



# Determinación de algunos parámetros de la calidad del agua del arroyo Pando y su concentración de amonio

Escuela Técnica de Pando

Franco Olivera y Facundo Vidal

2°BG Química Básica e Industrial

S.O.L y Química Orgánica

Profs: Gabriela Moreno y Facundo Marconi

Período de Realización: 24/09/21-16/11/2021

## **Abstract:**

En este informe se presentan los resultados de diferentes análisis para determinar la calidad del agua del arroyo Pando seleccionando los siguientes parámetros: presencia de iones cloruro, sulfato, hierro y calcio, temperatura, pH, turbidez, color, demanda química de dioxígeno, presencia y cuantificación de materia orgánica. También se comparan parámetros como la cantidad de dioxígeno disuelto y su concentración de amonio con respecto a análisis realizados por alumnos del curso de Química Industrial del año 2020 para su proyecto, obteniendo valores de 9,6 ppm de dioxígeno disuelto con respecto a 3,51 ppm (Gómez, Marichal y Jaramillo, 2020) y  $(0,128 \pm 0,001)$  mg NH<sub>4</sub>-N/ con respecto a  $(0,157 \pm 0,002)$  mg NH<sub>4</sub>-N/L (Gómez, Marichal y Jaramillo, 2020).

## **Pregunta investigable**

¿Qué sucedió con la concentración de amonio en muestras del arroyo Pando con respecto a los análisis realizados en el año 2020, para las coordenadas 34,72007° S, 55,94666° O?

## **Hipótesis:**

Se planteó que la concentración de amonio en el Arroyo Pando con respecto a los análisis realizados en el año 2020 debería ser mayor, debido a la pandemia y la cuarentena se detuvo la actividad industrial y por esto también debió haber bajado la contaminación del agua, provocando que la concentración de amonio en agua disminuyera en ese año en particular.

## **Objetivo(s):**

- Determinar la concentración de amonio en una muestra de agua del arroyo Pando.
- Determinar los siguientes parámetros, la presencia de iones cloruro, sulfato, calcio, y hierro, temperatura, pH, turbidez, color, demanda química de dioxígeno, presencia y cuantificación de materia orgánica.

## **Fundamento Teórico**

### ¿Qué es la calidad del agua?

Es el estado del agua en relación a los valores de un conjunto de parámetros biológicos, químicos y físicos asociados a una fuente particular de agua. Estos parámetros incluyen:

- olor,
- color,
- turbidez,
- temperatura,
- salinidad,
- contenido de dioxígeno,
- contenido de fosfato,
- nitrato y nitrito,
- microorganismos presentes,
- metales,
- toxinas,
- entre otros.

Los valores requeridos de los parámetros de la calidad del agua dependen del uso que se le dé a ese recurso

## Informe: Calidad del agua

El **Decreto 253/79** contiene un conjunto de normas que tienen el objetivo de prevenir la contaminación ambiental mediante el control de la contaminación de aguas. Estas normas establecen los límites aceptables para muchos parámetros de la calidad de agua.

Este decreto clasifica el estado de los cuerpos de agua continentales en 4 clases:

### Clase 1

Aguas destinadas o que puedan ser destinadas al abastecimiento de agua potable a poblaciones con tratamiento convencional.

### Clase 2

a. Aguas destinadas al riego de hortalizas o plantas frutícolas u otros cultivos destinados al consumo humano en su forma natural, cuando éstas son usadas a través de sistemas de riego que provocan el mojado del producto.

b. Aguas destinadas a recreación por contacto directo con el cuerpo humano.

### Clase 3

Aguas destinadas a la preservación de los peces en general y de otros integrantes de la flora y fauna hídrica, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyo producto no se consume en forma natural o en aquellos casos que siendo consumidos en forma natural se apliquen sistemas de riego que no provocan el mojado del producto.

### Clase 4

Aguas correspondientes a los cursos o tramos de cursos que atraviesan zonas urbanas o suburbanas que deban mantener una armonía con el medio, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyos productos no son destinados al consumo humano en ninguna forma.

Cabe señalar que medidas de un parámetro o de algunos parámetros que superen los valores estándar establecidos en el Decreto 253/79 no necesariamente indican una mala calidad del agua. Para conocer con mayor precisión el estado del agua es necesario considerar el conjunto de los parámetros asociados a la información recogida a través de otros elementos físicos y biológicos del ecosistema acuático. También es importante resaltar que hay propuestas para modificar los valores límites que se disponen en el decreto (Deci Agua, 2016)

### ¿Qué significa contaminación?

La contaminación acuática es la acción y el efecto de incorporar materias o formas de energía o inducir condiciones en el sistema acuático que, de modo directo o indirecto, generan una alteración perjudicial de su calidad con respecto a los usos posteriores o a su función ecológica (Heath, 1995).

Los arroyos cerca de las ciudades presentan evidentes signos de deterioro asociados principalmente a fuentes puntuales de contaminación (ej. efluentes de fábricas y de saneamiento o vertederos de residuos). Por otra parte, la contaminación difusa que se genera en la cuenca y llega al arroyo a través de escorrentía superficial y/o por sus afluentes, está relacionada con el uso de la tierra en la producción agropecuaria y la forma actual en que se desarrollan actividades como turismo, minería y urbanización. La contaminación difusa puede producirse también en la ciudad cuando la lluvia arrastra combustibles, metales, materia orgánica, plásticos y otros contaminantes.

### ¿Qué es el monitoreo de calidad del agua?

Un monitoreo puede definirse como la medición sistemática de variables y procesos a través del tiempo (Spellerberg, 2005). En particular, un monitoreo de calidad de agua es un estudio del agua que se realiza con el objetivo de conocer las fluctuaciones en determinados parámetros físicos, químicos y biológicos, y analizar si sus características son aptas para recreación, potabilización y/o protección de

## Informe: Calidad del agua

la vida acuática (Chapman, 1996). Proporciona información básica sobre la variabilidad temporal y espacial de la calidad del agua.

El monitoreo puede llevarse a cabo en sitios regulares de forma continua o puntual; la selección de los sitios y la frecuencia dependerá de los objetivos, ya sea para responder preguntas específicas o en función de las necesidades. Actualmente muchos sistemas de monitoreo tienen como objetivo determinar la calidad de los sistemas acuáticos en base a la condición de su área de drenaje. Esto se debe a que se reconocen los impactos de las actividades realizadas en las cuencas de drenaje sobre el agua que drena. En algunos casos se estudian las aguas subterráneas, cuya área de drenaje por lo general no coincide con la de las aguas superficiales. En este documento se describirán metodologías para desarrollar el monitoreo de calidad de aguas superficiales.

Un componente fundamental de un monitoreo es el muestreo. Este consiste en la observación de un grupo de elementos que representan un universo mayor. Es una etapa crítica para la obtención de resultados confiables; el valor de los datos depende de un correcto diseño y procedimiento de muestreo. Si se pretende determinar el efecto de una contaminación puntual, como la generada por una industria, se tomarán muestras aguas arriba y aguas abajo del sitio donde se produjo el impacto. El sitio aguas arriba funciona como control, en el que no se prevé ningún impacto, de manera que pueda ser utilizado para contrastar su estado con el del sitio impactado aguas abajo. Este diseño de estudio de impacto ambiental se conoce como BACI (Before/After- Control/Impact o en español: Antes/Después-Control/Impacto) (Underwood, 1992). Si se evalúa una actividad que varía en el tiempo, la frecuencia del monitoreo deberá considerar tiempos que se correspondan con dicha variación. En este caso también deben monitorearse sistemas de control.

### ¿Por qué es importante involucrarse en un sistema de monitoreo de calidad del agua?

El monitoreo es una herramienta que permite hacer un seguimiento de los parámetros de calidad del agua con el fin de detectar los cambios producidos por causas naturales y de origen antropogénico (causadas por el hombre), pudiendo, con un registro adecuado, detectar los problemas en forma temprana. Esta información podrá ser utilizada para corregir desbalances existentes y prevenir la contaminación futura.

Al involucrarte en esta actividad podrás aprender sobre el valor de los recursos acuáticos, los diferentes tipos de contaminación que los impactan y las acciones que se pueden tomar individual y colectivamente para protegerlos.

