

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**“MAGÍSTER EN GESTIÓN DE LABORATORIOS DE QUÍMICA”**

**TEMA:**

Análisis comparativo de sensor óptico de Oxígeno disuelto respecto al método de Winkler para establecer la confiabilidad del instrumento

**AUTOR:**

**LAURA SOFÍA RECALDE MÓRTOLA**

Guayaquil - Ecuador

2022



## RESUMEN

El oxígeno disuelto constituye un parámetro fundamental en la determinación de la calidad de un cuerpo de agua. Su cuantificación tradicionalmente se la realiza utilizando el método tradicional de Winkler, el cual constituye una técnica compleja en cuanto a su ejecución debido a las diferentes etapas del proceso. La tecnología de los sensores, especialmente los ópticos de extinción de fluorescencia han demostrado tener grandes ventajas frente al método tradicional en cuanto a rapidez de obtención de resultados, costo, diversidad de modelos, características técnicas y facilidad de aplicación. Para demostrar la exactitud de las mediciones del sensor frente al método de Winkler se analizaron muestras de agua natural (río), agua potable (grifo) y agua destilada. Al comparar las mediciones de oxígeno disuelto se demostró que el sensor modelo GDX-ODO de la marca Vernier presenta niveles aceptables de confiabilidad en los parámetros de veracidad con porcentajes de recuperación entre 90% y 105%, frente a la determinación por el método yodométrico de Winkler. De igual forma, se evaluó la repetibilidad de los ensayos, lo que demostró que no existe diferencia significativa en las muestras a lo largo del tiempo evaluado.

Palabras clave: sensor, oxígeno disuelto, precisión, fluorescencia

## **ABSTRACT**

Dissolved oxygen is a fundamental parameter for the quality determination of a waterbody. Its quantification is traditionally carried out using the standard Winkler method, which is a complex technique in terms of its execution due to the different stages of the process. Sensor technology, especially fluorescence quenching optics, have shown great advantages over the traditional method in terms of speed of obtaining results, cost, diversity of models, technical characteristics, and ease of application. To demonstrate the accuracy of the sensor measurements against the Winkler method, samples of natural water (river), drinking water (tap), and distilled water were analyzed. When comparing the measurements of dissolved oxygen, it was shown that the GDX-ODO model sensor of the Vernier brand shows acceptable levels of reliability in the veracity parameters with recovery percentages between 90% and 105% compared to the determination by the iodine metric method of Winkler. Similarly, the repeatability of the tests is evaluated, which highlights that there is no significant difference in the samples over the time evaluated.

Keywords: sensor, dissolved oxygen, precision, fluorescence

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia, en especial a mi hija, a mi esposo y a mi madre quienes siempre han creído en mí aún en aquellas ocasiones cuando yo no era capaz de hacerlo.

A mis estudiantes a quienes espero inspirar siempre en el camino de la superación

A mi compañero de toda la vida Carlitos Tejada quien aún desde el cielo me sigue acompañando y ayudando en todos mis proyectos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecimiento especial a la empresa Lab Learning, en especial a la Ing. Yecenia Delgado y el Ing. Erick Niveló por facilitar el equipo y la información necesaria para el desarrollo de este proyecto.

A mi querido amigo Mgtr. Geovanny Alvarado por su ayuda y consejos a lo largo de esta maestría y en el desarrollo de este trabajo.

## DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Titulación me corresponde exclusivamente y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. El patrimonio intelectual del mismo corresponde exclusivamente a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.



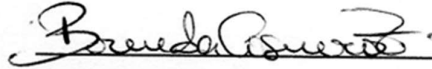
---

Laura Sofía Recalde Mórtola

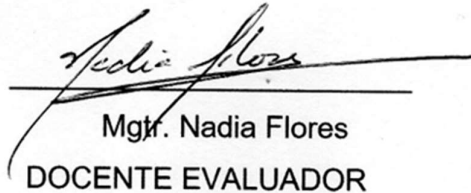
# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Joel Vielma, Ph.D  
PRESIDENTE



Mgtr. Brenda Luzmila Cisneros Terán  
TUTOR



Mgtr. Nadia Flores  
DOCENTE EVALUADOR



## **ABREVIATURAS O SIGLAS**

**LED:** Diodo emisor de luz

**MR:** Material de referencia

**OD:** Oxígeno disuelto

**RPD:** Diferencia porcentual relativa

**RSD:** Desviación estándar relativa

**U:** Incertidumbre

**AOAC:** Association of Official Agricultural Chemists

## TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Descripción del problema .....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.4. Hipótesis .....	3
1.5. Alcance .....	3
CAPÍTULO 2.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Oxígeno disuelto .....	5
2.2 Método de Winkler .....	9
2.3 Sensores para oxígeno disuelto (OD) .....	11
2.4 Parámetros estadísticos.....	15
CAPÍTULO 3.....	17
3. METODOLOGÍA.....	17
3.1 Muestras .....	17
3.2 Materiales y equipos .....	18
3.3 Procedimiento de medición con sensor.....	19
3.4 Calibración.....	20
3.5 Tratamiento estadístico.....	20
CAPÍTULO 4.....	22
4. RESULTADOS .....	22
4.1 Comparación de la exactitud del sensor óptico frente al método de Winkler. ....	22
CAPÍTULO 5.....	30
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30
5.1 Recomendaciones .....	31
6. Referencias.....	33

7. Anexos.....	36
Anexo A : Especificaciones del sensor óptico.....	36
Anexo B: Tabla para calibración.....	37
Anexo C: Reporte de laboratorio acreditado.....	39

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1 Niveles de oxígeno disuelto vs Tiempo. ....	6
Figura 2.2 Formas con las que entra el Oxígeno al agua. ....	6
Figura 2.3 Comparación en porcentaje de saturación de OD según profundidad. ....	7
Figura 2.4 Relación entre el OD y la temperatura ....	8
Figura 2.5 Relación entre OD y la salinidad. ....	8
Figura 2.6 Partes sensor polarográfico. ....	12
Figura 2.7 Esquema sensor óptico.....	13
Figura 2.8 Esquema del interior del sensor de OD GDX-ODO.....	15
Figura 3.1 Foto de localización del área de muestreo. Recalde, 2022 .....	17
Figura 3.2 Sensor Go Direct para oxígeno disuelto.....	18
Figura 3.3 Muestras de agua potable analizadas en laboratorio acreditado. Grupo Químico Marcos Junio 2022.....	19
Figura 3.4 Muestras de agua de río analizadas en laboratorio acreditado. Grupo Químico Marcos, 2022 .....	19
Figura 4.1 Gráfico de Valores de oxígeno disuelto según el método.....	25
Figura 4.2 Variación de oxígeno disuelto en el tiempo .....	27

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 3.1 Parámetros de calibración.....	20
Tabla 4.1 Valores de oxígeno disuelto en mg/L según método utilizado y origen de la muestra a 24 °C .....	23
Tabla 4.2 Valores RPD Muestra agua potable .....	24
Tabla 4.3 Valores RPD Muestra de Río .....	24
Tabla 4.4 Valores de oxígeno disuelto tomado durante 3 días a 24°C .....	26
Tabla 4.5 ANOVA de muestras de agua de río .....	28
Tabla 4.6 ANOVA de muestras de agua potable .....	28
Tabla 4.7 ANOVA de muestras de agua destilada .....	29



# CAPÍTULO 1

## 1. Introducción

### 1.1. Antecedentes

El obtener información de parámetros físicos y químicos constituye la forma aprobada científicamente para desarrollar y evaluar un proceso investigativo. Las mediciones que se obtienen, para ser confiables, deben ser alcanzadas por medio de instrumentación adecuada y comprobadas con estándares [1].

Existen muchas situaciones en las que se requiere recabar en tiempo real, y con facilidad información sobre valores de parámetros químicos. Entre estas podemos mencionar el análisis de la calidad de agua a través de la medida del Oxígeno Disuelto (DO). En los laboratorios, la técnica tradicional ha sido el Método de Winkler, el cual presenta algunas desventajas como: una metodología compleja, uso de muchos reactivos, consumo de tiempo, contaminación por desechos, la necesidad de realizarse en el laboratorio y mayores posibilidades de presentar menor exactitud. La técnica tradicional del método de Winkler se fundamenta en la yodometría que requiere de personal capacitado y calificado para la preparación de la muestra y la determinación analítica del parámetro [2].

Lo antes mencionado ha permitido el desarrollo de la tecnología de los sensores propiciando la rapidez y facilidad de lograr datos muchas veces in situ. Desde hace algunos años, los sensores paramétricos constituyen una forma efectiva, rápida y eco amigable para medir parámetros fisicoquímicos en los laboratorios[3]. El sensor ideal debe ser accesible, permitir mediciones in situ y mostrar buenas características de selectividad y sensibilidad del parámetro que se desea determinar. La tecnología utilizada en los sensores ha avanzado mucho pero aún se requiere mejoras en el desempeño de estos equipos dado especialmente por la complejidad de la detección de los parámetros analíticos [1].

Dentro de la tecnología empleada en el desarrollo de sensores existen principalmente dos principios: el polarográfico y el de extinción de la fluorescencia. Este último es el utilizado por los sensores ópticos en los que se basa este estudio.

Los sensores ópticos de oxígeno contienen un luminóforo, el cual luego de ser excitado colisiona con moléculas de oxígeno provocando la transferencia y emisión de energía. El tiempo que toma la transmisión y la emisión de la energía lumínica es medida por un fotodiodo. La concentración de oxígeno disuelto está en relación inversa con el tiempo que toma la emisión de la luz[4].

## **1.2. Descripción del problema**

Existen varios tipos de sensores para medir este parámetro que poseen diferencias asociadas al tipo de tecnología utilizada. Esta tecnología se puede dividir en electroquímica y óptica. Cada una de ellas presenta ventajas y desventajas. En el caso de sensores electroquímicos presentan un buen desempeño en la detección y cuantificación en diversas aplicaciones, pero presentan limitaciones en cuanto al tiempo de calentamiento del equipo, requerimiento del flujo de agua, consumo de oxígeno y problemas en el mantenimiento. Por otra parte, los sensores ópticos basan su acción en “la extinción de materiales de sensores luminiscentes, o tintes, por oxígeno”[5]. Como consecuencia, los sensores ópticos han superado a los electroquímicos al ser portables y fáciles de usar sin disminuir la exactitud de sus resultados [5]. Sin embargo, los estudios realizados indican la necesidad de evaluar varios tipos de sensores ópticos para obtener una afirmación indubitable de su desempeño [6]. Por lo tanto, los sensores de oxígeno disuelto constituyen una mejor opción en caso de que se requiera el monitoreo de los datos de oxígeno disuelto en tiempo real para poder evaluar las condiciones ambientales que influyen en el comportamiento de otros parámetros que depende de esta información para poder interpretarse adecuadamente. Esta necesidad no podría ser cumplida por medio de la técnica tradicional de titulación yodométrica.

