



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2024,
Volumen 8, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4

MEDICIÓN DE LA DQO COMO PARÁMETRO EFICAZ EN EL CONTROL AMBIENTAL EN DESCARGAS DE ÁREAS URBANAS

**COD MEASUREMENT AS AN EFFECTIVE PARAMETER
IN ENVIRONMENTAL CONTROL IN DISCHARGES
FROM URBAN AREAS**

Dalton Michel Guarnizo Crespo
Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

Liliana Marisol Lapo Escobar
Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

Dayana Lisbeth Rodríguez Iñiguez
Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13083

Medición de la DQO como Parámetro Eficaz en el Control Ambiental en Descargas de áreas Urbanas

Dalton Michel Guarnizo Crespo¹dguarnizoc@unemi.edu.ec<https://orcid.org/0000-0002-8086-7645>Universidad Estatal de Milagro
Ecuador**Liliana Marisol Lapo Escobar**llapoe@unemi.edu.ec<https://orcid.org/0009-0008-1325-3003>Universidad Estatal de Milagro
Ecuador**Dayana Lisbeth Rodriguez Iñiguez**drodriguez@unemi.edu.ec<https://orcid.org/0009-0000-4809-1165>Universidad Estatal de Milagro
Ecuador

RESUMEN

El estudio aborda la medición de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) para evaluar la calidad del agua en las descargas residuales de la ciudad San Francisco de Milagro. El principal objetivo es determinar la concentración de materia orgánica e inorgánica en el agua, comparando los resultados con la normativa ecuatoriana establecida en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA). El problema identificado es que el vertido de materia orgánica en altas concentraciones reduce el oxígeno disuelto, afectando negativamente a la vida acuática y, en consecuencia, a la biodiversidad. Este parámetro es crucial para monitorear y proteger los cuerpos de agua receptores de contaminantes. El análisis del caso se basa en la DQO como indicador de la calidad del agua, midiendo la cantidad de oxígeno necesario para oxidar completamente la materia orgánica presente. Los métodos tradicionales, como el uso de dicromato y permanganato de potasio, aunque efectivos, presentan desafíos operativos y riesgos de contaminación secundaria. Finalmente, el estudio concluye que mejorar la calidad del agua es esencial para la protección del medio acuático y la salud pública, recomendando un monitoreo continuo y una gestión adecuada de los recursos hídricos, y hacer conciencia a la empresa privada.

Palabras clave: oxígeno, método, contaminación

¹ Autor principal.

Correspondencia: dguarnizoc@unemi.edu.ec

Cod Measurement as an Effective Parameter in Environmental Control in Discharges From Urban Areas

ABSTRACT

The study addresses the measurement of Chemical Oxygen Demand (COD) to evaluate the quality of water in the residual discharges of the city of San Francisco de Milagro. The main objective is to determine the concentration of organic and inorganic matter in the water, comparing the results with the Ecuadorian regulations established in the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment (TULSMA). The problem identified is that the discharge of organic matter in high concentrations reduces dissolved oxygen, negatively affecting aquatic life and, consequently, biodiversity. This parameter is crucial to monitor and protect water bodies receiving contaminants. The analysis of the case is based on COD as an indicator of water quality, measuring the amount of oxygen necessary to completely oxidize the organic matter present. Traditional methods, such as the use of dichromate and potassium permanganate, although effective, present operational challenges and risks of secondary contamination. Finally, the study concludes that improving water quality is essential for the protection of the aquatic environment and public health, recommending continuous monitoring and adequate management of water resources, and raising awareness among private companies.

Keywords: oxygen, method, pollution

*Artículo recibido 10 julio 2024
Aceptado para publicación: 15 agosto 2024*



INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso importante para el desarrollo sostenible, engloba todos los ámbitos como la economía social, los ecosistemas y la producción de alimentos, siendo esta la necesidad fundamental para la preservación de los mismos. El crecimiento de la población genera una mayor demanda del uso del agua y de contaminantes; se estima que cerca de 829.000 personas mueren cada año en países de ingresos bajos y medianos, debido al agua contaminada y al saneamiento e higiene deficientes. (OMS, 2023)

El aumento de aguas residuales generadas en zonas urbanas plantea problemas potenciales para la salud pública y medio ambiente, ya que aproximadamente el 90% de las aguas residuales se vierten a diferentes cuerpos de agua sin tratamiento y generan alrededor de dos millones de toneladas de aguas residuales industriales, agrícolas y domésticos, que son desechadas de igual manera en ríos, canales o esteros. (Zaruma et al., 2018)

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) determina la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua residual en condiciones específicas de oxidante, tiempo y temperatura. Este parámetro sirve para analizar la demanda teórica de oxígeno, que es la cantidad de oxígeno consumida a lo largo de la oxidación química total de los componentes orgánicos e inorgánicos que existen en el agua. (HANNA Instruments, 2022)

Fundamentación Legal

En el caso de Ecuador, siendo la misma Constitución del Ecuador, la primera en distinguir a la naturaleza como sujeto de derechos en el capítulo séptimo Derechos de la naturaleza, Art. 71 “La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos” (Const, 2008, art 71), marcando un hito en la historia, al ser Ecuador el primer país en incluir los derechos de la naturaleza en su Constitución.

Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, y en aguas marinas y de estuarios.

Se entiende por uso del agua para preservación de la vida acuática y silvestre, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o



para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura (Norma de Calidad Ambiental y Descargas de Efluentes:Recurso Agua, 2003).

Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce

Dentro del límite de actuación, los municipios tendrán la facultad de definir las cargas máximas permisibles a los cuerpos receptores de los sujetos de control, como resultado del balance de masas para cumplir con los criterios de calidad para defensa de los usos asignados en condiciones de caudal crítico y cargas contaminantes futuras. Estas cargas máximas serán aprobadas y validadas por la Autoridad Ambiental Nacional y estarán

consignadas en los permisos de descarga (Norma de Calidad Ambiental y Descargas de Efluentes:Recurso Agua, 2003).

Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental

La Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 418, de fecha 10 de septiembre de 2004; en los artículos 6, 7, 8 y 9, describen las responsabilidades y la coordinación intersectorial sobre las normas técnicas y regulaciones relacionadas con los vertidos y descargas, con la finalidad de prevenir y controlar la contaminación en el agua (Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, 2016).

¿Por qué es importante abordar este tema, cuál es su relevancia?

Las aguas residuales son aquellas que, por el mal uso del hombre, representan peligro, por lo cual, deben ser desechadas, actualmente, se estima que el 80% de las aguas residuales se vierten al medio ambiente sin tratamiento, debido que su saneamiento es un problema a nivel mundial.

Para este caso se tomará las descargas que son vertidas en el río de la ciudad, o en cualquier cuerpo receptor. El río Milagro nace en la zona oeste de la parroquia Chagüe; sus tributarios principales son varios esteros: por el norte el estero Chirijos, y por el sur, el estero Los Monos y los desbordamientos de los ríos Amarillo y Chimbo. El Milagro atraviesa a la ciudad de su mismo nombre, de este a oeste, dividiéndola en dos zonas denominadas Milagro Viejo, al norte, parte central, y Milagro Nuevo al sur del río.

El nivel de importancia es alta si se trata de medir y controlar las variables que poseen los diferentes



tipos de descargas debido a las condiciones fisicoquímicas que puedan presentar, si tales concentraciones de elementos contaminantes no se encuentran en un rango óptimo, al ser vertidas en masas hídricas ocasionan la disminución de la calidad del agua y posterior contaminación que es actualmente una problemática ambiental, susceptible a generar daños en la salud del ser humano y ecosistema a su alrededor.

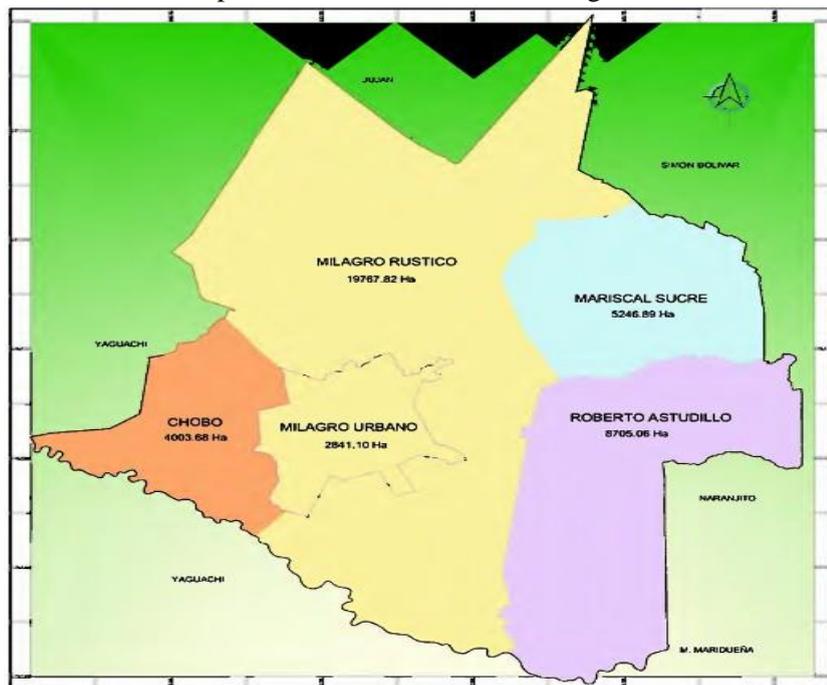
Todo este análisis se lo realiza a través de un método relativamente conocido como la demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro químico, que sirve para controlar el grado de calidad de las aguas, representando una medida de toda la materia orgánica e inorgánica presente en disolución y/o suspendida que puede ser químicamente oxidada, por la acción de agentes oxidantes, bajo condiciones ácidas y se mide en unidades de mg/L de oxígeno consumido en la oxidación de las sustancias reductoras que se encuentran en un agua residual. (Ramírez-Burgos et al., s. f.)

La ciudad San Francisco de Milagro es la cabecera cantonal del cantón del mismo nombre, se encuentra ubicada hacia la parte oriental de la provincia del Guayas a 40 km de Guayaquil en las coordenadas geográficas 9 '765.000 y 657.000.