### ¿Por qué medir la calidad del agua?

La calidad del agua determina su condición de agua potable, la aptitud para su uso con fines recreativos, de riego o cualquier otra finalidad. La medición de parámetros relacionados con la calidad de agua permite saber si el agua que se utiliza con un fin determinado cumple con las condiciones requeridas.

### Tipos de monitoreo de calidad de agua

Hay muchas formas de monitorear la calidad del agua y se basan según los lineamientos que estemos siguiendo así como los objetivos que persigue el programa de monitoreo planteado. Se pueden distinguir tres tipos de métodos, el monitoreo de variables físico-químicas, el monitoreo biológico y el monitoreo visual. Para complementar la información obtenida a través de estos estudios y estimar con mayor precisión posibles efectos sobre la calidad del agua de un ecosistema es importante conocer el volumen de agua que se está considerando, que suele estudiarse mediante un monitoreo de cantidad de

## Informe: Calidad del agua

agua. Esto puede ser relevante al momento de estimar cómo llegan, y en qué proporción, los diversos compuestos que son transportados por un curso de agua de un punto a otro.

### Parámetros de calidad del agua

Los parámetros de calidad del agua son medidas físicas, químicas o biológicas que proporcionan información del estado de calidad de las aguas que se están estudiando. Los valores que toma cada uno de los parámetros en relación a los valores establecidos como aceptados pueden utilizarse para evaluar la aptitud del agua para determinado fin y tomar decisiones con respecto a la gestión del recurso.

### Análisis in situ

El análisis in situ es el que se realiza literalmente en el sitio o lugar que se quiere analizar. Eso quiere decir que los parámetros serán medidos en el momento que se tome la muestra o directamente de la zona a analizar.

### Temperatura

La temperatura es una magnitud relacionada con la energía térmica de un sistema, en este caso el agua. Esa energía térmica se relaciona con la velocidad a la que se mueven, rotan y vibran las moléculas de agua en el interior del líquido. Cuanto mayor es la temperatura, más rápido se mueven. La temperatura se puede medir fácilmente con un termómetro y el valor de la magnitud se expresa en general en grados Celsius (°C). Los organismos acuáticos son sensibles a los cambios de temperatura y muchos de ellos necesitan un cierto intervalo de temperatura para poder vivir. Además, conocer la temperatura del agua puede ayudar a predecir otras condiciones de la misma. Por ejemplo, cuando la temperatura del agua está a menor temperatura, la concentración de dióxigeno disuelto es en general más alta y por lo tanto el agua va a poder soportar la vida acuática con más facilidad. Esto se debe a que el dióxigeno, al igual que todos los gases, disminuye su solubilidad al aumentar la temperatura, o sea, que el dióxigeno se disuelve más en agua “fría” que en agua tibia. Asimismo, en el agua tibia aumentan las tasas metabólicas de los organismos acuáticos, que consumen aún más dióxigeno del agua, disminuyendo todavía más la concentración de dióxigeno disponible.

### Turbidez

La turbidez es una medida de la falta de transparencia del agua. Los niveles altos de turbidez pueden ser causados por partículas suspendidas en el agua como tierra, sedimento, basura o plancton. La importancia de este parámetro se relaciona con que un exceso de partículas sólidas puede bloquear la luz solar y evitar que las plantas y otros seres vivos fotosintéticos obtengan la energía que necesitan para hacer la fotosíntesis. La disminución de la fotosíntesis causa también una disminución de la concentración de dióxigeno que se genera, disminuyendo la disponibilidad de esta sustancia esencial para la vida de muchos organismos.

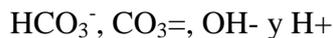
### Alcalinidad

La alcalinidad es una medida de la capacidad del agua para neutralizar los ácidos. Esto se conoce como la capacidad amortiguadora del agua o la capacidad del agua para resistir un cambio en el pH cuando se añade ácido.

La alcalinidad en el agua (con un pH de 7,0 o superior) se debe principalmente a la presencia de sustancias disueltas que neutralizan los ácidos (álcali). Está relacionada con que el agua contenga una cantidad equilibrada de dióxido de carbono y es una función del pH.

## Informe: Calidad del agua

La alcalinidad en la mayor parte de las aguas naturales superficiales está determinada principalmente por el sistema carbonato. Es decir:



Como la mayor parte de las aguas naturales presentan valores de pH entre 6 y 9, y la principal especie que contiene  $\text{H}_2\text{CO}_3$  en este intervalo es el  $\text{HCO}_3^-$ , la alcalinidad se equipara a la concentración de bicarbonato.

### *Alcalinidad total*

La alcalinidad total es una medida de partes por millón de todos los álcalis (todos los iones de carbonato, bicarbonato e hidróxido) presentes en una muestra. Por lo tanto, la alcalinidad total es una medida de la capacidad del agua para resistir cambios en el pH.

La alcalinidad total se determina mediante valoración a un pH de 4,9, 4,6, 4,5 o 4,3, en función de la cantidad de dióxido de carbono presente.

### *Alcalinidad de fenolftaleína*

La alcalinidad de la fenolftaleína (alcalinidad P) se determina mediante valoración a un pH de 8,3 (el punto final cuando el indicador de fenolftaleína cambia de color) y registra el hidróxido total y la mitad del carbonato presente. La alcalinidad de fenolftaleína es un subconjunto de la alcalinidad total.

Normalmente, el agua dura es alcalina, mientras que el agua blanda es más ácida. Sin embargo, existen excepciones en circunstancias inusuales.

Formas de medir la alcalinidad de una muestra de agua:

La alcalinidad se determina por titulación con una solución valorada de ácido sulfúrico frente a los puntos sucesivos de equivalencia del hidrógenocarbonato y del ácido carbónico. El indicador fenolftaleína permite cuantificar la alcalinidad a la fenolftaleína. Para determinar alcalinidad total se utiliza el indicador anaranjado de metilo (heliantina) (Fleyccorp, 2015).

## pH

El pH es una medida de la acidez de una muestra. La escala de pH va del 0 al 14 y se mide en unidades de pH. Las muestras con un pH menor a 7 se consideran ácidas y aquellas con valores de pH mayores a 7, básicas. Cuando el pH de una muestra es igual a 7 decimos que el pH es neutro. Según la reglamentación vigente en nuestro país (decreto 253/79) el pH del agua puede variar en el rango de 5,5 a 9,5 dependiendo del uso que se le dé a ese recurso (consumo humano, recreación, riego). Las aguas con pH menor a 5 y mayor a 9,5 no soportan la vida de especies animales ni vegetales. El pH puede medirse utilizando sustancias químicas cuyo color cambia al variar la acidez del agua. A estas sustancias se las llama indicadores de pH por su capacidad de indicarnos mediante el color que adquieren, el valor de pH (acidez o basicidad del medio).

## Conductividad

La conductividad es una medida del grado en el que una sustancia deja pasar la corriente eléctrica a través de ella. Para que una sustancia conduzca debe tener partículas cargadas (electrones o iones) que puedan moverse a través de la sustancia cuando se la somete a una diferencia de potencial (voltaje). La conductividad se mide con un conductímetro. La unidad de medida utilizada comúnmente es el "Siemens por cm" (S/cm), en millonésimas ( $10^{-6}$ ) de unidades, es decir micro Siemens por cm ( $\mu\text{S/cm}$ ). Los metales son muy buenos conductores de la corriente debido a la presencia de electrones que pueden moverse a lo largo del metal. El agua pura, al ser una sustancia que no tiene electrones libres ni iones, no conduce la corriente. Las aguas naturales sí conducen la corriente ya que contienen iones disueltos que se pueden mover. Los iones provienen de los minerales originalmente presentes en las rocas que se van disolviendo con el tiempo en el agua a medida que recorren la superficie de la

Franco Olivera y Facundo Vidal 2°BG Química

## Informe: Calidad del agua

corteza terrestre. La conductividad en general aumenta con la temperatura (los iones tienen más energía y se mueven más) y con la concentración de sales o concentración iónica (hay más iones). Para una temperatura dada, la conductividad de las aguas naturales depende de la concentración de iones disueltos en ella, entonces, la conductividad es una medida (indirecta) de la concentración de iones que tiene una muestra de agua. El calcio y el magnesio son iones muy abundantes, por lo tanto, la conductividad se relaciona con la dureza. Debido a que la conductividad aumenta con la concentración iónica, la relación entre conductividad y la cantidad total de iones disueltos puede aproximarse a la siguiente igualdad:  $2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm}$  (o mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ) Algunos conductímetros tienen la posibilidad de convertir automáticamente el valor de conductividad eléctrica en ppm, dando una lectura directa de la concentración de sólidos disueltos (usualmente indicada como TDS por la sigla de “total dissolved solids”, en inglés).