Debido a la escasa evidencia en la evaluación del comportamiento de la medición por sensores bajo diversas condiciones, temperatura, presión, movimiento del cuerpo de



agua y concentración salina, es necesario comparar la precisión y exactitud con respecto al método de Winkler.

### **1.3. Objetivos**

#### *General*

Comparar el sensor óptico de Oxígeno disuelto con respecto al método de Winkler para establecer la confiabilidad del dispositivo.

#### *Específicos*

- Comparar la exactitud y precisión del sensor óptico frente al método de Winkler en la medición de la concentración de Oxígeno Disuelto en agua
- Determinar si hay diferencias significativas en las mediciones del sensor en la determinación de Oxígeno en muestras de agua de diversos orígenes en el tiempo.

### **1.4. Hipótesis**

Los sensores ópticos de Oxígeno disuelto proveen resultados válidos y estadísticamente confiables en comparación con la técnica de Winkler.

### **1.5. Alcance**

El uso de la tecnología y la inteligencia artificial permite a la ciencia obtener datos de forma rápida y veraz. El poder determinar un grado mayor de confiabilidad al uso de sensores permitirá que la obtención y el análisis de los datos sean más rápido y asequible, por lo tanto, el validar la veracidad de los valores obtenidos por esta tecnología aumenta su uso en diversas áreas especialmente la educativa, poniendo al alcance de próximas generaciones herramientas para la investigación.

De esta forma esta tecnología aplicada correctamente en las aulas de clase puede lograr un enganche entre la teoría y la práctica acercando al individuo al estudio de los fenómenos y a su investigación aumentando la posibilidad de integrarse a la investigación científica utilizando y evaluando este tipo de técnicas [7].

Es importante determinar que esta investigación se desarrolla con equipos destinados al ámbito educativo y que poseen tecnología de sensores ópticos actualizados pero que son utilizados para mediciones en procesos industriales o comerciales.

Las muestras de agua sobre las que se determina el parámetro de Oxígeno disuelto son agua natural y potable. Estas matrices no presentan diferencias de salinidad o temperatura significativas y que son variables que podrían alterar el resultado de las mediciones.

# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Oxígeno disuelto

El oxígeno es un elemento que se encuentra en la naturaleza en forma molecular. Es de carácter no polar y por tanto poco soluble en el agua. Los cuerpos de agua contienen moléculas de oxígeno disuelto en una proporción relativamente baja, alrededor de 10 moléculas de oxígeno por cada millón de agua. El oxígeno disuelto no se relaciona con el oxígeno presente en la molécula de agua. Este ha sido incorporado por medio del contacto del agua con la atmósfera o también por la descarga de aguas subterráneas [8].

El proceso de fotosíntesis de las plantas acuáticas también contribuye a la presencia de oxígeno disuelto. El organismo responsable de la transformación de carbono en oxígeno es el fitoplancton, por lo que su accionar por medio de la fotosíntesis es equivalente a la cantidad de oxígeno disuelto. Esta concentración de oxígeno suele ser lo suficientemente alta para abastecer las necesidades de este gas por parte de fitoplancton y los requerimientos de los otros organismos aerobios.[9]

La hora del día influye significativamente en el nivel del oxígeno disuelto. Esto se debe a que los procesos fotosintéticos productores de Oxígeno se llevan a cabo durante el día, por lo que en la noche el consumo de este gas por parte de los organismos aerobios supera la producción del oxígeno. [10]

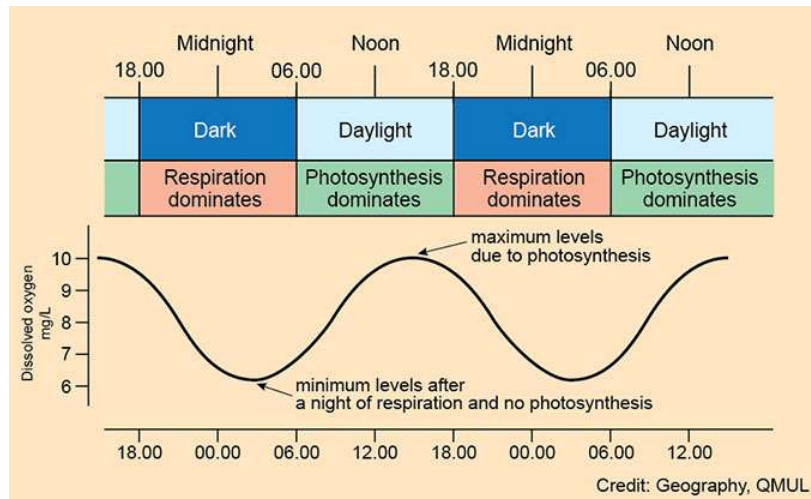


Figura 2.1 Niveles de oxígeno disuelto vs Tiempo. [10]

El contacto con el oxígeno atmosférico con el agua permite un grado de disolución del gas en el líquido, así como también la aeración. Este proceso físico puede ser natural gracias al movimiento de las corrientes de aire sobre al agua o puede ser artificial debido al bombeo mecánico.[11]

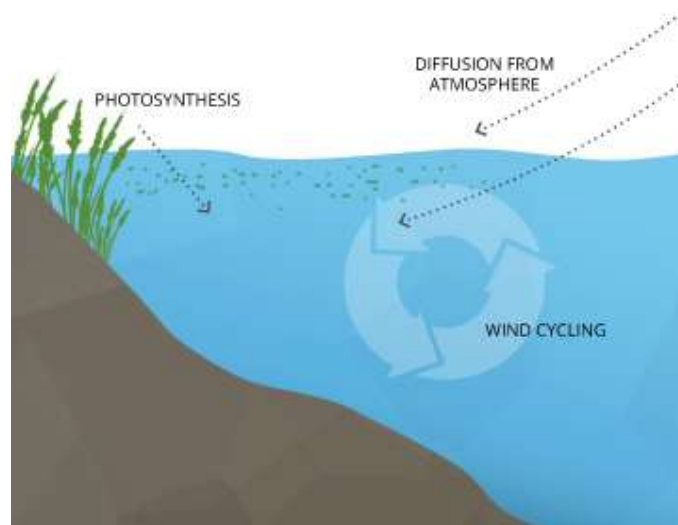


Figura 2.2 Formas con las que entra el Oxígeno al agua. [11]

El oxígeno se disuelve en el agua hasta llegar al punto de saturación, luego de lo cual su concentración dependerá principalmente del intercambio gaseoso con el oxígeno del aire. El contacto con el oxígeno del aire tiene un impacto directo sobre el OD y por lo tanto la profundidad del cuerpo de agua es una variable que influye en ese contacto.

Al nivel de la superficie el agua, sin estratificaciones, mantiene un equilibrio dinámico entre el oxígeno disuelto en el agua y el oxígeno presente en el aire, por lo que la saturación es del 100%. Este porcentaje varía a medida que aumenta la profundidad del cuerpo acuático disminuyendo el porcentaje de saturación[11], [12] .

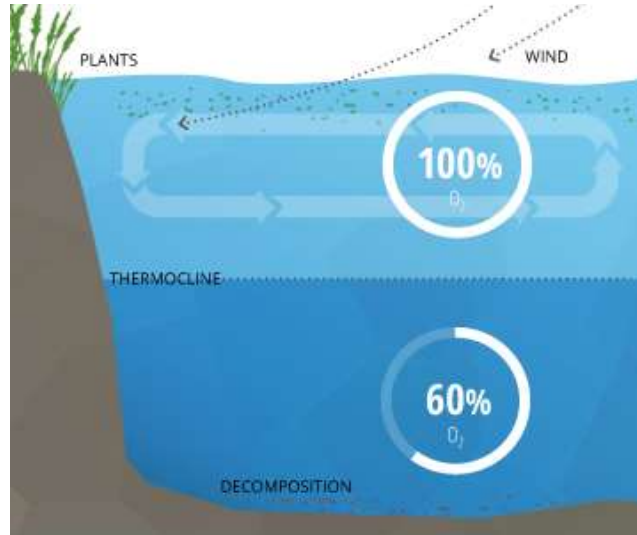


Figura 2.3 Comparación en porcentaje de saturación de OD según profundidad. [11]

El movimiento y dirección del agua tiene un papel preponderante en la cantidad de OD presente en el cuerpo de agua. En general los cuerpos de agua con poca fluidez tienden a presentar valores del parámetro más bajos que aquellos en donde existe una velocidad importante en el movimiento del líquido; por ejemplo, en ríos turbulentos. [13]

La Temperatura constituye una variable crítica en los niveles de OD. Existe una relación inversamente proporcional entre la cantidad del OD y la temperatura del agua. Por lo tanto, a menor temperatura menor nivel del gas disuelto en el agua. En los cuerpos acuáticos en donde exista una estratificación termal, la diferencia de solubilidad puede ser peligrosa para los organismos ya que al mezclarse las capas el nivel de OD cae a niveles no compatibles con la vida.[14]

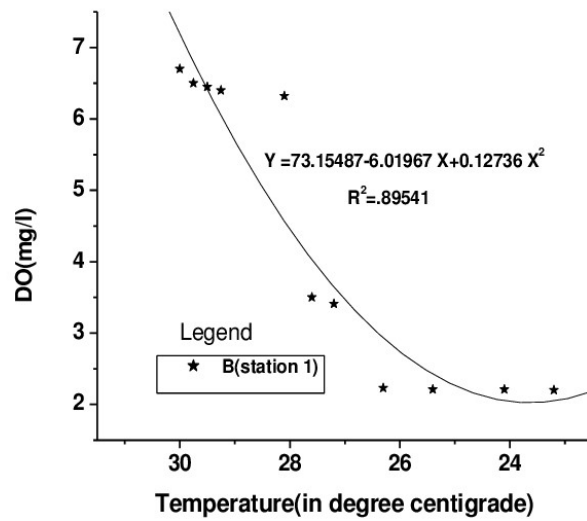


Figura 2.4 Relación entre el OD y la temperatura [15]

La salinidad también constituye otra variable importante en la concentración del OD. La relación es inversamente exponencial, y al comparar los niveles con cuerpos de agua no salobres en las mismas condiciones de temperatura y presión la diferencia es del 20% [16]

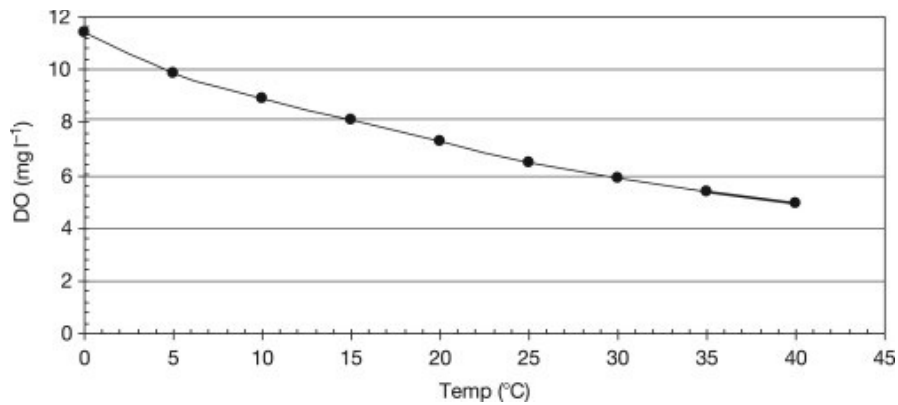


Figura 2.5 Relación entre OD y la salinidad. [17]

Los valores considerados normales en agua fresca pueden variar entre 9.0 a 7.0 mg/L a temperaturas entre 20 a 30°C, pudiendo elevar estos valores hasta 14.5 mg/L a temperaturas bajas de 0°C [18]

Los niveles más altos en agua natural pueden alcanzar valores de 14.6 mg/L a una temperatura de 0°C, y entre 20 a 30°C la concentración varía entre 9.0 a 7.0 mg/dL. [19]

La cantidad de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua es de vital importancia para el desarrollo de los organismos acuáticos; sin embargo, los requerimientos de este gas dependerán del tipo de especie. Por ejemplo, la trucha requiere de niveles altos de oxígeno disueltos mientras que el bagre puede desarrollarse bien a niveles más bajos. De forma general valores menores a 5 mg/L ocasiona un estrés importante en la supervivencia de los seres vivos acuáticos. Los niveles bajos de oxígeno pueden llevar a la muerte de los organismos, reducción en el desarrollo de huevos o larvas y cambios en la especie[19].