La población del cantón Milagro, cuenta con más de 166.634 habitantes según el censo del 2010, de los cuales 133508 habitantes es población urbana que se sitúan en la cabecera cantonal, además tiene una población flotante debido a la gran actividad comercial y agrícola que se desarrolla en su zona de influencia, por otra parte, la superficie urbana de la ciudad es de aproximadamente 1900 ha (*Alcaldía de Miagro.pdf*, s. f.)

- La ciudad cuenta con una extensión territorial de 563.2 Km², cuyos límites son:
- Al norte con los cantones Yaguachi, Baquerizo Moreno y Simón Bolívar.
- Al sur con los cantones están Yaguachi y Marcelino Maridueña.
- Al este con los cantones Naranjito y Marcelino Maridueña
- Al oeste con el cantón el cantón Yaguachi.

Ilustración 1. Mapa de División del Cantón Milagro



Fuente: Alcaldía Ciudadana de Milagro, s.f. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón San Francisco de Milagro. <https://milagro.gob.ec/archivos/pdf/lotaip/literals/4.-DIAGNOSTICO%20PDOT.pdf>

Problemática

El vertido de materia orgánica en alta concentración provocará el consumo de oxígeno disuelto en el agua, ocasionando la destrucción de la vida acuática y afectando negativamente al hábitat de los organismos. Este parámetro sirve como indicador de los organismos acuáticos y está estrechamente relacionado con la biodiversidad, la relación comienza cuando las aguas residuales de diferentes fuentes, incluidas las domésticas, industriales y agrícolas, son vertidas a los cuerpos de agua receptores, por lo que la materia orgánica requiere oxígeno para sus procesos asociados, descomposición. Desafortunadamente, una reducción del oxígeno disuelto dejaría a la mayoría de los animales vulnerables a momentos críticos como el desplazamiento o incluso la muerte, lo que obviamente dañaría la cadena alimentaria. Por tanto, es necesario mejorar la calidad del agua, en la manera de contribuir a la protección del medio acuático y a la vez proveer agua segura a la población.

Propósito de la Demanda Química de Oxígeno

La demanda química de oxígeno (DQO) se considera uno de los indicadores de calidad del agua más importantes en proyectos ambientales, en términos generales, el parámetro DQO se refiere a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar completamente la materia orgánica en el cuerpo de agua. Por otra

parte, los métodos tradicionales de detección de DQO, como el dicromato y el permanganato de potasio en su mayoría son métodos de laboratorio, así mismo, de requerir reactivos químicos, las reacciones químicas son complejas, los requisitos de operación son inconvenientes y requieren mucho tiempo; además, si los reactivos químicos se procesan, un uso inadecuado puede causar contaminación secundaria. (Ramírez Burgos et al., 2008)

Para desarrollar adecuadamente el análisis de este parámetro, la herramienta se utilizará para analizar la demanda química de oxígeno, facilitando evaluar la presencia de contaminantes orgánicos en el agua, cuyo desenlace permite un eficaz monitoreo del tratamiento previo de dicho flujo, con la finalidad de comprender si estas descargas podrían causar alguna alteración en los ecosistemas acuáticos. Teniendo en cuenta este propósito de prevención y conservación, el poseer el conocimiento que desencadena comprender la demanda química de oxígeno, sirve de impulso para una correcta planificación y gestión del agua como recurso hídrico, ya que como

previamente se ha mencionado es un indicador empleado para la medición de carga orgánica presente en el agua, donde a mayor demanda precisa existencia de contaminantes procedentes de distintas fuentes.

Una meditada planificación de este recurso natural, hará que se efectúe la toma de decisiones desde el conocimiento sobre normativas, límites, regulaciones expedidas por las autoridades competentes para que se cerciore que el vertimiento de las aguas tratadas no signifique una amenaza para el entorno involucrado. La DQO ayuda a evaluar el nivel de contaminación orgánica en el agua, lo que es fundamental para determinar su calidad y si es adecuada para el consumo humano, la agricultura, la vida acuática, etc.

El acceso al agua potable y saneamiento contemplados mundialmente como un derecho de los seres humanos, según la Asamblea General de las Naciones Unidas distinguiendo “el derecho al agua potable y al saneamiento como un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos” (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2010), por esta razón el recurso agua, considerada como patrimonio o bien público, requiere de prevención e inspección constante de cualquier posible contaminación. Con ese propósito, existen organizaciones que han establecido iniciativas, acciones llevadas a cabo a través de normativas y requisitos para el control y conservación del recurso en cuestión.