### Dioxígeno disuelto

Al igual que los animales que viven en tierra, los animales que viven en el agua necesitan dioxígeno para respirar. El dioxígeno es una sustancia molecular que se encuentra en el aire en estado gaseoso. El dioxígeno disuelto en el agua proviene de la disolución del dioxígeno del aire, a través de la difusión desde la atmósfera o de fenómenos de aireación. Este proceso de aireación tiene lugar cuando el agua se mezcla con el aire. Tales mezclas se dan en las olas, las cascadas y en zonas de rápidos y aguas agitadas. La cantidad de dioxígeno disuelto también está afectada por las especies que viven en el agua. De la misma forma que la fotosíntesis de las plantas terrestres añade dioxígeno al aire que respiramos, la fotosíntesis de las plantas acuáticas contribuye al dioxígeno disuelto en el agua. Asimismo, cuando las aguas albergan una gran cantidad de seres vivos que consumen dioxígeno, la concentración de este disminuye. La cantidad de dioxígeno disuelto en el agua determina qué especies pueden vivir allí, ya que algunos seres vivos requieren niveles más altos de dioxígeno. Los factores fisicoquímicos que afectan la solubilidad del dioxígeno son la temperatura y salinidad del agua y la presión atmosférica. El agua a baja temperatura puede disolver más dioxígeno que el agua más templada. Por ejemplo, a  $25^\circ\text{C}$  la solubilidad del dioxígeno es de  $8,3 \text{ mg/L}$ , mientras que a  $4^\circ\text{C}$  la solubilidad es  $13,1 \text{ mg/L}$ . La concentración de dioxígeno también depende de la altitud. El agua contiene menos dioxígeno disuelto en lugares más altos donde hay menor presión atmosférica. La solubilidad del dioxígeno también decrece con el incremento de la salinidad. La concentración de dioxígeno suele expresarse en ppm, que se lee “partes por millón”. Por ejemplo, 1 ppm significa que hay 1 mg en un millón de mg, es decir en 1 kg. En general, un nivel de dioxígeno disuelto de 9-10 ppm se considera óptimo para la vida. A niveles de 4 ppm o menos, algunas poblaciones de peces y macroinvertebrados empezarán a morir. Otros organismos tienen mayor capacidad de supervivencia en agua con niveles bajos de dioxígeno disuelto (por ejemplo, los gusanos de lodo y las sanguijuelas). Los niveles más bajos de dioxígeno disuelto pueden encontrarse en áreas donde el material orgánico (plantas muertas y materia animal) está en descomposición. Las bacterias requieren dioxígeno para descomponer esos desechos orgánicos y, por lo tanto, despojan el agua de dioxígeno. Las áreas cercanas a las descargas de aguas negras a veces tienen niveles bajos de dioxígeno disuelto debido también a este efecto.

Nivel de oxígeno disuelto (ppm)	Calidad del agua
0 - 4,0	Mala
4,1 - 7,9	Aceptable

## Informe: Calidad del agua

8,0 - 12,0	Buena
>12,0	Repita la prueba (el agua pudo airearse artificialmente)

FQ. Investigadores del agua, (s.f.)

### Demanda química de dióxígeno

La cantidad de materia orgánica presente en las aguas es un dato importante para conocer la calidad de las mismas, siendo uno de los parámetros que limitan su calificación como potables. Por la dinámica natural de aporte de sustancias al medio hídrico todas las aguas pueden tener un cierto contenido de materia orgánica, incluso las de consumo.

Los métodos de análisis más utilizados para la materia orgánica en conjunto se basan en su capacidad de oxidarse, ya que siempre es posible oxidar el C de los compuestos orgánicos (con mayor o menor facilidad) hasta CO<sub>2</sub>. Para dicha oxidación se emplean distintos reactivos como el dicromato (para aquellas aguas contaminadas, con DQO > 30-50 mg/L) o el permanganato de potasio (para aquellas aguas poco contaminadas). De hecho lo que se oxida es la materia oxidable ya sea orgánica o inorgánica (reductores inorgánicos tales como sales de hierro (II), sulfuros o nitritos, que pueden contribuir ligeramente a la materia oxidable).

La concentración de materia orgánica se expresa por equivalencia, mediante la cantidad de reactivo necesaria para completar la oxidación. Para la determinación con permanganato se usan dos formas:

a. Índice de permanganato (también denominado “oxidabilidad al permanganato” o “valor de permanganato”): indica la cantidad de permanganato de potasio (en mg) necesario para oxidar materia orgánica contenida en un litro de muestra.

b. Cantidad de oxígeno (O<sub>2</sub>) que es necesario para oxidar la materia orgánica en un litro de agua. Se expresa en mg/L (o partes por millón, ppm) de oxígeno. Es la demanda química de oxígeno (DQO).

El mayor problema que causa en las aguas la contaminación por materia orgánica es el agotamiento del dióxígeno debido al consumo que los microorganismos realizan en la oxidación biológica de dicha materia orgánica. De ahí que resulte razonable el empleo de esta forma de expresión, porque da idea de la magnitud del efecto contaminante. Se puede expresar así aunque se emplee como oxidante otra sustancia más reactiva y apropiada para una valoración (como los reactivos citados).

La conversión de índice de permanganato a cantidad de O<sub>2</sub> necesaria se realiza por equivalencia de capacidad oxidante (de captación de electrones), se calcula dividiendo el índice de permanganato por 3,9.

Una oxidabilidad al permanganato de más de 5 mg de oxígeno por litro de agua lleva a calificarla como agua no potable.

El método para determinar materia orgánica con permanganato se emplea para la determinación en aguas naturales (con bajo grado de contaminación), aguas brutas destinadas a potabilización y aguas potables.

Valoración con permanganato:

El permanganato de potasio es un oxidante que reacciona de diferente forma según el pH del medio en el que se encuentra:

- medio básico:  $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}$  Manganato (verde)
- medio neutro:  $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2$  Dióxido de manganeso (pardo-negruzco)
- medio ácido:  $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$  Sal manganosa (incoloro)

¿En cuál de los tres medios el manganeso se reduce más? En medio ácido. Las valoraciones con permanganato de potasio (llamadas permanganimetrías) se realizan en medio ácido fuerte, en el que el

## Informe: Calidad del agua

potencial oxidante del reactivo es más favorable. La valoración que se va a realizar se denomina valoración por retroceso, se efectúa en dos etapas, en vez de valorar el analito original, se añade en primer lugar un exceso conocido de reactivo estándar que reaccione con el analito y, como segunda etapa, se titula dicho exceso con un valorante adecuado. Como el permanganato no es un patrón primario, es necesario valorarlo cada vez que se utilice, lo que se puede hacer con ácido oxálico (reductor) en medio ácido. Debido a su color (violeta o rosado, dependiendo de su concentración), no se necesitan indicadores para detectar el punto final en sus valoraciones si se añade solución de permanganato sobre otra solución incolora. Para que la reacción del permanganato se produzca de forma suficientemente rápida para una valoración se debe de efectuar en “caliente”, por lo que al valorar se debe mantener una temperatura de 70-80 °C aproximadamente. La titulación directa del permanganato con un agente reductor a menudo da lugar a dificultades, porque se forman compuestos intermedios entre los estados Mn (VII) y Mn (II), como el MnO<sub>2</sub> de lenta reacción. Así la titulación por retroceso del permanganato de potasio sobrante (tras reaccionar con la materia orgánica del agua), se puede realizar añadiendo un exceso de un agente reductor valorado como el ácido oxálico en esta práctica, y determinando después el sobrante de este reactivo sin reaccionar con permanganato valorado. Este procedimiento permite ver mejor el punto final de la valoración. La valoración se realiza en medio ácido (ácido sulfúrico).

Sala docente. (2014). *Práctica nº 3. Tecnicatura en Control Ambiental*. Montevideo, Uruguay.