Los niveles bajos de oxígeno disuelto están relacionados con la calidad del cuerpo de agua y por lo tanto de su calidad y posible tratamiento de recuperación de los niveles.

En cuerpos de agua no contaminados la causa principal de consumo del OD se debe a los procesos respiratorios organismos como el plancton con un consumo de 5 a 15 mg/L diario. Otros organismos como los peces y bentos disminuyen el oxígeno entre un 1 a 6 mg/L diario.[20]

La oxidación de la materia orgánica es la principal causa de la caída de los niveles de oxígeno disuelto a niveles más allá de lo normal. Esta materia orgánica proviene de desechos tanto domésticos como industriales que se incorporan a las aguas residuales aumentando la acción y desarrollo de bacterias quienes a su vez aumentan el consumo de oxígeno cerca de 9 ppm del gas por cada 3 mg/L de carbono oxidado[21] .

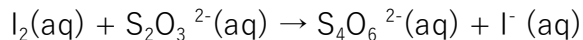
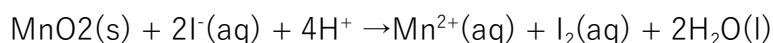
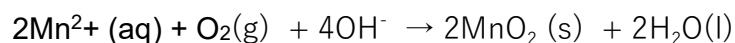
## **2.2 Método de Winkler**

La medición de los valores de OD constituye una medición de diagnóstico de la calidad y características del agua. Estos valores permiten determinar la clase de organismos capaces de desarrollarse en una determinada área acuática especialmente con relación a sus niveles tróficos. También permite evaluar el impacto

de perturbaciones como cambios de temperatura y salinidad a lo largo del tiempo. La medición de OD además indica el nivel de contaminación que afectan el cuerpo de agua debido especialmente a los desechos de las actividades humanas. [22]

Las mediciones de OD no solo deben tener un nivel de exactitud alto, sino también poderse obtener de forma periódica a lo largo del tiempo en grandes extensiones de agua. [23]

El método de Winkler ha constituido por muchos años el método estándar para la determinación del OD. La técnica se basa en una titulación Yodométrica con Tiosulfato de Sodio, previa la fijación del Oxígeno con sales de Manganeseo. La oxidación de ioduros con el Manganeseo (IV) libera el Yodo molecular que finalmente es titulado con Tiosulfato de Sodio.



El método presenta algunos inconvenientes como la preparación y estandarización de reactivos, el tiempo del proceso y el entrenamiento del personal que lo realiza.

La toma de muestra para el método de Winkler también presenta situaciones que pueden modificar el valor del parámetro original, lo que requiere un entrenamiento adecuado en el proceso y un manejo apropiado de los tiempos de análisis. El volumen de la muestra también contribuye a desviaciones que deben ser consideradas en la variación de la técnica [18].

Además, al ser este un proceso fundamentado en reacciones de oxidación y reducción es importante considerar la interferencia que pueden ocasionar agentes oxidantes o reductores presentes en el agua. También provocan interferencias iones como el ferroso, nitrato y materia orgánica. Estos componentes se pueden presentar con mucha frecuencia en el tipo de matriz en donde se analiza este parámetro. Es



posible eliminar estas interferencias incorporando modificaciones en el método como el azida para los nitritos, por ejemplo; sin embargo, no es aplicable en muestras altas cantidades de cloro libre o hipoclorito, sustancias orgánicas, sólidos suspendidos, o sustancias orgánicas que puedan oxidarse fácilmente [24].

## **2.3 Sensores para oxígeno disuelto (OD)**

En los últimos años ha surgido y perfeccionado la tecnología de los sensores para el análisis de los parámetros como el oxígeno disuelto. Los sensores presentan algunas ventajas como el uso del menor tiempo de análisis, eliminación de algunas interferencias y la facilidad de su uso por casi cualquier persona. En los últimos tiempos se ha mejorado mucho esta tecnología incorporando por ejemplo calibraciones automáticas y compensación de parámetros como temperatura y salinidad.

Los sensores para Oxígeno disuelto pueden basar su funcionamiento en varios principios: electroquímico y óptico

### **2.3.1 Sensores con fundamento electroquímico**

Estos sensores basan su acción en un transductor que es un electrodo en donde se produce la oxidación o reducción del analito que se quiere determinar. Como consecuencia de esta reacción redox se produce una corriente que se transforma en una medición. Cuando estos sensores miden gases estos se difunden a través de una membrana[25] .

Dentro de este tipo de sensores existen los de corriente, de conductividad y potenciómetros. Los dos últimos tipos basan su acción en el cambio de conductividad de la solución al oxidarse o reducirse y el cambio del potencial del electrodo.

Los sensores de corriente pueden clasificarse en polarográfico y galvánico. El sensor polarográfico mide la concentración del oxígeno en soluciones midiendo la curva de potencial de corriente de los electrodos polarizados durante la

electrólisis. Este tipo de sensor fue mejorado por Clark quién desarrolló un electrodo cubierto con un polímero[5] plástico para evitar los problemas de contaminación durante su uso. Las moléculas de Oxígeno se reducen al aplicarse un voltaje que produce una corriente

Sonda de Electrodo de Membrana Clark de OD

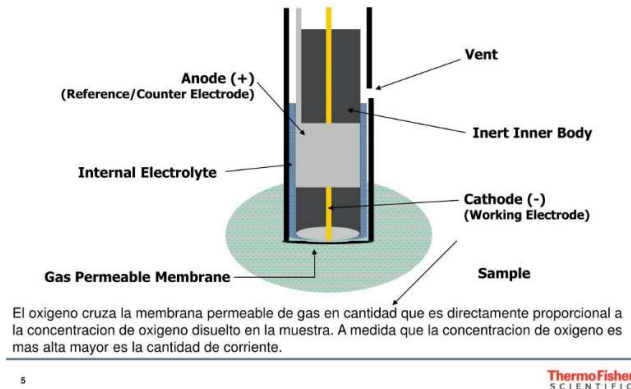


Figura 2.6 Partes sensor polarográfico.[26]

Este sensor posee una alta precisión, con un tiempo de vida largo. Sin embargo, durante su uso se consume oxígeno y presenta errores en la lectura de líquidos con poca o ninguna velocidad. Además, los sensores polarográficos necesitan ser polarizados antes de su uso lo cual requiere un espacio de tiempo previo a la medición de la muestra. Esta situación podría ser un factor importante en la decisión de su uso o no ya que el objetivo del uso de sensores es mejorar los tiempos en el análisis del parámetro.

Los sensores galvánicos poseen un funcionamiento similar al polarográfico. El Oxígeno se reduce en el cátodo para lo cual no requiere de un voltaje adicional para la polarización. Es por esto que su tiempo de respuesta es más corto que el sensor polarográfico y se requiere corrientes bajas. Entre las desventajas de este tipo de sensor están su corto tiempo de vida debido al material de electrodo y el efecto de las reacciones que se llevan a cabo. En ambos sensores electroquímicos se producen interferencias debido a la presencia de halógenos, dióxido de azufre entre otros agentes[5].

### 2.3.2 Sensores ópticos

Actualmente, los sensores ópticos son los más desarrollados tecnológicamente en el mercado. Estos sensores se basan en la reacción de una lámina químicamente selectiva con una especie de interés para producir cambios en las propiedades ópticas del sensor”[27]. Los sensores ópticos funcionan bajo fundamentos como la extinción fluorescente, la fosforescente, así como infrarrojo y de absorción[5].

Los sensores ópticos más desarrollados tecnológicamente son los basados en la extinción fluorescente. Este principio se basa en la disminución de la fluorescencia de una muestra que ocurre como resultado de la extinción o desactivación por parte de moléculas. Durante este proceso participan dos especies: el fluoróforo y el extintor o desactivador. El fluoróforo cambia de un estado excitado a un estado basal debido al contacto con el extintor o desactivador. Las moléculas utilizadas como extintores no sufren cambios por lo que su concentración no varía [28]. Entre las moléculas que pueden activar como extintores o desactivadores de fluorescencia está el Oxígeno.

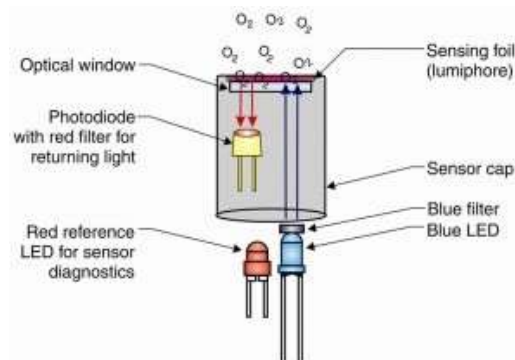


Figura 2.7 Esquema sensor óptico[29]

Una vez que la sustancia fluorescente o fluoróforo absorbe luz visible o UV se produce la excitación y luego la emisión de energía como fluorescencia. Es en este paso en donde la colisión con un desactivador o extintor de fluorescencia, como el oxígeno, interfiere en el proceso de emisión. Esta interferencia se traduce en un cambio de la intensidad de la emisión de energía fluorescente que se relaciona con la concentración de Oxígeno en la muestra.

De acuerdo a la ecuación de Stern – Volmer, la concentración de Oxígeno presenta una relación lineal con la intensidad y la vida media de la fluorescencia.

$$\frac{I_o}{I} = \frac{\tau_o}{\tau} = 1 + K_{sv} \cdot [O_2]$$

$$I = f([O_2])$$

$$I = f([O_2]) [30]$$

Donde

I= intensidad de la fluorescencia en presencia de Oxígeno

I<sub>0</sub>= intensidad de la fluorescencia en ausencia de Oxígeno

I= vida media de la fluorescencia en presencia de Oxígeno

T<sub>0</sub>= vida media de la fluorescencia en ausencia de Oxígeno

La constante de Stern - Volmer (K<sub>sv</sub>) está relacionada directamente con las características de la molécula de oxígeno como su velocidad de difusión y su solubilidad. También depende de la vida media del estado excitado del fluoróforo. Se prefiere medir la vida media del fluoróforo antes que su intensidad, ya que esta puede ser alterada en situaciones que disminuyan la formación del complejo como foto degradaciones [4].

