNCULO DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS CON LOS OBJETIVOS DE FORMACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS.

Uno de los objetivos generales del plan de estudios de la licenciatura en Química Farmacéutica Biológica impartida por la Universidad Autónoma Metropolitana es construir los conocimientos y

desarrollar las habilidades necesarias para adquirir una visión crítica que le permita al egresado participar en equipos interdisciplinarios que coadyuven a solucionar los problemas de salud existentes en el país, así como el capacitar al alumno en la adquisición de los conocimientos teóricos y metodológicos para el manejo adecuado de los microorganismos en la industria farmacéutica y así llevar a cabo la prevención y el control de infecciones y de contaminación microbiana. De esta manera el análisis microbiológico es fundamental dentro del área, debido a la importancia del conjunto de métodos y técnicas que determinan la composición y características biológicas, químicas y físicas de medicamentos, alimentos y agua.

De este modo las actividades relacionadas con la determinación de parámetros microbiológicos, así como la ejecución de análisis y pruebas que aseguren que el agua potable es apta para su abastecimiento, uso y consumo humano son fundamentales para prevenir la transmisión de enfermedades que representen algún riesgo para la población, el cual es uno de los objetivos planteados en el plan de estudios; de modo que se las actividades que lleve a cabo durante la prestación de mi servicio en el Laboratorio Central de Control de Calidad del Agua, se vinculan directamente a los objetivos que se exponen en el plan de estudios en el cual, así mismo se plantea el objetivo de desarrollar en el alumno la capacidad para participar y colaborar en la solución de los problemas de salud con el control microbiológico.

6. METAS ALCANZADAS

De manera personal, considero mi participación en el Laboratorio Central de Control de Calidad del Agua como exitosa bajo la asesoría del Dr. Alejandro Alberto Azaola Espinosa y el Biólogo Mario Melchor Méndez ya que me permití alcanzar satisfactoriamente las metas y objetivos planteados al inicio del proyecto por medio de la ejecución y práctica de las actividades que realicé, así como de la investigación, capacitación y asesoría que recibí a lo largo del proyecto.

Una de las metas alcanzadas principales fue el de la obtención de conocimientos teóricos y prácticos sobre el conjunto de actividades y técnicas que se llevan a cabo para el control microbiológico en el agua, los cuales pueden ser aplicables para diferentes sectores e industrias donde el control microbiológico resulta de suma importancia para garantizar los estándares de calidad que se establecen dentro de las industrias farmacéutica, alimentaria y cosmética, así como en el sector salud en general, donde se tiene como objetivo preservar y proteger la salud de las personas lo cual resulta de suma importancia pues es determinante del bienestar de una sociedad y del país.

Así mismo se me permitió comprender la importancia de mi trabajo en beneficio de los demás, el cual considero que resultó importante y con trascendencia. De este modo ahora cuento con elementos que me permiten ejercer responsablemente mi profesión en la sociedad, así como la experiencia de trabajo y de conocimientos en un contexto profesional y formal que se traducen en formas de pensar y actuar frente a los problemas que se me puedan presentar en un contexto real.

7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Aunque el servicio social lo percibía inicialmente como una obligación que debemos cumplir como estudiantes, a través de esta experiencia puedo decir que su verdadero valor radica en su capacidad para promover el aprendizaje y el compromiso social.

Además, como parte de los resultados obtenidos se encuentra un aprendizaje respecto al control de calidad, en este caso dentro del área de bacteriología, lugar donde realice mi proyecto de servicio social. En la industria farmacéutica, cosmética y alimenticia, donde la precisión y la seguridad son de vital importancia, el control microbiológico desempeña un papel fundamental en la garantía de la calidad de los medicamentos, alimentos y productos relacionados. Por lo que considero que mi experiencia adquirida en el laboratorio de Control de Calidad del Agua ha ampliado aún más mi perspectiva y me permitió desarrollar habilidades prácticas en la manipulación de equipos y el seguimiento de métodos y protocolos, para desarrollarme dentro de esta área.