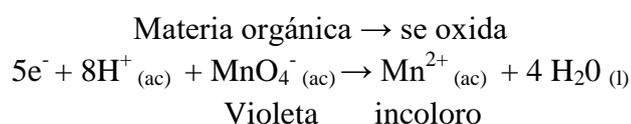
### Coliformes fecales

El crecimiento de la población a nivel mundial y el aumento del uso del agua para diferentes actividades, ha incrementado los niveles de contaminación. Esta contaminación está relacionada con los vertidos de origen doméstico e industrial a los cuerpos de agua. En el caso de los residuos de origen doméstico, la carga contaminante está representada por altos porcentajes de materia orgánica y microorganismos de origen fecal. Estos microorganismos son causantes de enfermedades de origen hídrico, que generan altos porcentajes de morbi-mortalidad en la población. El control de la calidad microbiológica del agua de consumo y de vertido, requiere una serie de análisis dirigidos a determinar la presencia de microorganismos patógenos. El diagnóstico de estos microorganismos, requiere laboratorios especializados y representa varios días de análisis y costos elevados. Como alternativa a estos inconvenientes, se ha propuesto el uso de indicadores microbianos que se puedan identificar mediante el uso de métodos sencillos, rápidos y económicos. Este trabajo hace una revisión de los principales indicadores de contaminación fecal y su significado en la evaluación de la calidad del agua. Los coliformes fecales y *E. coli* en particular, se han seleccionado como indicadores de contaminación fecal debido a su relación con el grupo tifoide-paratifoide y a su alta concentración en diferentes tipos de muestras. Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44,5 °C. Aproximadamente el 95 % del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales.

(Borrego, Moriño, De Vicente, Córnaux y Romero, 1987).

### Reconocimiento de materia Orgánica

El permanganato de potasio es un agente oxidante fuerte en medio ácido, presenta un color violeta intenso por la presencia de iones permanganato. En presencia de compuestos reductores, como la materia orgánica, se reduce a iones Mn<sup>2+</sup> observándose incoloro el sistema.



Por lo tanto si una muestra de agua, contiene materia orgánica la solución violeta pasa a incoloro en medio ácido, dicho de otra manera, si se decolora la solución de permanganato esto indica la presencia de materia orgánica fuertemente reductora.

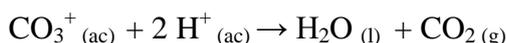
## Informe: Calidad del agua

Por lo tanto si una muestra de agua, contiene materia orgánica la solución violeta pasa a incoloro en medio ácido, dicho de otra manera, si se decolora la solución de permanganato esto indica la presencia de materia orgánica fuertemente reductora.

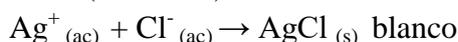
(Britos, Moreno y Otte, 2016).

### Reconocimiento de cloruros $Cl^-$

Para reconocer cloruros en solución acuosa se usa como reactivo al nitrato de plata en medio nítrico. Los cloruros reaccionan con los iones plata formando un precipitado blanco, insoluble en medio nítrico. Se utiliza ácido nítrico ya que elimina los posibles carbonatos que pueden existir en solución acuosa y que podrían falsear la reacción ya que precipitaría carbonato de plata blanco insoluble, como se representa a continuación.



Estos carbonatos pueden ser desde minerales existentes en el medio así como también el dióxido de carbono que se disuelve con facilidad en el agua generando iones carbonato en solución. El nitrato de plata es una sal soluble en agua, y es un electrolito fuerte generando cationes plata en solución que precipitan con los aniones  $Cl^-$  presentes (el analito).



### Reconocimiento de sulfatos $SO_4^{2-}$

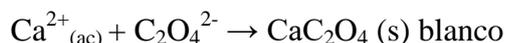
Los iones sulfato se pueden reconocer usando como reactivo el cloruro de bario formando un precipitado blanco de sulfato de bario insoluble en medio ácido.

Debemos asegurarnos que el medio sea ácido ya que el catión bario ( $Ba^{2+}$ ) podría precipitar con iones carbonato (formando  $BaCO_3$  sólido insoluble y de color blanco) que pueden existir en solución falseando la reacción, pero si el medio es ácido el sulfato de bario blanco es el único compuesto insoluble.

(Britos, Moreno y Otte, 2016).

### Reconocimiento de catión calcio $Ca^{2+}$

El calcio precipita con la presencia de iones oxalato ( $C_2O_4^{2-}$ ) formando un precipitado blanco insoluble:

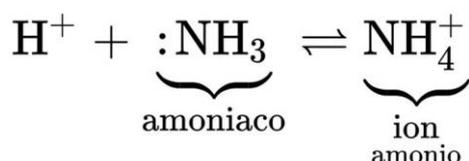


(Britos, Moreno y Otte, 2016).

### Amonio $NH_4^+$

El amonio es un compuesto inorgánico de nitrógeno. El catión de amonio es un ion poliatómico cargado positivamente con la fórmula química  $NH_4^+$ . Este es un ion que podría existir como iones libres en soluciones, o como un compuesto de sal iónica que forma una estructura reticular con un anión, por ejemplo, cloruro de amonio. (Enciclopedia VIAS, 2004)

El amoníaco es una base débil: reacciona con ácidos de Brønsted (donantes de protones) para producir el ion amonio. Cuando se disuelve amoníaco en agua, una cantidad pequeña de él reacciona con los iones hidronio en el agua para producir iones amonio. El ion amonio resultante es un ácido conjugado comparativamente fuerte, y reacciona con cualquier base, regenerando la molécula de amoníaco neutra. En solución acuosa, el grado en que el amoníaco forma ion amonio depende del pH de la solución y de la concentración de amoníaco. (Waterboards, 2010)

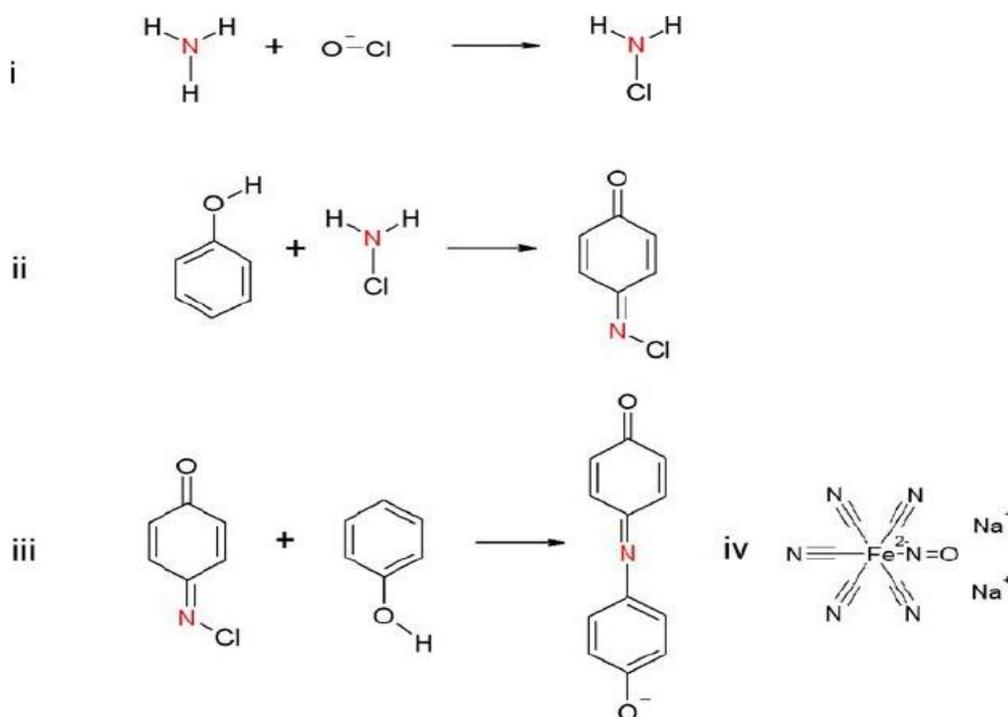


## Informe: Calidad del agua

En presencia de dióxido el amonio se puede convertir en nitrato (nitrificación). En el agua la nitrificación produce un elevado consumo de oxígeno, y además el amonio es un abono que fomenta el crecimiento de las algas. (GRAF Ibérica, s.f.)

Para la determinación de amonio se utiliza la espectrofotometría. Por acción del hipoclorito de sodio en medio alcalino, se produce la oxidación del fenol con formación de indofenol de intenso color azul, cuya intensidad medida fotométricamente es proporcional a la concentración de amoníaco (reacción de Berthelot). El desarrollo de color se mide fotométricamente a 640 nm.