Según Helm Irja (2018), los sensores ópticos actuales presentan buena estabilidad fotoquímica y reproducibilidad, alta precisión y tiempo de vida largo. Tienen un rango de trabajo de 0 - 20 mg/L con una exactitud menor al 1% y un tiempo de respuesta menor a 60 segundos. Presentan poca interferencia, buena repetibilidad y estabilidad y la compensación por la temperatura tiene un sesgo menor al 0.5% a 5 °C. Por lo tanto, se requiere de calibraciones en temperaturas cercanas a aquellas en las que se realizan las mediciones. No existe mayor variación por el efecto de agitación de la muestra y el efecto de la incertidumbre se registró en un 0.14% [31].

El sensor óptico de oxígeno de esta investigación contiene un luminóforo encerrado en un compartimiento el cual es excitado por la luz azul emitida por un LED. Al entrar en contacto las moléculas de Oxígeno a través de una membrana con el luminóforo excitado se transfiere energía al oxígeno

produciendo la emisión de luz roja. El tiempo que toma la trasmisión de la luz azul y la emisión de la luz roja es medida por un fotodiodo. La concentración de oxígeno disuelto está en relación inversa con el tiempo que toma la emisión de la luz roja [4].

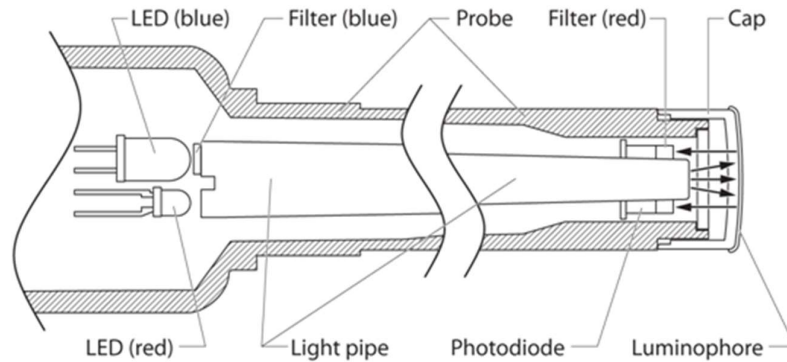


Figura 2.8 Esquema del interior del sensor de OD GDX-ODO. [4]

## 2.4 Parámetros estadísticos

Para realizar la comparación entre los métodos para medir el OD que son objeto de esta investigación se realizará el tratamiento estadístico que involucra los estudios de veracidad y precisión para determinar la exactitud del método del uso de sensores ópticos con el método de Winkler.

La exactitud se define como el “grado de concordancia entre el resultado del ensayo y el valor de referencia”[32] Está relacionada con la capacidad de obtener resultados lo más cercanos al valor verdadero y está afectada por los errores sistemáticos. La exactitud es la combinación entre la veracidad y la precisión y se expresa como porcentaje de recuperación [33]

Los métodos que poseen varias etapas pueden presentar interferencia en la exactitud. Uno de los métodos para evaluar la exactitud sería realizar la comparación de la media del método en estudio contra el valor medio de un método validado. [34]

La exactitud del método de Winkler, según el método de *Standard methods for the examination of water and wastewater* presenta valores alrededor de 0.02 mg/L. Algunas variaciones del método de Winkler poseen exactitudes entre 0.08 a 0.14 mg/L, dependiendo de las modificaciones realizadas al procedimiento siendo la gravimétrica la de mejores resultados en exactitud. [35]

En cuanto a la exactitud en el método de sensores ópticos luminiscentes los valores de exactitud indicadas por *Standard methods of examination of water and wastewater* se establecen alrededor de 0.1 mg/L. [36]

#### **2.4.1 Veracidad**

La veracidad “determina el grado de coincidencia existente entre el valor medio obtenido de una serie de resultados y un valor de referencia aceptado”[32]. Para determinar este componente de la exactitud en esta investigación se utiliza el sesgo para establecer la diferencia entre el valor esperado y los obtenidos en las mediciones. Al comparar el valor conocido y la media de los valores obtenidos determinará el sesgo que presenta el método. La veracidad y el sesgo tiene una relación inversa entre sí. [32]

#### **2.4.2 Precisión**

La precisión se relaciona con los errores del tipo aleatorio y determina cuan cercanos son los valores obtenidos por el método analizado realizado bajos las mismas condiciones de ensayo a una misma muestra. La precisión se establece con la desviación estándar de los resultados y se expresa como RSD [30]

Dentro de la precisión se evalúa la repetibilidad del método, la cual se relaciona con la precisión obtenida con resultados del mismo método, condiciones y personal. [33]

La reproducibilidad es otro nivel de precisión en donde se determina la precisión en condiciones diferentes por ejemplo diferentes analistas, laboratorios o equipos. [32]

# CAPÍTULO 3

## 3. METODOLOGÍA

Esta investigación es de tipo experimental y cuantitativa. Se basa en la validación del uso de un sensor óptico inalámbrico del parámetro Oxígeno disuelto (OD) frente el método estándar de Winkler. Se realizó el tratamiento de muestras y su correspondiente análisis estadístico.

### 3.1 Muestras

Se analizaron 3 tipos de muestras de agua: potable, natural y destilada. Las muestras de agua potable fueron obtenidas de las redes de tuberías por medio de grifo. En el caso de las muestras de agua natural, estas provinieron de río Babahoyo, cantón Samborondón en la zona de la Puntilla.

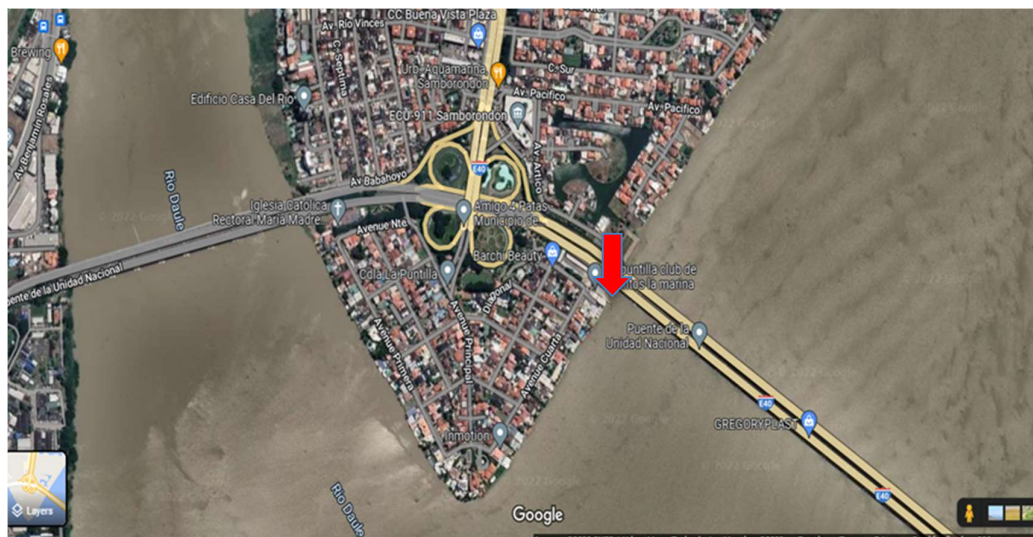


Figura 3.1 Foto de localización del área de muestreo. Recalde, 2022

Las muestras del río fueron recolectadas en un balde con capacidad de 12 litros y con llave de paso, la cual a su vez estaba conectada a una manguera. Esta manguera fue introducida en cada una de las botellas para DBO hasta su rebose para obtener las alícuotas necesarias.

Se realizó el mismo procedimiento para las muestras de agua potable obtenidas del grifo externo de la zona cercana al punto de recolección del agua de río.

En el caso del agua destilada las muestras fueron recolectadas directamente en las botellas de Winkler para cada una de las alícuotas necesarias.

### 3.2 Materiales y equipos

Se utilizó un sensor óptico inalámbrico para oxígeno disuelto marca Vernier, modelo GDX-ODO, con tecnología luminiscente. El instrumento es capaz de medir también la temperatura del agua y la presión atmosférica, las cuales son compensadas.



*Figura 3.2 Sensor Go Direct para oxígeno disuelto[37]*

Para la recolección de datos del sensor se utilizó la herramienta Graphical Analysis, por medio de la cual se realizó el registro de los datos de OD y temperatura.

El agua destilada utilizada fue de Tipo 1, la cual está libre de iones, material orgánico o coloidal y que asegura mayor precisión y exactitud en el análisis. [38]

El recipiente utilizado para la recolección de muestras fue un balde de plástico con tapa y llave reguladora de 12 litros de capacidad. Se adaptó una manguera plástica a la llave para asegurar el mínimo burbujeo durante la recolección de las muestras

Los recipientes donde se realizaron las mediciones fueron botellas de vidrio borosilicato con borde hacia afuera y tope de vidrio esmerilado.

Debido a que no fue posible encontrar en el mercado material de referencia certificado para Oxígeno disuelto se decidió solicitar a un laboratorio acreditado bajo la norma ISO 17025 que realice el análisis de oxígeno disuelto con el método estandarizado de Winkler acreditado según se indica en su alcance. Se evaluaron muestras de agua natural (río) y agua potable (grifo). Los valores obtenidos por este medio fueron comparados con los obtenidos en las lecturas del sensor en el mismo tipo de matriz.

De acuerdo datos obtenidos del laboratorio acreditado se establecieron 3 niveles de concentración de oxígeno disuelto. El nivel más bajo era el agua destilada, el nivel intermedio el agua natural (río) y nivel más alto el agua potable (grifo).