En Europa, se establece una política de las aguas, la llamada Directiva Marco Europea del Agua o sus siglas (DMA), teniendo por objetivo el tomar acciones para la protección de dichas aguas ya sea su expresión cualitativa o cuantitativamente para asegurar su sostenibilidad. (Parlamento Europeo y del Consejo, 2000)

En el caso del continente americano, los Estados Unidos contando con la Agencia de Protección Ambiental (EPA), también abordan la necesidad de lograr la existencia de cuencas hidrográficas limpias, implementando una evaluación llamada “Clean Watersheds Needs Survey” (CWNS), o en español como “Encuesta sobre necesidades de cuencas limpias” con el propósito de apreciar cual es el financiamiento que se requiere en todo el territorio del país para contar con establecimientos o infraestructuras estatales que integren una correcta recolección y posterior tratamiento de aguas residuales, que se ejecuten con la finalidad de llegar a la meta de la calidad del agua proporcionado por la Ley de Agua Limpia. (Agencia de protección ambiental, 2022)

Si se habla de las Normas ISO (International Standardization Organization) enfocadas a la Demanda Química Orgánica se sitúa la ISO 6060 y la ISO 15705, dónde esta última refleja virtudes en los costos al reducir el número de agentes químicos utilizados, menguando el uso de estos con elevado grado de toxicidad. (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2002)

METODOLOGÍA

Para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno en aguas residuales se emplean varios métodos analíticos recomendados por Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Método Colorimétrico de Reflujo Cerrado

Los compuestos orgánicos e inorgánicos son oxidados con una mezcla de ácido crómico y sulfúrico a ebullición, en la mezcla se coloca a reflujo en una disolución de ácido fuerte con un exceso conocido de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$), después de la digestión el dicromato no reducido se mide en un espectrofotómetro para conocer la cantidad de dicromato consumido y a partir de esto, calcular la materia oxidable en términos de oxígeno equivalente. El método de digestión en sistema cerrado es aplicable a muestras previamente homogeneizadas o de naturaleza muy homogénea y/o cuando la disponibilidad de muestra es muy escasa. (Ramírez Caballero, 2008)



La reacción que ocurre en presencia de materia orgánica es la siguiente:



Demanda Química de Oxígeno y sus rangos.

Los rangos para determinar la Demanda Química de Oxígeno (DQO) pueden dividirse en los siguientes: rango bajo de 3-150 mg/L DQO a 420 nm utilizando la solución de digestión que contiene 1,022g de dicromato de potasio, o en rango alto de 20 - 1500 mg/L a 600 nm utilizando la solución de digestión de rango alto que contiene 10,216g de dicromato de potasio. En este estudio se recolectaron muestras de agua de tipo residual por lo que se emplea un rango alto de concentración

Materiales

En campo

- Balde
- Envases de plástico con capacidad de 500 mililitros
- Gotero específico para contener ácido sulfúrico concentrado
- Hielera contenedor blanco térmica espuma Flex
- Hielo
- Hoja de campo
- Jarra de 1000 mililitros de capacidad
- Lapicero
- Marcador y cinta
- Soga
- Equipo de protección personal o PPE

En laboratorio

- Aspirador de pipetas
- Gradilla para tubos
- Pipeta volumétrica de 2 ml
- Tirillas de pH



Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄)
- Agua destilada
- Viales para DQO en el rango de 20 a 1500 mg/l (HR)

Equipos

- Termoreactor digital DRB200 15 viales x 16 mm
- Espectrofotómetro UV VIS DR6000

Medidas de Seguridad

Tener extrema precaución en la manipulación y preparación de los viales, dada la alta reactividad de los agentes oxidantes que contienen y que se emplean en los tubos.

Colocar la muestra de agua meticulosamente en el vial, idealmente permitiendo que la muestra descienda a lo largo del tubo. Los viales incluyen en su interior ácido sulfúrico con una concentración del 95%, lo que provoca una vigorosa reacción exotérmica al entrar en contacto con el agua, por tal motivo esta precaución evita que el contenido del tubo salpique y se desborde desmedidamente.

Poner mucha atención en el momento de disponer los viales ya preparados en el termoreactor debido a que este equipo alcanza elevadas temperaturas para su correcto procesamiento.

Emplear equipos de protección personal, como guantes, gafas de seguridad, mandil, todo el tiempo requerido en el laboratorio.

Muestreo Simple

Hace referencia a la captación de la muestra en un dado momento y lugar específico, con el objetivo de analizarse de manera individual; cabe destacar que si existen distintos puntos de descarga, cabe recalcar que se entenderá como muestra simple a la compuesta por

cantidades proporcionales al flujo de cada ubicación. (INSTITUTO DE TOXICOLOGÍA DE LA DEFENSA, 2016)

La población y la muestra

El estudio se realizará en la ciudad San Francisco de Milagro, en sus respectivas áreas urbanas, las aguas residuales de estos sectores son vertidas directamente en el cuerpo receptor

Tamaño de muestra

En el presente caso de estudio se obtienen 5 muestras del área urbana de la ciudad de Milagro, en base a la ubicación y a la accesibilidad de la toma de muestra fueron seleccionados los siguientes puntos de muestreo:

Tabla 3 Selección de Muestra

Ubicación	Coordenadas (UTM)	Muestras
Malecón Esmeraldas y Ecuador		-79.59809500919327
M2 frente a las Especialidades Valdez		-2.128773947039026,
Av. de las Américas		-2.1296997264112223,
M1 cerca al Malecón Esmeraldas		-79.59966783103557
Malecón Olmedo		-2.129700651649388,
M3 detrás de la Unidad Educativa San José		-79.59260763656236
Planta de Agua.		-2.131889218922053,
M3 detrás de la Unidad Educativa San José		-79.58908525295178
Descarga		-2.1319139992905383,
M5 Domiciliaria, Estero Las Damas		-79.58906601141818

Nota: Números de muestras con las coordenadas de ubicación, Obtenida del autor.