La reacción de Berthelot para determinar la concentración de amonio, la cual consiste en la reacción del amoníaco con el hipoclorito para formar monocloramina a pH mayor a 7 o sea medio básico (ver ecuación 1), la monocloramina reacciona con un fenol para formar benzoquinona clorimina (ver ecuación 2), la benzoquinona clorimina reacciona con un segundo fenol para formar un indofenol (ver ecuación 3). El dihidrato de nitroprusiato de sodio (ecuación 4), es un reactivo de acoplamiento (ecuación 3) que aumenta la cinética del paso (ecuación 2). El nitroprusiato de sodio es un reactivo de acoplamiento que aumenta la cinética del paso (catalizador). (Walker, J. 2006)



### Ley de BOUGUER-LAMBERT-BEER

La ley de BOUGUER-LAMBERT-BEER también se conoce como ley de Beer-Lambert-Bouguer y fue descubierta de formas diferentes e independientes en primer lugar por el matemático y astrónomo francés Pierre Bouguer en 1729, luego por el filósofo y matemático alemán, Johann Heinrich Lambert en 1760 y por último el físico y matemático también alemán, August Beer en el año 1852.

Se puede decir que esta ley se trata de un medio o método matemático, el cual es utilizado para expresar de qué modo la materia absorbe la luz. En óptica (rama de la física que se encarga del estudio de la luz) La ley de Beer afirma que la totalidad de luz que emana de una muestra puede disminuir debido a tres fenómenos de la física, que serían los siguientes:

1. El número de materiales de absorción en su trayectoria, lo cual se denomina concentración.

## Informe: Calidad del agua

2. Las distancias que la luz debe atravesar a través de las muestras. Denominamos a este fenómeno, distancia del trayecto óptico.

3. Las probabilidades que hay de que el fotón de esa amplitud particular de onda pueda absorberse por el material. Esto es la absorbancia o también coeficiente de extinción.

La relación anterior puede ser expresada de la siguiente manera:

$$A = -\epsilon cd$$

Donde, A = Absorbancia

$\epsilon$  = Coeficiente molar de extinción

d = Recorrido (en cm)

c = Concentración molar

A medida que la luz atraviesa un medio que la absorbe, la cantidad de luz absorbida en cualquier volumen corresponde a la intensidad de luz que incide, luego se multiplica por el coeficiente de la absorción. Frecuentemente la intensidad de un haz de luz incidente declina significativamente a medida que pasa a través del medio absorbente. Cuando esta relación se expresa como Ley de BOUGUER LAMBERT-BEER, tenemos que:

$$T = 10^{-\epsilon cd} \quad \text{o} \quad T = 10^{-A}$$

Donde, T = Transmitancia

$\epsilon$  = Coeficiente molar de extinción

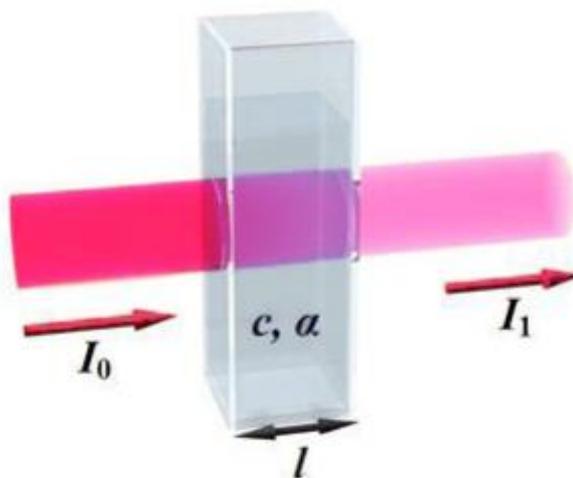
c = Concentración molar del absorbente

d = Recorrido en cm

La transmitancia se puede expresar como la intensidad de la radiación incidente,  $I_0$ . Esto puede dividirse a la luz que emerge de la muestra, I. Se refiere a la relación  $I/I_0$  como transmitancia o como T. La transmitancia se puede trazar con relación a la concentración, pero esta relación no sería lineal. Aunque el logaritmo negativo en base 10 de la transmitancia sí es lineal con la concentración. De esta forma, la absorción es medida como:

$$A = -\log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right) \quad \text{o} \quad A = -\log_{10}(T)$$

A continuación podemos observar un diagrama de la absorción de un haz que atraviesa un recipiente de tamaño l



## Plan de Muestreo

Plan de Muestreo	Fecha(s): Desde el día 28/9/21 (martes), periódicamente cada martes y jueves desde entonces se ha extraído una nueva muestra hasta el día 16/11/21 (martes). Lugar: arroyo Pando, detrás del Polo tecnológico de Pando.
Naturaleza de la muestra	Agua procedente del arroyo Pando.
Método de muestreo	Basado en las normas Dinama.
Identificación de las muestras	Etiqueta hecha a mano que contiene identificación de la muestra, fecha y hora, y firma de los estudiantes.
Conservación de la muestra	En heladera, aproximadamente a 5 °C hasta realizar el análisis.
Contenedor de la muestra	Botella de plástico de aproximadamente 600 mL
Objetivo	Analizar parámetros como temperatura, pH y turbidez in situ y salinidad, dióxígeno disuelto, alcalinidad, sólidos totales disueltos, conductividad, oxidabilidad al permanganato de potasio reconocimiento de materia orgánica, cloruros, sulfatos y ión calcio en la muestra tomada del arroyo Pando.

### **Zona de la toma de la muestra:**

Coordenadas: 34,71999° S, 55,94658° O

Durante las instancias de los prácticos de este proyecto desde el día 28/9/21 hasta el día 16/11/21 se extrajeron muestras de un único lugar del arroyo Pando, en el mismo lugar se realizaron análisis “in situ” y se extrajo una muestra de aproximadamente 600 mL, la cual fue destinada a medir los parámetros básicos (la presencia de iones cloruro, sulfato, calcio, y hierro, temperatura, pH, turbidez, color, demanda química de dióxígeno, presencia y cuantificación de materia orgánica.) y el día 16/11/2021 se realizó la toma de la muestra que fue destinada a la determinación y cuantificación del amonio.

## Informe: Calidad del agua



Imagen 1

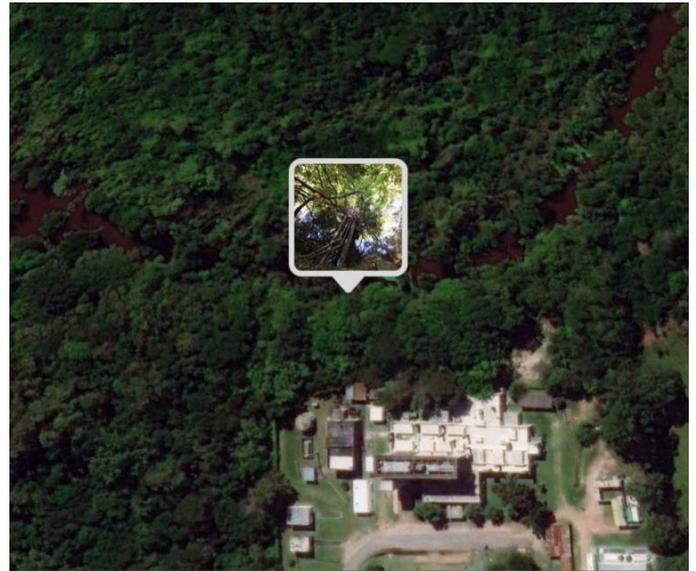


Imagen 2

### Materiales:

- Pipetas automáticas de volumen variable (20-200  $\mu\text{L}$ . y 100-1000  $\mu\text{L}$ ).
- 8 Matraces aforados de (50,00  $\pm$  0,06) mL.
- Matraz aforado de (100,00  $\pm$  0,15) mL.
- Pipeta aforada de (10,00  $\pm$  0,05) mL.
- 3 matraces Erlenmeyer de 100 mL.
- Balanza analítica de precisión 0,1 mg y 1 mg.
- Espátulas para manipulación de sólidos.
- Espectrofotómetro. Se trabaja a una longitud de onda de 640 nm
- Equipo de filtración para interferencias por turbidez.