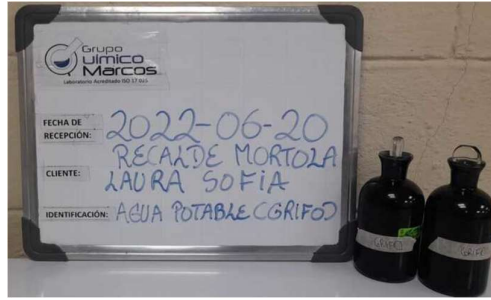


Figura 3.3 Muestras de agua potable analizadas en laboratorio acreditado. Grupo Químico Marcos Junio 2022

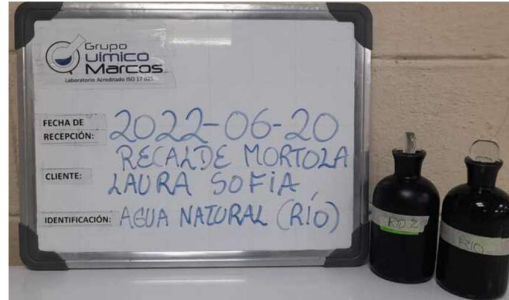


Figura 3.4 Muestras de agua de río analizadas en laboratorio acreditado. Grupo Químico Marcos, 2022

### 3.3 Procedimiento de medición con sensor

El sensor debe estar cargado por lo menos durante 2 horas previo a su uso. Una vez realizado este proceso se procede a conectar el sensor a la herramienta de Graphical análisis via Bluetooth para lo cual se realizan los siguientes pasos:

1. Presionar el botón de encendido hasta el parpadeo de la luz LED roja.
2. Iniciar la aplicación de Graphical Analysis seleccionando la opción de recolección de datos por sensor.
3. Seleccionar el sensor de OD, la luz LED deberá cambiar a verde una vez realizada correctamente la conexión. Presione la opción DONE para proceder a las lecturas[4]

Se realizó el ajuste del equipo de acuerdo con las instrucciones dadas por el fabricante para lo cual se realizó el procedimiento de saturación de aire para obtener la calibración de 1 punto. Se procedió a saturar la esponja en la botella de almacenamiento con agua destilado. Luego se introdujo el sensor en la botella en forma vertical durante 60 segundos evitando el contacto con la esponja o agua. Por último, se presionó el botón "Calibrar" para realizar la calibración automática del equipo por medio de la interfaz.

Para realizar las mediciones, se introdujo el sensor en cada una de las botellas y se procedió a realizar las lecturas una vez estabilizada la medición en aproximadamente

60 segundos al igual que la temperatura. Una vez realizada cada lectura el sensor era enjuagado con agua destilada previo a la siguiente medición.

En relación con lo establecido en el diseño de validación para la repetibilidad, se decidió realizar la toma de datos con 5 réplicas de cada nivel. Las muestras fueron reevaluadas durante los siguientes 2 días para poder determinar la repetibilidad del método. Durante este tiempo las muestras fueron mantenidas en refrigeración. Previo a las mediciones se permitió que las muestras alcanzaran la temperatura de ambiente (entre 23 y 24°C)

Para el estudio de veracidad se realizaron las mediciones con el sensor a las muestras de agua natural (río) y agua potable (grifo), que fueron enviadas simultáneamente a un laboratorio acreditado en el parámetro oxígeno disuelto por el Método Winkler bajo la Norma ISO 17025. De cada una de las muestras se dividieron 5 alícuotas de 100 ml para su medición con el instrumento.

### 3.4 Calibración

Para verificar la calibración se preparó una muestra control colocando en una botella de DBO 0.25 pulgadas de agua, la cual fue agitada durante 30 segundos. Se procedió a realizar la lectura luego de un reposo de 30 minutos.

Se realizó la comparación del valor teórico de la saturación obtenida de la tabla 4500-O: I del *Standard Method of examination of water and wastewater* con el valor experimental obtenido. La diferencia entre ambos valores deberá ser máximo +/- 10%. [36]

**Tabla 3.1 Parámetros de calibración**

Temperatura	24 °C
Valor teórico de oxígeno disuelto mg/L	8.4
Valor experimental de oxígeno disuelto mg/L	8.5
Rango del 10%	+/- 0.84

Se confirmó la correcta calibración del sensor óptico.

### 3.5 Tratamiento estadístico

Se procedió a obtener los valores de recuperación (REC) con el valor obtenido del laboratorio acreditado y el promedio de los valores de las muestras dados por el sensor. En el caso de la diferencia porcentual relativa (%RPD) se utilizaron el promedio de la diferencia de los valores dados por el dispositivo y el valor dado por el laboratorio acreditado. Con estos dos parámetros, REC y %RPD, se realizaron las comparaciones con los valores referenciales dados por la literatura.

En cuanto a la precisión se utilizaron los datos de las 5 alícuotas de las 3 muestras de agua medidas durante los 3 días. Se calculó la desviación estándar, el valor de la desviación estándar relativa y el sesgo utilizando las fórmulas correspondientes. Al igual que en el parámetro de la veracidad se compararon estos valores con aquellos obtenidos en los documentos de referencia.

# CAPÍTULO 4

## 4. RESULTADOS

De acuerdo con los objetivos planteados al inicio de esta investigación se realizó la toma de datos del parámetro de oxígeno disuelto utilizando el método de Winkler como método de referencia y el uso del sensor óptico el cual es base de esta investigación. Los datos brutos obtenidos para la realización de los valores de exactitud y repetibilidad fueron recogidos y tabulados según la metodología planteada y el diseño de validación.

### 4.1 Comparación de la exactitud del sensor óptico frente al método de Winkler.

La exactitud está determinada por los parámetros de veracidad y precisión cuyos resultados se indican y describen a continuación

#### 4.1.2 Veracidad

En el caso del estudio de veracidad se analizaron muestras de agua potable y de río, las cuales fueron divididas para el análisis de oxígeno disuelto por el método de Winkler y otro grupo con el sensor para la determinación de la veracidad. Las muestras analizadas por el método de Winkler fueron referidas a laboratorio acreditado como ya se describió anteriormente en la metodología para obtener un valor de referencia. La muestra analizada por el sensor fue dividida en 5 alícuotas que presentaron los siguientes resultados.

**Tabla 4.1 Valores de oxígeno disuelto en mg/L según método utilizado y origen de la muestra a 24 °C**

ESTUDIO DE VERACIDAD				
Laboratorio	MR1 agua potable	8,09	MR 2 río	5,69
	Incer +/-	1,88	Incer +/-	1,33
Sensor	1	7,25	1	6,25
	2	7,29	2	6,08
	3	7,29	3	5,91
	4	7,34	4	5,89
	5	7,34	5	5,89
	PROM	7,30278282	PROM	6,000213
	% REC	90,27	% REC	105,45
%RPD	10,23	%RPD	-5,31	

En la tabla 4.1 se muestran los valores de oxígeno disuelto obtenidos por método de Winkler realizado en el laboratorio certificado. Estos fueron utilizados como valores de referencia al no tener el material de referencia certificado, así como los datos del parámetro con el sensor óptico.

Se calculó el porcentaje de recuperación para determinar la exactitud del método del sensor obteniéndose valores de 90.27% para la muestra de agua potable y 105.45% para la muestra del agua de río. Estos valores se encuentran dentro de los rangos dados por la AOAC que están entre 80 a 110%[39]. Estos porcentajes se encuentran dentro de los valores aceptables de otros métodos para la determinación de oxígeno disuelto.[40]

La incertidumbre del método de Winkler fue dada por el laboratorio certificado utilizando un factor de cobertura de K=2 y por lo tanto un grado de confianza del 95%.

Como parte de los parámetros de control de calidad indicado en el Standard Method of Examination of Water and Wastewater, la diferencia de porcentaje relativa (% RPD) debe ser menor al 15 % por lo que los resultados obtenidos en ambos tipos de muestra se encuentran dentro los límites establecidos. Este porcentaje fue obtenido al comparar los datos del método de Winkler con el promedio de los resultados del sensor, de acuerdo con la siguiente fórmula

$$RPD = \frac{R1-R2}{(R1+R2)/2} \times 100$$

**Tabla 4.2 Valores RPD Muestra agua potable**

Valor O <sub>2</sub> Winkler mg/L (R1)	Valor O <sub>2</sub> sensor mg/L (R2)	Promedio	R1- R2	%RPD
8.09	7.25	7.67224257	0.108901	10.8900998
8.09	7.29	7.68902175	0.1042989	10.4298899
8.09	7.29	7.68902175	0.1042989	10.4298899
8.09	7.34	7.71616475	0.09689665	9.68966478
8.09	7.34	7.71550624	0.09707562	9.70756162

**Tabla 4.3 Valores RPD Muestra de Río**

Valor O <sub>2</sub> Winkler mg/L (R1)	Valor O <sub>2</sub> sensor mg/L (R2)	Promedio	R1- R2	%RPD
5.69	6.25	5.9680514	0.09317996	9.31799631
5.69	6.08	5.88305995	0.06563249	6.56324945
5.69	5.91	5.79846689	0.03741227	3.74122658
5.69	5.89	5.78843233	0.03401001	3.40100136
5.69	5.89	5.78752253	0.03370096	3.37009577

En el siguiente gráfico se puede observar que la comparación entre los valores obtenidos por el método de Winkler y el promedio de los valores dados por el sensor óptico tomando en cuenta la incertidumbre de ambos métodos. Las muestras del agua de río presentan una diferencia menor entre ambos métodos en relación con el agua potable.

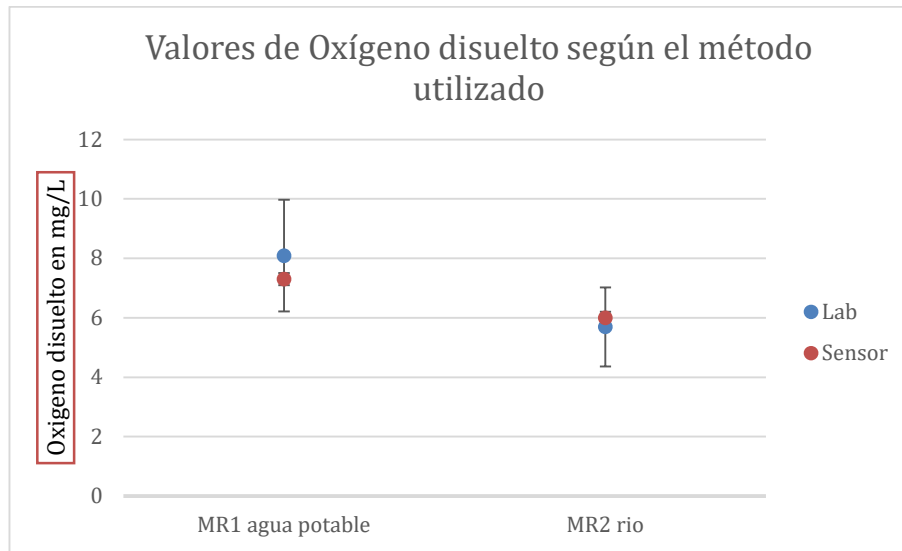


Figura 4.1 Gráfico de Valores de oxígeno disuelto según el método

El agua de río presenta un menor contenido de oxígeno disuelto que el agua potable y esta diferencia está relacionada probablemente con la contaminación presente en el río donde se tomó la muestra.