Metodología para toma de muestra

- Para la toma de la muestra se recolectó el agua en un balde, hay que tener en cuenta la altura de la descarga, si se encuentra en un lugar no accesible, en este caso, se utilizó una soga para amarrar al recipiente y poder recolectarla
- Usar guantes y mascarilla para su debida protección, a la hora de la toma de muestra.
- Para medir el caudal se toma el tiempo con un cronómetro, en este caso se tomará 1000 ml de agua de la descarga para conocer el tiempo en que se demora en llenar el recipiente.
- Luego se procede a llenar en un frasco de plástico de 500 ml.
- El paso anterior es aplicado en las demás muestras.
- Se procede a tomar el ph con las tirillas, este procedimiento se realiza antes de agregar el ácido sulfúrico concentrado (97%) y después de la disolución en las muestras.
- Si el análisis se efectuará en un rango mayor a dos horas después de reunir las muestras, se recomienda conservar las mismas mediante acidificación con un pH menor o igual a dos, añadiendo 0,5 ml de ácido sulfúrico concentrado (97%).
- El paso anterior es aplicado en las demás muestras.
- Una vez tomadas las muestras se llena la etiqueta con los datos indicados o directamente en la hoja

de control, si la muestra es tomada del sitio 1, se debe etiquetar el proceso al que pertenece dicha muestra, así mismo numerarla, para poder diferenciar al momento de tener varias muestras recolectadas.

- Es necesario que cada muestra debe llevar la siguiente información: nombre, fecha, hora de la recolección y pH.
- Concluido el paso anterior, se guarda el frasco de plástico que contiene la muestra en la hielera para poder mantener su temperatura.
- El paso anterior es aplicado en las demás muestras.
- Y por último, se procede a llevar las muestras al laboratorio para su posterior análisis.

Preservación de muestras

Para lograr preservar la muestra y minimizar la degradación de sus componentes, se aconseja mantenerla a una temperatura menor o igual a 6°C. Antes del traslado al laboratorio, es preferente acompañar con hielo a los envases de las muestras (no hielo seco) para mantener esta temperatura. También se establece que la muestra debe ser preservada por un lapso no superior a 21 días desde el momento en que es recolectada. (Laboratorio de Química Ambiental Ideam, 1997)

En Laboratorio

El análisis de las muestras fueron realizadas en el laboratorio Mosquera “LAB-MOS” situado en el edificio Torres de la Merced, Córdova 810 y Junín, piso 7, oficina 6 en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas; laboratorio que es acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”, los Criterios Generales de Acreditación para laboratorios de ensayo y calibración (CR GA01), Guías y Políticas del SAE en su edición vigente.

Por consiguiente, se dispuso a:

- Agarrar un vial nuevo, el que servirá como muestra de control o también llamado “blanco” rotulado de manera explícita en el mismo envase, posteriormente se aplica 2 ml de agua destilada en dicho vial.
- Así mismo, etiquetar todos los viales con sus respectivas muestras incluidas, que vayan a ser



empleados en este análisis para evitar confusiones.

- Mezclar completamente las muestras, sujetar 2 ml del agua problema con la ayuda de una pipeta volumétrica previamente limpia y colocar cada muestra en el vial correspondiente.
- Cerrar las tapas de los viales y agitar suavemente la mezcla con el fin de homogeneizar la muestra con los reactivos.
- Posicionar los viales en el termo reactor a 150°C de temperatura y configurar el equipo con un apagado automático en un lapso de 120 minutos o 2 horas.
- Completado el proceso de digestión los viales se sacan del termoreactor y se mezclan por inversión mínimo tres veces para seguidamente depositarlos en la gradilla para tubos para que se enfríen a temperatura ambiente por un tiempo de 30 minutos.
- Para continuar con equipo espectrofotómetro se necesita limpiar los viales con un paño de microfibra, y proceder a la realización de la lectura en el equipo, primero, se comienza con el “blanco” (agua desionizada más reactivo) para realizar lo que comúnmente se conoce como “encerar” presionando la opción cero y para las demás muestras seleccionado la opción medición.

Lectura

La lectura del espectrofotómetro se refleja en miligramo por litro (mg/L), siendo una medida cuantitativa que indica la carga de materia orgánica presente por unidad de volumen de agua, dando a conocer la porción de oxígeno requerido para oxidar de forma química la materia orgánica o inorgánica existente en este fluido. Las lecturas son realizadas con transparencia y claridad contribuyendo a la confianza de la competencia del laboratorio al ser acreditado por un servicio acreditador.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se muestran los resultados de la indagación realizada teniendo en mente el cumplimiento de la meta establecida al principio de este caso práctico, enfocándose en la comprensión del nivel de demanda química de oxígeno en los efluentes de aguas residuales en la ciudad San Francisco de Milagro.