Como conclusión la prestación de mi servicio social en este proyecto me permitió vincular la educación que recibí a lo largo de mi formación profesional en la UAM con la realidad social y aplicar mis conocimientos en un contexto real. De esta manera a través de esta experiencia, pude llevar a cabo la aplicación práctica de la teoría, y desarrollar habilidades de comunicación, colaboración, así como de resolución de problemas y toma de decisiones lo que considero me resultará muy útil en mi formación y preparación para futuros desafíos profesionales.

8. RECOMENDACIONES

Mi recomendación va dirigida hacia la Universidad donde considero se podría establecer una mayor diversidad de proyectos de servicio social. Al ofrecer una variedad de opciones que aborden diferentes áreas, la Universidad podría permitir que los estudiantes elijan proyectos que se alineen con sus intereses profesionales lo que podría aumentar su compromiso y motivación. Esto no solo beneficiaría a los estudiantes al proporcionarles una experiencia más relevante, sino que también sería más

probable que los proyectos fueran llevados a cabo con éxito. De manera que la elección de un proyecto que apasione a los estudiantes les permitirá contribuir de manera más significativa, de forma que su experiencia sea más valiosa y gratificante.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Bascañán L. El servicio social universitario. Centro de Comercio y Promoción Social. 1993; 9-12. <https://reencuentro.xoc.uam.mx/index.php/reencuentro/article/view/139/139>
2. Fernández MT. Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrifugas: ICIDCA. 2017;51(2):70-73. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223154251011>
3. Gil M. Agar cuenta estándar: fundamento, preparación y usos. Lifeder. 2019. Consultado el 18 de marzo del 2023. <https://www.lifeder.com/agar-cuenta-estandar/>.
4. Madigan M, Martinku JM, Bender KS, Bluckley DH, Stahl DA. Biología de los microorganismos. Decimosexta edición. Madrid, España: Pearson Educación. 2021;1016-1017
5. Mungaray A, Ocegueda JM, Ledezma D, et al. Formación por medio del servicio. Un modelo de servicio social universitario en apoyo a microempresas marginadas. El trimestre econ. 2007; 74(296):1-2. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X2007000400987.
6. Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994 “Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa”. Secretaria de Salud. Norma Oficial Mexicana. 1994; <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69536.pdf>.
7. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994 “Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa”. Secretaria de Salud. Norma Oficial Mexicana. 1994; <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69532.pdf>.
8. Pino SL, Barros DV, Sisalema LA, et al. El costo de remediación del recurso agua por contaminación de Coliformes fecales en el Estero Salado, sector La Chala, Guayaquil-Ecuador. Revista Espacios. 2021;42(4):102-120. DOI: [10.48082/espacios-a21v42n04p09](https://doi.org/10.48082/espacios-a21v42n04p09).
9. Ríos S, Cadavid RM., Gutiérrez LA. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Revista Facultad Nacional de Salud Pública. 2017;35(2): 236–247. DOI: [10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08](https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08).

10. Ruiz CC. Retos y posibilidades del servicio social universitario en Latinoamérica. *Mundiprensa*. 2008;8(38):157-157. <http://hdl.handle.net/2099/7955>.
11. Sistema de Aguas de la Ciudad de México. Acerca del SACMEX. Ciudad de México: Gobierno de la ciudad de México. Citado el 27 de abril del 2023. <https://www.sacmex.cdmx.gob.mx/organo-descentralizado/acerca-sacmex>.
12. Sistema de Aguas de la Ciudad de México. Código de conducta del Sistema de Aguas de la Ciudad de México. Agosto 2018. Consultado el 25 de abril del 2023. <https://www.sacmex.cdmx.gob.mx/storage/app/media/index/CODIGO%20DE%20CONDUCTA%201.4.pdf>