#### 4.1.3 Comparación de la precisión del sensor óptico

La precisión del método del sensor óptico fue evaluada determinando la repetibilidad de este. Al igual que para la determinación de veracidad se evaluaron muestras de agua de río, agua potable y agua destilada de acuerdo con las condiciones descritas en la metodología. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.4

**Tabla 4.4 Valores de oxígeno disuelto tomado durante 3 días a 24°C**

	N° REPETICIONES	DIA 1	DIA 2	DIA 3	
AGUA POTABLE MUESTRA NIVEL MEDIO	1	7,22	7,21	7,26	
	2	7,18	7,25	7,27	
	3	7,15	7,21	7,26	
	4	7,21	7,23	7,30	
	5	7,33	7,22	7,29	
Promedio		7,22	7,23	7,28	7,24
desviación		0,07	0,02	0,02	0,03
RSD		0,009	0,003	0,002	0,005
Sesgo %		1,34	0,82	0,26	0,81
AGUA destilada MUESTRA NIVEL ALTO	1	8,13	8,37	8,00	
	2	8,92	9,06	9,04	
	3	8,31	8,02	8,05	
	4	8,33	8,31	8,30	
	5	8,32	8,31	8,32	
Promedio		8,40	8,41	8,34	8,39
desviación		0,30	0,39	0,42	0,37
RSD		0,036	0,046	0,050	0,044
Sesgo %		1,81	1,47	1,61	1,63
AGUA DE RÍO MUESTRA NIVEL BAJO	1	6,80	6,79	6,75	
	2	6,75	6,67	6,76	
	3	6,74	6,64	6,64	
	4	6,76	6,74	6,70	
	5	6,73	6,74	6,64	
Promedio		6,75	6,72	6,70	6,72
desviación		0,03	0,06	0,06	0,05
RSD		0,004	0,009	0,009	0,007
Sesgo %		1,04	-0,08	0,12	0,36

Se evaluaron 3 niveles representados por el agua de río, potable y destilada. El agua de río presentó el menor nivel de oxígeno disuelto y el agua destilada la mayor concentración. Los resultados muestran que las muestras del río poseen una desviación menor a lo largo de los tres días.

Se presenta una desviación estándar relativa promedio menor a 0.06 y el sesgo es menor al 20% valores que se encuentran dentro de los rangos adecuados según investigaciones de referencia [41]



Para visualizar y evaluar de mejor forma la reproducibilidad se presenta el siguiente gráfico en donde se utilizó los valores promedios de cada día para cada una de las muestras de agua.

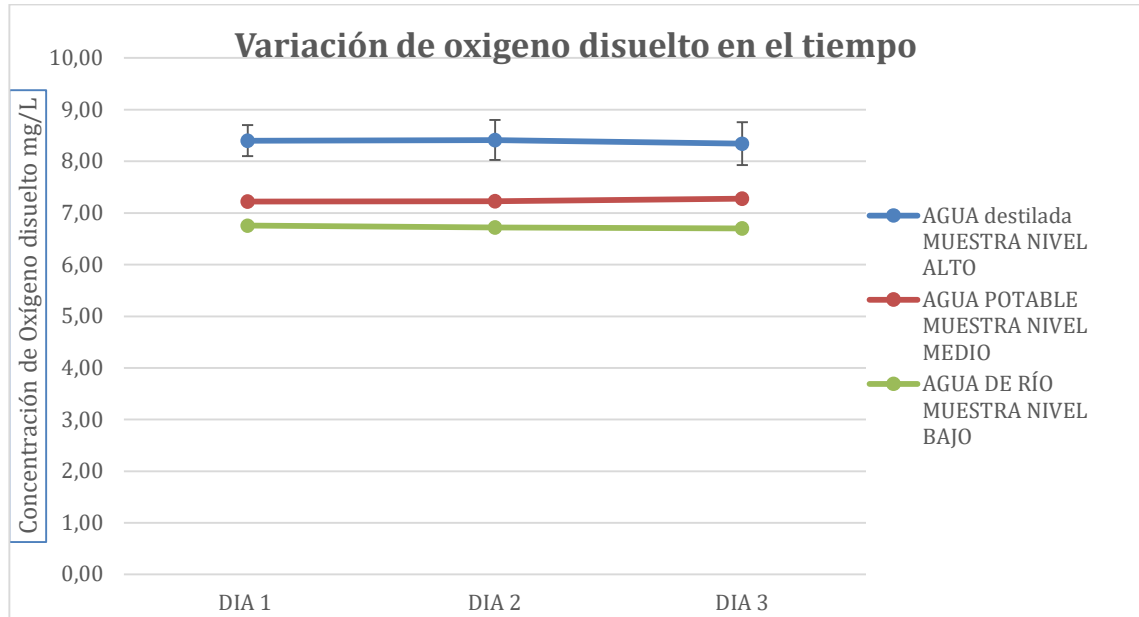


Figura 4.2 Variación de oxígeno disuelto en el tiempo

El gráfico demuestra que las mediciones son reproducibles a lo largo de un lapso de 3 días. Como se observó en resultados anteriores la muestra proveniente del río presenta los valores más bajos.

#### 4.1.4 Determinación de diferencias significativas entre en las mediciones del sensor en muestras de agua de diversos orígenes.

Para establecer si existe diferencias significativas entre los valores de oxígeno disuelto a lo largo del tiempo se realizó el análisis de varianza de un solo factor (ANOVA).

**Tabla 4.5 ANOVA de muestras de agua de rio**

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
DIA 1	5	33,7714799	6,75429598	0,00074365
DIA 2	5	33,5850617	6,71701235	0,00361947
DIA 3	5	33,4991353	6,69982706	0,0032869

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,00775378	2	0,00387689	1,52034446	0,25791767	3,88529383
Dentro de los grupos	0,03060008	12	0,00255001			
Total	0,03835386	14				

**Tabla 4.6 ANOVA de muestras de agua potable**

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
DIA 1	5	36,0916023	7,21832046	0,00451235
DIA 2	5	36,1319435	7,22638871	0,00036795
DIA 3	5	36,3827648	7,27655296	0,00025921

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,00995429	2	0,00497714	2,9052218	0,09354898	3,88529383
Dentro de los grupos	0,02055806	12	0,00171317			
Total	0,03051235	14				

**Tabla 4.7 ANOVA de muestras de agua destilada**

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
DIA 1	5	42,0086508	8,40173016	0,09095649
DIA 2	5	42,0647221	8,41294441	0,14896605
DIA 3	5	41,7168379	8,34336758	0,17231439

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,01395481	2	0,0069774	0,05077714	0,95069357	3,88529383
Dentro de los grupos	1,64894769	12	0,13741231			
Total	1,6629025	14				

En los tres tipos de muestras se observa que el valor de F obtenido por medio del ANOVA es menor que el valor crítico, lo que confirma que no existe diferencia significativa entre los valores de cada una las muestras al comparar.

La media de cada grupo con su desviación estándar en los 3 grupos el grupo 1 poner media y desviación con cada grupo no presenta diferencia significa que el valor f es menor . no diferencia estadística significa y las mediciones pueden ser que son las mismas

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después del respectivo análisis de los resultados obtenidos se destacan los siguientes puntos en relación con los objetivos planteados:

Las mediciones realizadas en muestras de agua de río y agua potable utilizando el sensor mostraron ser confiables en comparación con el método de Winkler. En ambos tipos de muestras el porcentaje de recuperación se encuentra entre los límites aceptables indicados en la Association of Agricultural Chemist (AOAC), los cuales varían entre 80 y 110%. De igual forma, la diferencia porcentual relativa (%RPD) es menor al 15%: los cuales se encuentra dentro de los valores referenciales indicados para el método de sensor óptico de la Standard method for the examination of water and wastewater para las muestras del río y agua potable. El agua proveniente del río presenta la menor diferencia entre los valores referenciales y los obtenidos por el sensor. Se concluye que el sensor óptico presenta un grado de veracidad aceptable.

Se determinó que no existen diferencias significativas entre los valores obtenidos en cada una de las muestras de agua a lo largo de tres (3) días de análisis. Los valores de sesgo obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos en la literatura. Sin embargo, el agua de río es la que presenta una mayor precisión en comparación con las otras muestras. Se concluye que las mediciones obtenidas con el sensor óptico son precisas.

El sensor óptico para oxígeno disuelto de la marca Vernier a pesar de ser destinado exclusivamente para el ámbito educativo presenta parámetros aceptables de exactitud y de confiabilidad en comparación con el método de Winkler.

El uso de este tipo de dispositivos contribuye de forma significativa a la introducción en la investigación científica a los estudiantes de niveles básicos obtenidos resultados confiables con tecnología innovadora y permitiendo optimizar recursos en los laboratorios escolares.

Dentro de las limitaciones de esta investigación se pueden mencionar los siguientes puntos

- Ausencia de blanco

No se pudo realizar las mediciones del blanco ya que de acuerdo con la técnica establecida por el Standard Method of Wastewater and water examination los blancos eran preparados con una solución de sulfito de sodio. Según las indicaciones del

fabricante la membrana de este tipo de sensor se ve afectada por esta solución de sulfito por lo que no era una opción realizar el blanco de acuerdo de esta forma.

Debido a las características del equipo y a sus componentes, el proceso de calibración descrito en el manual es suficiente para confirmar los valores dados por el equipo. A nivel del proceso de fabricación del sensor el proceso realizado para la calibración de fábrica se basa en crear varias muestras con cantidades diferentes de oxígeno disuelto haciendo burbujear gas nitrógeno puro. Este gas debe de ser de alta calidad y libre de oxígeno. Luego los valores de estas muestras son comparados con el método de Winkler y otros sensores de mayor especificidad para realizar una comparación con los datos por el sensor objeto de esta investigación.

## **5.1 Recomendaciones**

Se recomienda ampliar esta investigación a muestra de agua con concentración salina hasta 35 partes por mil (ppt) para determinar la confiabilidad del sensor bajo estas condiciones.

Aunque el sensor presenta una compensación de temperatura se recomienda evaluar también la actividad del sensor a distintas temperaturas y comparar los valores con el método de Winkler.

Originalmente este trabajo estaba propuesto utilizar 2 marcas de sensores con la misma tecnología de extinción por fluorescencia lo que no se logró por no poder conseguir el otro equipo. Por lo tanto, se podría ampliar esta investigación utilizando otro sensor de la misma tecnología y dispositivos de diferentes tecnologías.