En la primera fase, se expone la información y análisis concernientes al caudal en los lugares donde se ha destinado para la toma de muestra, de la misma manera, se trata el parámetro de potencial de Hidrógeno (pH); seguidamente se desenrollan los hallazgos concernientes a la Demanda Química de



Oxígeno (DQO) y realizar una comparación con las normativas ambientales reguladoras vigentes.

Interpretación del análisis Caudal.

El caudal es el flujo volumétrico que pasa por un área dada en la unidad de tiempo, para medir el caudal se utilizó el método volumétrico que es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. Para lo siguiente se ocupó una jarra, 1 dispositivo con cronómetro, por consiguiente, se dispuso a colocar la jarra en una distancia de 1 metro, para tomar el tiempo, en el cual, se llenará la jarra de 1000 ml.

A continuación, en la siguiente tabla 4 se presentan los resultados obtenidos del caudal de las muestras 1 y 2.

Tabla 4. Resultados del caudal de las muestras

N° Muestras	Ubicación	Resultado	Fórmula
Av. de las Américas		0.1336 l/seg	$Q = \frac{1 L}{7.48 \text{ seg}}$
M1 cerca al Malecón Esmeraldas			
Malecón Esmeraldas y Ecuador		0.07949 l/seg	$Q = \frac{1 L}{12.58 \text{ seg}}$
M2 frente a las Especialidades Valdez			

Nota: Números de muestras con los resultados del caudal, Obtenida del autor.

De acuerdo a los resultados reportados en la tabla 4, la muestra 1 Av. de las Américas cerca al Malecón Esmeraldas obtuvo un caudal mayor de 0.1336 l/seg en un tiempo de 1 minuto, mientras que, en la muestra 2 Malecón Esmeraldas y Ecuador frente a las Especialidades Valdez obtuvo un caudal menor de 0.07949 l/seg en un tiempo de 1 minuto.

Tabla 6 Resultados de la Demanda Química de Oxígeno

Los criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuario

N° Muestras	Ubicación	Límite máximo permisible
Av. de las Américas	M1 cerca al Malecón Esmeraldas	40 mg/L 29 mg/L
Malecón Esmeraldas y Ecuador	M2 frente a las Especialidades Valdez	40 mg/L 120 mg/L
Malecón Olmedo	M3 detrás de la Unidad Educativa San José	40 mg/L 255 mg/L
Planta de Agua Potable	M4 Estero Las Damas	40 mg/L 70 mg/L
Descarga	M5 Domiciliaria, Estero Las Damas	213mg/ L 40 mg/L
Descarga Domiciliaria, Estero Las Damas	M5 (Duplicad o)	40 mg/L 224 mL

Nota. Números de muestras con los resultados del DQO, obtenidos del Laboratorio Lab-Mos.

Se interpreta de acuerdo a los resultados de la tabla #6, la muestra 1 CUMPLE, mientras que las muestras 2,3,4,5 y su duplicado NO CUMPLE con los Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, y en aguas marinas y de estuarios del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente TULSMA.

Tabla 7 Resultados de la Demanda Química de Oxígeno

Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce		
N° Muestras	Ubicación	Límite máximo permisible
Av. De las Américas	M1 cerca al Malecón Esmeraldas	200 mg/L 29 mg/L
Malecón Esmeraldas y	M2 Ecuador frente a las Especialidades Valdez	200 mg/L 120mg/L
Malecón Olmedo	M3 detrás de la Unidad Educativa San José	200 mg/L 255 mg/L
Planta de Agua	M4 Potable, Estero Las Damas	200 mg/L 213mg/
Estero Las Damas	M5 (Duplicado)	L200 mg/L 224 mg/L

Nota. Números de muestras con los resultados del DQO, obtenidos del Laboratorio Lab-Mos.

Se interpreta de acuerdo a los resultados de la tabla #7 que las muestras M1, M2 y M4 cumplen con los límites establecidos, mientras que las muestras M3, M5 y su duplicado superan el límite, confirmando la presencia elevada de materia orgánica e inorgánica en la muestra, indicando posibles problemas de calidad del agua en esas ubicaciones.