### Sustancias y soluciones:

- Agua destilada o desionizada.
- Solución de fenol.
- Nitroprusiato de sodio.
- Hipoclorito de sodio.
- Cloruro de amonio ppa

### Procedimiento:

#### Reactivos

## Informe: Calidad del agua

1. Solución de fenol: en un matraz Erlenmeyer de 100 mL se agregaron 11,94 g de fenol cristalino y se completó con etanol hasta el enrase.
2. Nitroprusiato de sodio: en un matraz Erlenmeyer de 100 mL, se vertieron 0,5 g de nitroprusiato de sodio y se agrega agua destilada hasta enrasar.
3. Hipoclorito de sodio: en un matraz de 100 mL se vertieron 50 mL de hipoclorito de sodio comercial 10 %, y se agregaron 50 mL de agua destilada.
4. Solución stock de amonio: En un matraz aforado de 1000,00 mL se disolvieron 3,8200 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  anhidro (secado a 100 °C) en agua destilada y se llevaron a 1000,00 mL, (1000 mg  $\text{NH}_4\text{-N/L}$ ). 1 mL = 1,00 mg. N = 1.22 mg.  $\text{NH}_3$ . Se almacenó en recipiente de plástico a 4 °C.
5. Solución estándar de amonio: se tomó 1 mL de la solución stock de amonio y se llevó a un volumen final de 100,00 mL (matraz aforado), 10 mg  $\text{NH}_4\text{-N/L}$ . 1mL = 10  $\mu\text{g}$  N.

### Curva de calibración

1. Se realizaron diferentes tomas de 20  $\mu\text{L}$ , 50  $\mu\text{L}$ , 100  $\mu\text{L}$ , 200  $\mu\text{L}$ , 300  $\mu\text{L}$ , 400  $\mu\text{L}$ , 500  $\mu\text{L}$  y 600  $\mu\text{L}$  y se vertieron en matraces de 50,00 mL.
2. A cada matraz se le agrega 1 mL de nitroprusiato de sodio, 1 mL fenol y 2,5 mL de hipoclorito de sodio. Se completó con agua destilada hasta el enrase.
3. Se homogeneizó.
4. Se taparon los matraces y se dejó tomar color en un lugar con luz tenue por al menos 1 hora.

## Resultados:

Investigación de presencia iones y materia orgánica:

<b>Tabla 1</b>	<b>Materia Orgánica</b>	<b><math>\text{Cl}^-</math></b>	<b><math>\text{SO}_4^{2-}</math></b>	<b><math>\text{Ca}^{2+}</math></b>	<b><math>\text{Fe}^{3+}</math></b>	<b><math>\text{NH}_4^+</math></b>
muestra de agua	✓✓	✓	✓	✓	-	-
agua de pozo	✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓	-
agua potable	-	✓	✓✓	✓	-	-
agua destilada	-	-	-	-	-	-

En la anterior tabla de datos experimentales (tabla 1) se representará con “ - “ a el resultado nulo de la presencia de iones correspondientes, justo al contrario se representará con “ ✓ “ a el resultado moderado (dependiendo de la cantidad de precipitado) de iones a su vez se representará con “ ✓✓ “ a la presencia mayor a la moderada (mayor cantidad de precipitado) de los mismos.

## Informe: Calidad del agua

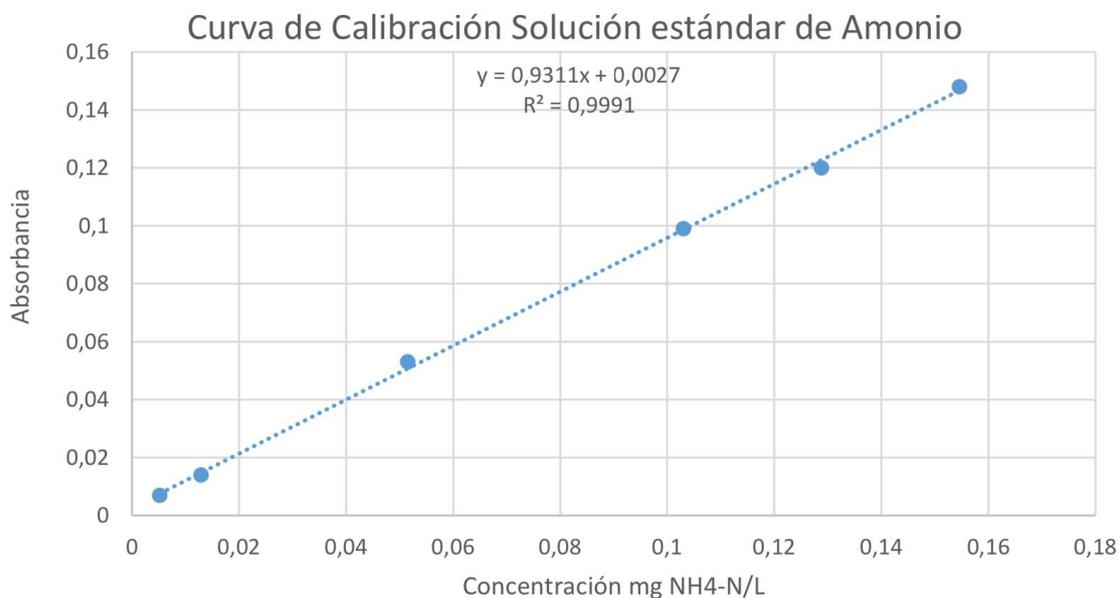
Repitiendo lo anterior, aplica también para la decoloración del permanganato de potasio (oxidabilidad de la materia orgánica), pero a la inversa, es decir: “ - “ para indicar que no se decoloro, “ ✓ “ para indicar que se decoloro levemente y “ ✓✓ “ para indicar que se decoloro considerablemente.

Mat. Org: Materia orgánica      Cl<sup>-</sup>: ion cloruro      SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: ion sulfato      Ca<sup>2+</sup>: ion calcio      Fe<sup>3+</sup>: ion férrico  
NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: ion amonio

**Tabla 2**

Parámetros analizados

Parámetro	Valor
Temperatura	(18,0 ± 0,5) °C
pH (tiras)	6
pH (pH-metro)	6,56
Turbidez	11 NTU
Color	Amarillento
Conductividad	340 μ S/cm
Sólidos Totales Volátiles	150 mg/L
Sólidos Totales	290 mg/L
Sólidos Totales fijos	140 mg/L
Dioxígeno disuelto	(9,95 ± 0,09) ppm
Alcalinidad	142,2 mg CaCO <sub>3</sub> /L
DQO	25,5 mg O <sub>2</sub> /L
Amonio	(0,128 ± 0,001) mg NH <sub>4</sub> -N/L



**Tabla 3**

Franco Olivera y Facundo Vidal 2°BG Química

Muestra	Parámetro	Valor
Agua del Arroyo Pando (zona del Polo Tecnológico) (Gómez, Marichal y Jaramillo, 2020).	Dioxígeno disuelto	(3,51 ± 0,05) ppm
	Amonio	(0,157 ± 0,002) mg NH <sub>4</sub> -N/L
Agua del Arroyo Pando (zona del Polo Tecnológico)	Dioxígeno disuelto	(9,60 ± 0,09) ppm
	Amonio	(0,128 ± 0,001) mg NH <sub>4</sub> -N/L

### Discusión de resultados:

Al comparar los resultados obtenidos nos dimos cuenta que la concentración de amonio disminuyó con respecto al año 2020 (Gómez, Marichal y Jaramillo, 2020). Se esperaba que la concentración de este mismo aumentara debido a que en el 2020 durante la pandemia hubo un parate importante a nivel de producción durante la cuarentena. Esta diferencia entre los resultados también podría deberse a que los estudiantes que realizaron la determinación de la concentración de amonio no tomaron en cuenta el factor de dilución de la muestra, la ecuación de la gráfica y no la ecuación que presenta la técnica para determinar la concentración de amonio.

Si bien viendo los resultados obtenidos se esperaba un aumento de la cantidad de dioxígeno disuelto debido a que la concentración de amonio en muestras de agua del arroyo Pando disminuyó, este es un aumento considerable que podría también a otros factores tales como que en el proceso del análisis de dioxígeno se haya oxigenado la muestra o a algún otro factor que haga que aumente la concentración de dioxígeno, los cuales desconocemos.