## 6. Referencias

- [1] J. G. Webster and H. (Professor of electrical engineering) Eren, "Measurement, instrumentation, and sensors handbook. Spatial, mechanical, thermal, and radiation measurement".
- [2] A. Shriwastav, G. Sudarsan, P. Bose, and V. Tare, "A modified Winkler's method for determination of dissolved oxygen concentration in water: Dependence of method accuracy on sample volume," *Measurement (Lond)*, vol. 106, pp. 190–195, Aug. 2017, doi: 10.1016/J.MEASUREMENT.2017.05.004.
- [3] "Validación de La Determinación de Oxígeno Disuelto y Demanda Bioquímica de Oxígeno en Aguas y Aguas Residuales."  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181620511015> (accessed Jun. 10, 2022).
- [4] Vernier Software and Technology, "Manual Go Direct Dissolved Oxygen ." <https://www.vernier.com/files/manuals/gdx-odo/gdx-odo.pdf> (accessed Jun. 10, 2022).
- [5] Y. Wei, Y. Jiao, D. An, D. Li, W. Li, and Q. Wei, "Review of dissolved oxygen detection technology: From laboratory analysis to online intelligent detection," *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 18, Sep. 2019, doi: 10.3390/S19183995.
- [6] I. Helm, G. Karina, L. Jalukse, T. Pagano, and I. Leito, "Comparative validation of amperometric and optical analyzers of dissolved oxygen: a case study," *Environ Monit Assess*, vol. 190, no. 5, May 2018, doi: 10.1007/s10661-018-6692-5.
- [7] "Lessons Learned from Conducting a K-12 Project to Revitalize Achievement by using Instrumentation in Science Education | Journal of STEM Education: Innovations and Research." <https://www.jstem.org/jstem/index.php/JSTEM/article/view/1760> (accessed Jun. 10, 2022).
- [8] "Dissolved Oxygen and Water | U.S. Geological Survey."  
<https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/dissolved-oxygen-and-water> (accessed Jun. 10, 2022).
- [9] "Dinámica del oxígeno disuelto - Responsible Seafood Advocate."  
<https://www.globalseafood.org/advocate/dinamica-del-oxigeno-disuelto/> (accessed Jul. 01, 2022).
- [10] "Dissolved Oxygen - Chesswatch." <https://www.qmul.ac.uk/chesswatch/water-quality-sensors/dissolved-oxygen/> (accessed Jul. 01, 2022).
- [11] "Dissolved Oxygen - Environmental Measurement Systems."  
<https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/> (accessed Jul. 01, 2022).
- [12] M. K. Wolf, R. C. Hamme, D. Gilbert, I. Yashayaev, and V. Thierry, "Oxygen Saturation Surrounding Deep Water Formation Events in the Labrador Sea From Argo-O2 Data," *Global Biogeochem Cycles*, vol. 32, no. 4, pp. 635–653, Apr. 2018, doi: 10.1002/2017GB005829.
- [13] "VARIABLE INDICADOR Agua", Accessed: Jul. 01, 2022. [Online]. Available: [http://es.wikipedia.org/wiki/Partes\\_por\\_mill%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Partes_por_mill%C3%B3n)
- [14] "Dissolved Oxygen - Plant Management in Florida Waters - An Integrated Approach - University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences - UF/IFAS."  
<https://plants.ifas.ufl.edu/manage/overview-of-florida-waters/water-quality/dissolved-oxygen/> (accessed Jul. 01, 2022).

- [15] "(PDF) Temperature and dissolved oxygen stratification in the lake Rudrasagar: Preliminary Investigation."  
[https://www.researchgate.net/publication/275352865\\_Temperature\\_and\\_dissolved\\_oxygen\\_stratification\\_in\\_the\\_lake\\_Rudrasagar\\_Preliminary\\_Investigation](https://www.researchgate.net/publication/275352865_Temperature_and_dissolved_oxygen_stratification_in_the_lake_Rudrasagar_Preliminary_Investigation) (accessed Jul. 01, 2022).
- [16] "How does salinity affect Dissolved Oxygen solubility?"  
[https://uksupport.hach.com/app/answers/answer\\_view/a\\_id/1011445/~how-does-salinity-affect-dissolved-oxygen-solubility%3F-](https://uksupport.hach.com/app/answers/answer_view/a_id/1011445/~how-does-salinity-affect-dissolved-oxygen-solubility%3F-) (accessed Jul. 01, 2022).
- [17] B. Phull and A. A. Abdullahi, "Marine Corrosion," *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, Jan. 2017, doi: 10.1016/B978-0-12-803581-8.09209-2.
- [18] A. Shrivastav, G. Sudarsan, P. Bose, and V. Tare, "A modified Winkler's method for determination of dissolved oxygen concentration in water: Dependence of method accuracy on sample volume," *Measurement*, vol. 106, pp. 190–195, Aug. 2017, doi: 10.1016/J.MEASUREMENT.2017.05.004.
- [19] "Folleto Informativo Oxígeno Disuelto (OD) ¿Qué es el oxígeno disuelto?"
- [20] T. A. MTAITA, "Food," *Field Guide to Appropriate Technology*, pp. 277–480, Jan. 2003, doi: 10.1016/B978-012335185-2/50047-4.
- [21] O. Bozorg-Haddad, M. Delpasand, and H. A. Loáiciga, "Water quality, hygiene, and health," *Economical, Political, and Social Issues in Water Resources*, pp. 217–257, Jan. 2021, doi: 10.1016/B978-0-323-90567-1.00008-5.
- [22] "Why Measure Dissolved Oxygen? – New Jersey Center For Water Science And Technology - Montclair State University." <https://www.montclair.edu/water-science/environmental-services/dissolved-oxygen/> (accessed Jul. 01, 2022).
- [23] I. Helm, L. Jalukse, and I. Leito, "A highly accurate method for determination of dissolved oxygen: Gravimetric Winkler method," *Anal Chim Acta*, vol. 741, pp. 21–31, Sep. 2012, doi: 10.1016/J.ACA.2012.06.049.
- [24] M. S. Gaitan, "Determinación de Oxígeno Disuelto por el Método Yodométrico Modificación de Azida ."  
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Ox%C3%ADgeno+Disuelto+M%C3%A9todo+Winkler.pdf/e2c95674-b399-4f85-b19e-a3a19b801dbf> (accessed Jun. 10, 2022).
- [25] I. Cretescu, D. Lutic, and L. R. Manea, "Electrochemical Sensors for Monitoring of Indoor and Outdoor Air Pollution," *Electrochemical Sensors Technology*, May 2017, doi: 10.5772/INTECHOPEN.68512.
- [26] "PPT - Tecnología Óptica Para la Medición de Oxígeno Disuelto OD. PowerPoint Presentation - ID:3362717." <https://www.slideserve.com/tamal/tecnolog-a-ptica-para-la-medicin-de-oxigeno-disuelto-od> (accessed Jul. 02, 2022).
- [27] F. Regan, "Sensors | Overview," *Encyclopedia of Analytical Science*, pp. 172–178, Jan. 2019, doi: 10.1016/B978-0-12-409547-2.14540-8.
- [28] "Quenching of Fluorescence," *Principles of Fluorescence Spectroscopy*, pp. 277–330, 2006, doi: 10.1007/978-0-387-46312-4\_8.
- [29] "Analizador de oxígeno disuelto - OxySense."  
<http://www.processinstruments.mx/productos/monitor-oxigeno-disuelto/> (accessed Jul. 02, 2022).
- [30] "Stern-Volmer-equation Optical Sensor Basics."  
<https://www.presens.de/knowledge/basics/detail/the-stern-volmer-relationship-900> (accessed Jul. 02, 2022).



- [31] I. Helm, G. Karina, L. Jalukse, T. Pagano, and I. Leito, "Comparative validation of amperometric and optical analyzers of dissolved oxygen: a case study," *Environmental Monitoring and Assessment* 2018 190:5, vol. 190, no. 5, pp. 1–18, Apr. 2018, doi: 10.1007/S10661-018-6692-5.
- [32] B. Duffau *et al.*, "GUÍA TÉCNICA N ° 1 'Se agradece la colaboración prestada por el Sr. Leonardo Merino de la National Food Administration de Suecia, para la elaboración de esta Guía' • Coordinación Edición".
- [33] "Buenas Prácticas para Laboratorios Nacionales de Control Farmacéutico", Accessed: Jul. 02, 2022. [Online]. Available: [www.who.int/medicines/publications/pharmprep/en](http://www.who.int/medicines/publications/pharmprep/en)
- [34] "Protocolo de validación de métodos analíticos para la cuantificación de fármacos." [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75151996000100009](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75151996000100009) (accessed Jul. 01, 2022).
- [35] I. Helm, L. Jalukse, and I. Leito, "Report on method for improved, gravimetric Winkler titration".
- [36] "4500-O OXYGEN (DISSOLVED) - Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater." <https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.091> (accessed Jul. 02, 2022).
- [37] "Go Direct® Optical Dissolved Oxygen Probe - Vernier." <https://www.vernier.com/product/go-direct-optical-dissolved-oxygen-probe/> (accessed Jul. 02, 2022).
- [38] "Boletín Científico Técnico INIMET", Accessed: Jul. 02, 2022. [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223017807002>
- [39] A. Naturales, Y. Residuales, E. N. El, L. De, S. Ramos, and T. Estudiante, "VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA ANALÍTICA PARA LA DETERMINACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO Y DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO5 ) EN INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL DEL SENA-REGIONAL CÓRDOBA".
- [40] Y. Rohyami, T. Aprianto, and Marjono, "Validation Method on Determination of Chemical Oxygen Demand Using Indirect UV-Vis Spectrometry," *Adv Mat Res*, vol. 1162, pp. 101–108, Apr. 2021, doi: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.1162.101.
- [41] R. M. Navarro, M. Del, C. E. Lloréns, J. Gutiérrez, and M. Ruiz, "Validación de La Determinación de Oxígeno Disuelto y Demanda Bioquímica de Oxígeno en Aguas y Aguas Residuales," 2005.

# 7. Anexos

## Anexo A : Especificaciones del sensor óptico

### Specifications

Range (mg/L)	0 to 20 mg/L
Range (%)	0 to 300%
Accuracy (mg/L)	±0.2 mg/L below 10 mg/L ±0.4 mg/L above 10 mg/L
Accuracy (%)	±2% below 100% ±5% above 100%
Accuracy with calibration reset (mg/L)	±0.1 mg/L below 10 mg/L ±0.2 mg/L above 10 mg/L
Accuracy with calibration reset (%)	±1% below 100% ±5% above 100%
Type	Luminescent
Response time	90% of final reading in 40 seconds
Temperature compensation	automatic from 0 to 50°C
Pressure compensation	automatic from 228 mmHg to 1519 mmHg
Minimum sample flow	none required
Wireless specification	Bluetooth 4.2
Maximum wireless range	30 m
Battery	650 mA Li-Poly
Battery life (single full charge)	~24 hours
Battery life (long term)	~500 full charge cycles (several years depending on usage)

## Anexo B: Tabla para calibración

OXYGEN (DISSOLVED) (4500-O)/Membrane-  
Electrode Method TABLE 4500-O:II. DISSOLVED  
OXYGEN SATURATION IN WATER (MG/L)