Análisis Gráfico de Resultados de las descargas

Gráfico 1

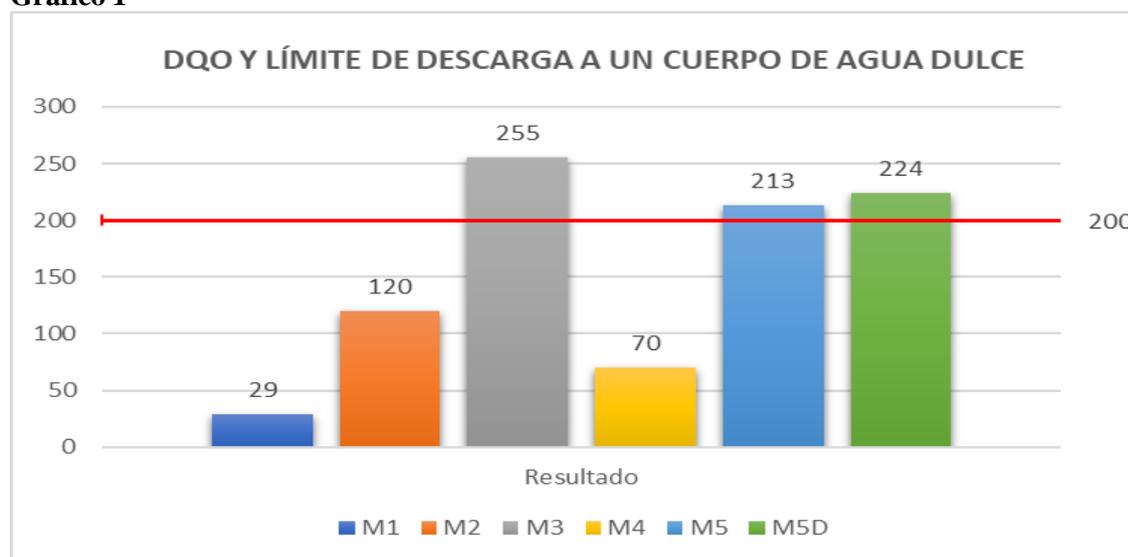
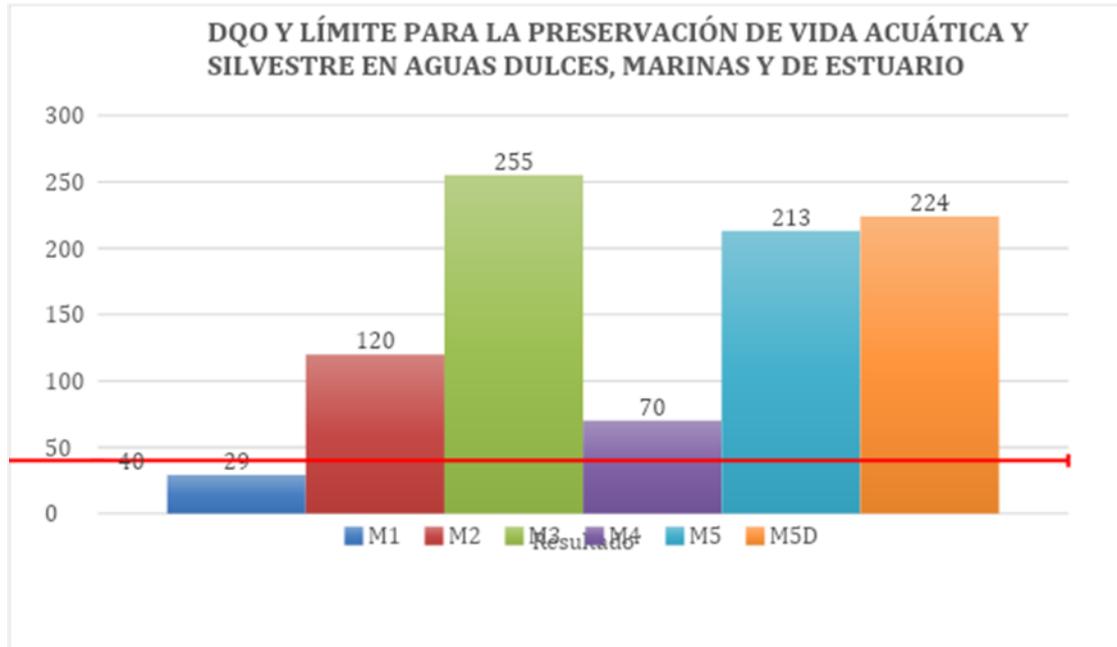


Gráfico 2



CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos y cumpliendo con los objetivos propuestos para conocer la Demanda Química de Oxígeno (DQO) que posee las descargas residuales que se vierten al cuerpo receptor del área urbana de la ciudad San Francisco de Milagro, se concluye que:

A partir de las coordenadas se establecieron los cinco puntos de muestreo de aguas residuales, se escogieron por la ubicación y la facilidad de muestreo, la muestra 1 coordenada de muestreo - 2.128773947039026, -79.59809500919327; la muestra 2 coordenada de muestreo - 2.1296997264112223, -79.59966783103557; la muestra 3 coordenada de muestreo - 2.129700651649388, -79.59260763656236; la muestra 4 coordenada de muestreo - 2.131889218922053, -79.58908525295178 y la muestra 5 coordenada de muestreo 2.1319139992905383, -79.58906601141818.

Se calculó el parámetro del caudal de las muestras M1 y M2, mediante el volumen sobre el tiempo, obteniendo en la muestra 1 un caudal de 0.1336 l/seg, mientras que en la muestra 2 un caudal de 0.07949 l/seg, por falta de accesibilidad a estas descargas, no se pudo realizar la toma de este parámetro en las muestras M3, M4 y M5.

Se analizó el parámetro del pH de las muestras, determinando que todas las muestras se encuentran en un rango establecido de 6 a 7, logrando bajar la acidez de las muestras a un rango menor o igual a 2,

para mantener intactas las condiciones de las muestras desde la captación, ya que por acción microbiológica las bacterias comienzan a nutrirse de la materia orgánica en la temperatura y condiciones normales, mientras se traslada la muestra al laboratorio, para evitar estos cambios se fijó las muestras con ácido sulfúrico concentrado (97%).