Temp		Pressure in millimeters and inches Hg							
		<i>mm</i>							
		775	760	750	725	700	675	650	625
		<i>in.</i>							
°F	°C	30.51	29.92	29.53	28.45	27.56	26.57	25.59	24.61
32.0	0	14.9	14.6	14.4	13.9	13.5	12.9	12.5	12.0
33.8	1	14.5	14.2	14.1	13.6	13.1	12.6	12.2	11.7
35.6	2	14.1	13.8	13.7	13.2	12.9	12.3	11.8	11.4
37.4	3	13.8	13.5	13.3	12.9	12.4	12.0	11.5	11.1
39.2	4	13.4	13.1	13.0	12.5	12.1	11.7	11.2	10.8
41.0	5	13.2	12.8	12.6	12.2	11.8	11.4	10.9	10.5
42.8	6	12.7	12.4	12.3	11.9	11.5	11.1	10.7	10.3
44.6	7	12.4	12.1	12.0	11.6	11.2	10.8	10.4	10.0
46.4	8	12.1	11.8	11.7	11.3	10.9	10.5	10.1	9.8
48.2	9	11.8	11.6	11.5	11.1	10.7	10.3	9.9	9.5
50.0	10	11.6	11.3	11.2	10.8	10.4	10.1	9.7	9.3
51.8	11	11.3	11.0	10.9	10.6	10.2	9.8	9.5	9.1
53.6	12	11.1	10.8	10.7	10.3	10.0	9.6	9.2	8.9
55.4	13	10.8	10.5	10.5	10.1	9.8	9.4	9.1	8.7
57.2	14	10.6	10.3	10.2	9.9	9.5	9.2	8.9	8.5
59.0	15	10.4	10.1	10.0	9.7	9.3	9.0	8.7	8.3
60.8	16	10.1	9.9	9.8	9.5	9.1	8.8	8.5	8.1
62.6	17	9.9	9.7	9.6	9.3	9.0	8.6	8.3	8.0
64.4	18	9.7	9.5	9.4	9.1	8.8	8.4	8.1	7.8
66.2	19	9.5	9.3	9.2	8.9	8.6	8.3	8.0	7.6
68.0	20	9.3	9.1	9.1	8.7	8.4	8.1	7.7	7.5
69.8	21	9.2	8.9	8.9	8.6	8.3	8.0	7.5	7.4
71.6	22	9.0	8.7	8.7	8.4	8.1	7.8	7.4	7.2
73.4	23	8.8	8.6	8.5	8.2	8.0	7.7	7.2	7.1
75.2	24	8.7	8.4	8.4	8.1	7.8	7.5	7.1	7.0
77.0	25	8.5	8.3	8.3	8.0	7.7	7.4	7.0	6.8
78.8	26	8.4	8.1	8.1	7.8	7.6	7.3	6.9	6.7
80.6	27	8.2	8.0	8.0	7.7	7.4	7.1	6.8	6.6
82.4	28	8.1	7.8	7.8	7.6	7.3	7.0	6.7	6.5
84.2	29	7.9	7.7	7.7	7.4	7.2	6.9	6.6	6.4
86.0	30	7.8	7.6	7.6	7.3	7.0	6.8	6.5	6.2
87.8	31	7.7	7.4	7.4	7.2	6.9	6.7	6.4	6.1
89.6	32	7.6	7.3	7.3	7.0	6.8	6.6	6.3	6.0
91.4	33	7.4	7.2	7.2	6.9	6.7	6.4	6.2	5.9

93.2	34	7.3	7.1	7.1	6.8	6.6	6.3	6.	5.8
95.0	35	7.2	7.0	7.0	6.7	6.5	6.2	6.0	5.7
96.8	36	7.1	6.8	6.9	6.6	6.4	6.1	5.9	5.6
98.6	37	7.0	6.7	6.7	6.5	6.3	6.0	5.8	5.6
100.4	38	6.9	6.6	6.6	6.4	6.2	5.9	5.7	5.5
102.2	39	6.8	6.5	6.5	6.3	6.1	5.8	5.6	5.4
104.0	40	6.7	6.4	6.4	6.2	6.0	5.7	5.5	5.3
105.8	41	6.6	6.3	6.3	6.1	5.9	5.6	5.4	5.2
107.6	42	6.5	6.2	6.2	6.0	5.8	5.6	5.3	5.1
109.4	43	6.4	6.1	6.1	5.9	5.7	5.5	5.2	5.0
111.2	44	6.3	6.0	6.0	5.8	5.6	5.4	5.2	4.9
113.0	45	6.2	5.9	5.9	5.7	5.5	5.3	5.1	4.8
114.8	46	6.1	5.8	5.9	5.6	5.4	5.2	5.0	4.8
116.6	47	6.0	5.7	5.8	5.6	5.3	5.1	4.8	4.7
118.4	48	5.9	5.7	5.7	5.5	5.3	5.0	4.8	4.6
120.2	49	5.8	5.6	5.6	5.4	5.2	5.0	4.7	4.5
122.0	50	5.7	5.5	5.5	5.3	5.1	4.9	4.7	4.4

---

Courtesy of Hach Co., Loveland, Colo.

<https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.091>

9

# Anexo C: Reporte de laboratorio acreditado

RECALDE MORTOLA LAURA SOFIA

Representante Legal: ---

Dirección: La Puntilla (Satelite) / Ciudad Celeste Urb La Ria Solar 10 y Manzana 9, Tel.

0993735931 Atención : Ing. Laura Recalde

Guayaquil, 2022-06-21

## DATOSDELAMUESTRA



### INFORME DE ENSAYOS

N° 88548-1



8854806202022000000 MCH



<b>Punto e Identificación de la Muestra:</b>	Agua Potable (Grifo)
<b>Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra:</b>	2022/06/20 / 10:50 / La Puntilla
<b>Fecha/Hora Recepción Muestras:</b>	2022/06/20 / 11:41
<b>Matriz de la muestra:</b>	Agua Potable

### INORGANICOS NO METALES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Oxígeno Disuelto SIMBOLOGÍA:	8,09	mgO2/l	1,88	PEE-GQM-FQ-29	2022/06/20 LS
---- No. Aplica	E.P.A. Environmental Protection Agency		V.M.R. Valor Máximo Referencial		
<LD Menor al Limite Detectable	P.E.E. Procedimiento específico de ensayo de GQM		C.C. Criterios de Calidad		
N.E. No efectuado	G.R. Grados de Restricción		V.M. Valor Máximo		
S.M. Standard Methods	L.M.P. Limite Máximo Permisible		V.M.P. Valor Máximo Permisible		
U K=2 Incertidumbre Nivel de Confianza 95,45%	V.L.P. Valor Limite Permisible				

#### NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

#### IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

#### DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.

RECALDE MORTOLA LAURA SOFIA

Representante Legal: ---

Dirección: La Puntilla (Satelite) / Ciudad Celeste Urb La Ria Solar 10 y Manzana 9, Tel.

0993735931 Atención : Ing. Laura Recalde

Guayaquil

, 2022-06-21 DATOS DE TOMA / RECEPCIÓN DE MUESTRA

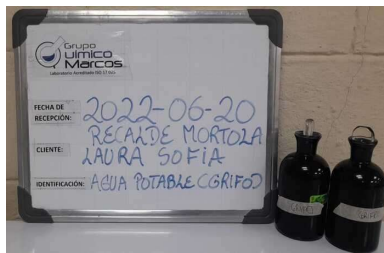
---

Punto e Identificación de la Muestra:	Agua Potable (Grifo)
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra:	2022/06/20 / 10:50 / La Puntilla
Fecha/Hora Recepción Muestras:	2022/06/20 / 11:41
Matriz de la muestra:	Agua Potable
Responsable de Toma de Muestra / Tipo de Muestra:	CLIENTE / Cliente / Puntual
Duración de Actividad:	---
Coordenadas Geográficas:	- -
Norma Técnica Aplicada:	No Aplica
Temperatura de Recepción de Muestra (Equipo):	16.3 Cº / EI-190
Condiciones Ambientales del Monitoreo:	CUANDO EL MUESTREO ES REALIZADO POR GQM, LOS DATOS SE REGISTRAN EN SU ACTA DE TOMA DE MUESTRAS QUE ESTA A DISPOSICIÓN DEL CLIENTE.

Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

---

## MEMORIA FOTOGRÁFICA



Digitally signed by  
LAURA MERCEDES YANQUI MOREIRA

Date: 2022-06-21 17:53:37-05:00

**Q.F. LAURA YANQUI M.**  
Coordinadora de calidad

### IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

INCERTIDUMBRE DE MUESTREO/TOMA DE MUESTRA:

En caso de ser requerida, se encuentra disponible como una desviación de repetibilidad(r) DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.

RECALDE MORTOLA LAURA SOFIA

Representante Legal: ---

Dirección: La Puntilla (Satelite) / Ciudad Celeste Urb La Ria Solar 10 y Manzana 9, Tel.

0993735931 Atención : Ing. Laura Recalde

Guayaquil, 2022-06-21

### DATOSDELAMUESTRA

Punto e Identificación de la Muestra:	Agua Natural (Río)
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra:	2022/06/20 / 10:50 / La Puntilla
Fecha/Hora Recepción Muestras:	2022/06/20 / 11:41
Matriz de la muestra:	Agua Natural

### INORGANICOS NO METALES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Oxígeno Disuelto	5,69	mgO2/l	1,33	PEE-GQM-FQ-29	2022/06/20 LS
----- No. Aplica	E.P.A. Enviromental Protection Agency			V.M.R. Valor Máximo Referencial	
<LD Menor al Limite Detectable	P.E.E. Procedimiento especifico de ensayo de GQM			C.C. Criteríos de Calidad	
N.E. No efectuado	G.R. Grados de Restricción			V.M. Valor Máximo	
S.M. Standard Methods	L.M.P. Limite Máximo Permissible			V.M.P. Valor Máximo Permissible	
U K=2 Incertidumbre Nivel de Confianza 95,45%	V.L.P. Valor Limite Permissible				

### NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

### IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

### DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.  
Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.

RECALDE MORTOLA LAURA SOFIA

Representante Legal: ---

Dirección: La Puntilla (Satelite) / Ciudad Celeste Urb La Ria Solar 10 y Manzana 9, Tel.

0993735931 Atención : Ing. Laura Recalde

Guayaquil

, 2022-06-21 DATOS DE TOMA / RECEPCIÓN DE MUESTRA

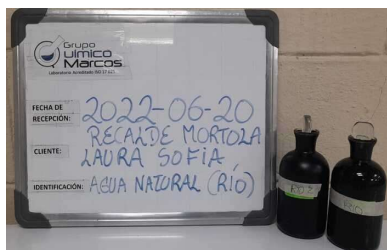
---

Punto e Identificación de la Muestra:	Agua Natural (Río)
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra:	2022/06/20 / 10:50 / La Puntilla
Fecha/Hora Recepción Muestras:	2022/06/20 / 11:41
Matriz de la muestra:	Agua Natural
Responsable de Toma de Muestra / Tipo de Muestra:	CLIENTE / Cliente / Puntual
Duración de Actividad:	---
Coordenadas Geográficas:	- -
Norma Técnica Aplicada:	No Aplica
Temperatura de Recepción de Muestra (Equipo):	16.3 C° / EI-190
Condiciones Ambientales del Monitoreo:	CUANDO EL MUESTREO ES REALIZADO POR GQM, LOS DATOS SE REGISTRAN EN SU ACTA DE TOMA DE MUESTRAS QUE ESTA A DISPOSICIÓN DEL CLIENTE.

Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

---

## MEMORIA FOTOGRÁFICA



Digitally signed by  
LAURA MERCEDES YANQUI MOREIRA

Date: 2022-06-21 17:53:37-05:00

**Q.F. LAURA YANQUI M.**  
Coordinadora de calidad

**IMPORTANTE:**

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

**INCERTIDUMBRE DE MUESTREO/TOMA DE MUESTRA:**

En caso de ser requerida, se encuentra disponible como una desviación de repetibilidad(r) DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.