De acuerdo al Libro VI Anexo 1 “Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua”, establece “Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, y en marinas y de estuarios”, se realizó una comparación con los resultados obtenidos de la DQO de las muestras recolectadas, se concluye que la muestra M1 obtuvo un DQO de 29 mg/L, indicando que cumple con la norma, siendo el límite permisible de 40 mg/L, mientras que las muestras M2 (120 mg/L), M3 (255 mg/L), M4 (70 mg/L), M5 (213 mg/L) y M5 duplicado (224 mg/L), no cumplen con la norma que insta a preservar de la vida acuática y silvestre en cuerpos de agua dulce. Comparando los resultados obtenidos de la DQO de las muestras recolectadas con las “Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce” del Libro VI Anexo 1 “Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua”, se expone que las muestras M1 (29 mg/L), M2 (120 mg/L) y M4 (70 mg/L) cumplen con la norma, siendo el límite permisible de 200 mg/L, mientras que las muestras M3 (255 mg/L), M5 (213 mg/L) y M5 duplicado (224 mg/L), no cumplen con la norma, por lo cual, deben ser tratadas.

Y, por último, se realizó un duplicado a la muestra M5 con un resultado de DQO (213 mg/L), mientras que la muestra duplicada reportó un resultado de DQO (224 mg/L), el porcentaje de diferencia relativa entre las dos muestras fue del 4% que está dentro del rango de RPD del 10%, se puede decir, que los resultados son confiables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia de protección ambiental. (2022, abril 18). *Encuesta sobre las necesidades para lograr cuencas hidrográficas limpias* [Overviews and Factsheets].

<https://espanol.epa.gov/espanol/encuesta-sobre-las-necesidades-para-lograr-cuencas-hidrograficas-limpias>

Alcaldía Ciudadana de Milagro. (21 de Agosto de 1973). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN SAN FRANCISCO DE MILAGRO*.



Recuperado el 23 de Noviembre de 2023, de Untitled:

<https://milagro.gob.ec/archivos/pdf/lotaip/literals/4.-DIAGNOSTICO%20PDOT.pdf>

Asamblea General de las Naciones Unidas. (2010). *64/292 [El derecho humano al agua y el saneamiento]*. Distr. General de las Naciones Unidas Estrategia Nacional de calidad del agua. (2016, septiembre). *LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO*. Obtenido de

https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf

Hanna Instruments. (2022, March 17). *La medida de la demanda química de oxígeno y sus normas.*

iAgua. Retrieved January 16, 2024, from <https://www.iagua.es/noticias/hanna-instruments/medida-dqo-y-normasmanagua/quimica-analitica/validacion-del-metodo-colorimetrico-de-reflujo-cerrado-para-determinar-la-demanda-quimica-de-oxigeno-dqo-en-aguas-residuales/26741585>

Instituto de Toxicología de la defensa. (2016). PROTOCOLO DE TOMA DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL. Retrieved Enero 19, 2024, from

<https://www.defensa.gob.es/itoxdef/Galerias/documentacion/protocolos/ficheros/PROTOCO>

Lara, I. J., & Franco, O. C. (2017, Abril). ANÁLISIS DEL COSTO – BENEFICIO UNA HERRAMIENTA DE GESTIÓN. *Revista: CE Contribuciones a la Economía ISSN: 1696-8360*. <https://www.eumed.net/ce/2017/2/costo-beneficio.html>

LEXIS S.A. - Silec, Sistema Integrado de Legislación Ecuatoriana . (2004, 10 de septiembre). *LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL*. Registro Oficial Suplemento # 418. Obtenido de

<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCION-Y-CONTROL-DE-LA-CONTAMINACION-AMBIENTAL.pdf>

Ministerio del Ambiente. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA). (2003, 31 de marzo). *Libro VI de la Calidad Ambiental. Anexo 1. Norma de calidad Ambiental y Descargas de Efluentes:Recurso Agua*. Quito: Registro Oficial Edición Especial 2. Obtenido de



<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2002). *Calidad del agua. Determinación del índice de demanda química de oxígeno (ST-COD). Método del tubo sellado a pequeña escala (ISO 15705)*.

Ramírez Burgos, L. I., Domínguez de Bazúa, M. d. C. D., García Fernández, J. A., Montuy Hernández, R., & Oaxaca Grande, M. (2008). Demanda química de oxígeno de muestras Acuosas http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/redica/resources/LocalContent/127/2/Libro%20DQO%202008.pdf

Ramírez Caballero, M. (2008). Validación del método colorimétrico de reflujo cerrado para determinar la demanda química de oxígeno. Studocu. Retrieved December 13, 2023, from <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-autonoma-de-nicaragua-anagua/quimica-analitica/validacion-del-metodo-colorimetrico-de-reflujo-cerrado-para-determinar-la-demanda-quimica-de-oxigeno-dqo-en-aguas-residuales/26741585>