### Conclusiones:

Se logró determinar la concentración de amonio en una muestra de agua del arroyo Pando (0,128 ± 0,001) mg NH<sub>4</sub>-N/ y determinar los parámetros tales como presencia de iones cloruro, sulfato, calcio, y hierro, temperatura, pH, turbidez, color, demanda química de dioxígeno, presencia y cuantificación de materia orgánica.

Si bien se pueden comparar los resultados, se considera que al no haber considerado el factor de dilución en los cálculos, los resultados dados por Gómez, Marichal y Jaramillo (2020) pueden estar equivocados, por tanto no se puede concluir correctamente si la concentración de amonio en aguas del arroyo aumentó o disminuyó realmente.

### Referencias bibliográficas:

0304-, I. (s.f.). Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín. Redalyc.org.

<https://www.redalyc.org/pdf/1799/179914238011.pdf>

De agua para análisis microbiológico se necesita un frasco estéril, P. la T. de M. (s.f.).

INSTRUCCTIVO PARA LA TOMA DE MUESTRA DE AGUA DE CONSUMO PARA ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y FÍSICOQUÍMICO. Gub.uy.

[https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/it-wmp-02-v02\\_instructivo\\_toma\\_de\\_muestra\\_por\\_particulares.pdf](https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/it-wmp-02-v02_instructivo_toma_de_muestra_por_particulares.pdf)

## Informe: Calidad del agua

- American Public Health Association (APHA) (2012) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 22nd edition APHA, AWWA, WEF, Washington, DC. Método 4500 NH<sub>3</sub> F Phenate method 4-115 a 4-116
- Arocena, R. y Chalar, G. (2010). *La preservación de ríos y arroyos. Mejorar el presente y asegurar el futuro*. Almanaque Banco de Seguros del Estado. Pág. 210-214.
- Arocena, R., Chalar, G., Fabián, D., De León, L., Brugnoli, E., Silva, M., Rodo, E., Machado, (s.f.). Auxilab.es.  
[https://www.auxilab.es/controles/ObtenerPDF.ashx?f=%5c00%5c03%5cee%5cme\\_F\\_MGD\\_MGB\\_MGG\\_C.pdfv](https://www.auxilab.es/controles/ObtenerPDF.ashx?f=%5c00%5c03%5cee%5cme_F_MGD_MGB_MGG_C.pdfv)
- Berthelot, M., Repert. Chim. Appl. 282 (1859)
- Borrego, J.; Moriño, M.; De Vicente, A.; Córnaux, R. y Romero, P. (1987). “Coliphages as an indicator of faecal pollution in water. Its relationship with indicator and pathogenic microorganisms”. *Water. Research.* 21, 1473-1480.
- Britos, R., Moreno, G. y Otte, A (2016). Prácticas contextualizadas aplicadas al curso de 1° de Bachillerato para profesores y ayudantes preparadores de Química. CC BY-SA 4.0
- Campos. C. (1999). “Indicadores de contaminación fecal en la reutilización de aguas residuales para riego agrícola”. Tesis doctoral. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona. 250 pp.
- Chapman, D. V. ed. (1996). *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. World Health Organization, Unesco & United
- Deci Agua. (2016). *Documento de trabajo*. CSIC-UdelaR, MVOTMA, DINAGUA. Uruguay. 70 pp.
- De León, L. (2011). *Evaluación de la calidad del agua del río Cuareim, período 2006-2010*. Proyecto DINAMA-PNUD. RU/07/012-TDR 3.12.
- Heath, A. G. 1995. *Water pollution and fish physiology*. Boca Raton, USA. CRC Press. 384 pp.
- El filósofo y matemático alemán, L. L. de B.-L.-B. T. se C. C. L. de B.-L.-B. y. F. D. de F. De. I. en P. L. P. el M. y. A. F. P. B. en 1729 luego P., El físico y matemático también alemán, J. H. L. en 1760 y. P. Ú., & el año 1852.
- A. B. en. (s.f.). LEY DEBOUGUER-LAMBERT-BEER. Wwww.uv.mx.  
<https://www.uv.mx/personal/aherrera/files/2014/05/L.-Ley-de-Bouguer-Lambert-Beer-0.pdf>
- GRAF Ibérica von GRAF. (s.f.). Graf.info. <https://es-es.graf.info/grupo-graf/graf-iberica.html>
- (s.f.-b). Gub.uy. <https://www.gub.uy/ministerio-vivienda-ordenamiento-territorial/sites/ministerio-vivienda-ordenamiento-territorial-medio-ambiente/files/documentos/publicaciones/MANUAL%20PROCEDIMIENTOS%20LABORATORIO%202017.pdf>
- Harris, D. C. (s.f.). *Análisis Químico Cuantitativo 2a*. Capítulo, 16.
- Lohninger, H. (s.f.). VIAS Encyclopedia: Ammonium Salts. Vias.org. Recuperado 25 de noviembre de 2021, de [http://www.vias.org/encyclopedia/chem\\_ammonia\\_salts.html](http://www.vias.org/encyclopedia/chem_ammonia_salts.html)
- (s.f.-a). Edu.uy. <http://www.qdm.fq.edu.uy/agua/guia-agua.pdf>
- I., Pacheco, J. P., Castiglioni, R. y Gabito, L. 2008. *Evaluación ecológica de cursos de agua y biomonitorio*. Informe final del convenio DINAMA-Facultad de Ciencias. Sección
- Karr, J. R. 1991. Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications*, 1(1): 66-84.
- Ley 14.859. Código de Aguas y Decreto Reglamentario 253/79. Uruguay.  
<http://www.parlamento.gub.uy>
- Sala docente. (2014). *Práctica nº 3. Tecnicatura en Control Ambiental*. Montevideo, Uruguay.

## Informe: Calidad del agua

- Molden, D. ed. 2007. *Evaluación exhaustiva del manejo del Agua en Agricultura. Agua para la Alimentación, Agua para la Vida*. Londres: Earthscan y Colombo: Instituto Internacional del Manejo del Agua. Limnología.
- Nations Environment Programme. London. 626 pp.
- Pérez Almiñana, V. (2014). *Muestreo y preparación de la muestra*. Madrid, España: Síntesis.
- Pérez, R., Pineda, R. y Medina, M. 2007. Integridad biótica de ambientes acuáticos. En: Ó. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez y L. Zambrano (Eds.) *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Instituto Nacional de Ecología. Acuatric ecology. México. 293 pp.
- Químicad+. (s.f.). *Investigadores del agua*. Facultad de Química, Montevideo: Uruguay. <http://www.qdm.fq.edu.uy/agua/guia-agua.pdf>
- Lizzerini, S. y Sulé, P. (2001). *Guía básica Laboratorio de Química de Educación Media*. Montevideo, Uruguay: ANEP.
- Spellerberg, I. F. 2005. *Monitoring ecological change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 410 pp.
- Teixeira de Mello, F., González-Bergonzoni, I. y Loureiro, M. 2011. *Peces de agua dulce de Uruguay*. PPR-MGAP. 188 pp.
- Underwood, A. J. 1992. Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 161: 145-178.
- Wetzel, R. 1981. *Limnología*. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 379 pp.

## **Anexos:**

### Decreto 253/79 Artículo 5:

Las características de los cursos o cuerpos de agua del país serán, de acuerdo a su clasificación, las siguientes:

#### a) CLASE I

#### PARÁMETRO ESTÁNDAR

-OLOR No perceptible

-MATERIALES FLOTANTES Y ESPUMAS NO NATURALES Ausentes

### Informe: Calidad del agua

- COLOR NO NATURAL Ausente
- TURBIEDAD Máximo 50 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad)
- pH entre 6,5 y 8,5
- OD (Oxígeno disuelto) Min 5 mg/L
- DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) Max. 5 mg/L
- ACEITES Y GRASAS Virtualmente ausentes
- DETERGENTES (medidas como sustancias activas al azul de metileno) Máx. 0,5 mg/L en LAS
- SUSTANCIAS FENOLICAS Máx. 0,001 mg/L en C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH
- AMONIACO LIBRE Máx. 0,02 mg/L en N
- NITRATOS Máx. 10 mg/L en N
- FOSFORO TOTAL Máx. 0,025 mg/L en P
- COLIFORMES FECALES No se deberá exceder el límite de 2000 CF/100 mL en ninguna de al menos 5 muestras debiendo la medida geométrica de las mismas estar por debajo de 1000 CF/1100 mL
- CIANURO Máx. 0,005 mg/L
- ARSENICO Máx. 0,05 mg/L
- CADMIO Máx. 0,001 mg/L
- COBRE Máx. 0,2 mg/L
- CROMO TOTAL Máx. 0,05 mg/L
- MERCURIO Máx. 0,0002 mg/L
- NIQUEL Máx. 0,02 mg/L
- PLOMO Máx. 0,03 mg/L
- ZINC Máx. 0,03 mg/L

b) Clase 2 a

### PARAMETRO ESTANDAR

- OLOR No perceptible
- MATERIALES FLOTANTES Y ESPUMAS NO NATURALES Ausentes
- COLOR NO NATURAL Ausente
- TURBIEDAD Máx. 50 UNT
- pH entre 6,5 y 9,0
- OD Máx. 5 mg/L
- DBO5 Máx. 10 mg/L
- ACEITES Y GRASAS Virtualmente ausentes
- DETERGENTES Máx. 1 mg/L en LAS
- SUSTANCIAS FENOLICAS Máx. 0,2 mg/L en C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH
- AMONIACO LIBRE Máx. 0,02 mg/L en N
- NITRATOS Máx. 10 mg/L en N
- FOSFORO TOTAL Máx. 0,025 mg/L en P
- SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Máx. 700 mg/L
- RELACION DE ABSORCION DE SODIO (RAS) Máx. 10
- COLIFORMES FECALES No se deberá exceder el límite de 2000

### Informe: Calidad del agua

CF/100 mL en ninguna de al menos 5 muestras debiendo la medida geométrica de las mismas estar por debajo de 1000 CF/100 mL

- CIANURO Máx. 0,005 mg/L
- ARSENICO Máx. 0,05 mg/L
- BORO Máx. 0,5 mg/L
- CADMIO Máx. 0,001 mg/L
- COBRE Máx. 0,2 mg/L
- CROMO TOTAL Máx. 0,05 mg/L
- MERCURIO Máx. 0,0002 mg/L
- NIQUEL Máx. 0,002 mg/L
- PLOMO Máx. 0,03 mg/L
- ZINC Máx. 0,03 mg/L

### c) CLASE 2 b

#### PARAMETRO ESTANDAR

- OLOR No perceptible
- MATERIALES FLOTANTES Y ESPUMAS NO NATURALES Ausentes
- COLOR NO NATURAL Ausente
- TURBIEDAD 50 UNT
- pH entre 6,5 y 8,5
- OD Min 5 mg/L
- DBO5 Máx. 10 mg/L
- ACEITES Y GRASAS Virtualmente ausentes
- DETERGENTES Máx. 1 mg/L en LAS
- SUSTANCIAS FENOLICAS Máx. 0,2 mg/L C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH
- AMONIACO LIBRE Máx. 0,02 mg/L en N
- NITRATOS Máx. 10 mg/L en N
- FOSFORO TOTAL Máx. 0,025 mg/L en P
- COLIFORMES FECALES No se deberá exceder el límite de 1000

CF/100 mL en ninguna de al menos 5 muestras debiendo la medida geométrica de las mismas estar por debajo de 500 CF/100 mL

- CIANURO Máx. 0,005 mg/L
- ARSENICO Máx. 0,005 mg/L
- CADMIO Máx. 0,001 mg/L
- COBRE Máx. 0,2 mg/L
- CROMO TOTAL Máx. 0,05 mg/L
- MERCURIO Máx. 0,0002 mg/L
- NIQUEL Máx. 0,02 mg/L
- PLOMO Máx. 0,03 mg/L
- ZINC Máx. 0,03 mg/L

### d) CLASE 3

#### PARAMETRO ESTANDAR

## Informe: Calidad del agua

- OLOR No perceptible
- MATERIALES FLOTANTES Y ESPUMAS NO NATURALES Ausentes
- COLOR NO NATURAL Ausente
- TURBIEDAD Máx. 50UNT
- pH entre 6,5 y 8,5
- OD Min 5 mg/L
- DBO5 Máx. 10 mg/L
- ACEITES Y GRASAS Virtualmente ausentes
- DETERGENTES Máx. 1 mg/l en LAS
- SUSTANCIAS FENOLICAS Máx. 0,2 mg/L en C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH
- AMONIACO LIBRE máx. 0,02 mg/L en N
- NITRATOS Máx. 10 mg/L en N
- FOSFORO TOTAL Máx. 0,025 mg/L en P
- COLIFORMES FECALES No se deberá exceder el límite de 2000 CF/100 mL en ninguna de al menos 5 muestras debiendo la medida geométrica de las mismas estar por debajo de 1000 CF/100 mL
- CIANURO Máx. 0,005 mg/L
- ARSENICO Máx. 0,005 mg/L
- CADMIO Máx. 0,001 mg/L
- COBRE Máx. 0,2 mg/L
- CROMO TOTAL Máx. 0,05 mg/L
- MERCURIO Máx. 0,0002 mg/L
- NIQUEL Máx. 0,02 mg/L
- PLOMO Máx. 0,03 mg/L
- ZINC Máx. 0,03 mg/L

### e) CLASE 4

#### PARAMETRO ESTANDAR

- OLOR No objetable
- MATERIAL FLOTANTE Y ESPUMAS NO NATURALES Virtualmente ausentes
- COLOR NO NATURAL Virtualmente ausentes
- TURBIEDAD Máx. 100 UNT
- pH entre 6,0 y 9,0
- OD Min. 2,5 mg/L
- DBO5 Máx. 15 mg/L
- ACEITES Y GRASAS Máx. 10 mg/L
- DETERGENTES Máx. 2 mg/L
- COLIFORMES FECALES No se deberá exceder el límite de 5000 CF/100 mL en al menos el 80 % de por los menos 5 muestras
- CIANURO Máx. 0,05 mg/L
- ARSENICO Máx. 0,1 mg/L
- CADMIO Máx. 0,01 mg/L
- COBRE Máx. 1 mg/L

### Informe: Calidad del agua

-CROMO TOTAL Máx. 0,5 mg/L

-MERCURIO Máx. 0,002 mg/L

-NIQUEL Máx. 0,2 mg/L

-PLOMO Máx. 0,05 mg/L

-ZINC Máx. 0,3 mg/L

Para las clases I, 2a, 2b, y 3 se deberán además cumplir los siguientes estándares en cuanto a tóxicos orgánicos.

### PARAMETRO ESTANDAR

- ALDRIN más DIELDRIN Máx. 0,004 mg/L

- CLORDANO Máx.0,01 mg/L

- DDTMáx. 0,001 mg/L

- ENDOSULFAN Máx. 0,02 mg/L

- ENDRIN Máx. 0,004 ug/L

= HEPTACLORO más

HEPTACLORO EPOXI Máx. 0,01 ug/L

- LINDANO Máx. 0,01 ug/L

- METOXICLORO Máx. 0,03 ug/L

- MIREX Máx. 0,001 ug/L

- 2,4 D Máx. 4 ug/L

- 2,4,5, T Máx. 10 ug/L

- 2,4,5 TP Máx. 2 ug/L

- PARATION Máx. 0,04 ug/L

- COMP. POLIAROMATICOS (BPC) Máx. 0,001 ug/L

Para la clase 4 se admitirán hasta un máximo de 10 (diez) veces los anteriores estándares. La lista de tóxicos orgánicos, así como sus estándares, podrá ser modificada por el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, de acuerdo al uso que los mismos tengan.

### Sección I:

#### **Materiales:**

#### Oxidabilidad al permanganato de potasio

- Plancha calefactora con agitador
- Soporte y pinza
- Bureta
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- Pipeta de 50 mL
- Pipetas de 10 mL
- Ácido oxálico 0,0050 mol/L
- Permanganato de potasio 0,002 mol/L ya valorado con ácido oxálico

## Informe: Calidad del agua

- Ácido sulfúrico de concentración 1:1 (dilución al 50 %)

### Dioxígeno disuelto:

- Frasco de plástico de 100 mL con tapa
- Bandeja de telgopor
- Pipetas Pasteur
- Matraz Erlenmeyer
- Probeta de 50 mL
- Bureta de 10,00 mL y soporte
- Vaso de Bohemia de 50 mL

### pH:

- Tiras de pH.
- Escala de pH.
- pHmetro.

### Turbidez

- Un disco Secchi
- Una lapicera
- Hoja de datos

### Conductividad

- Conductímetro
- Vaso de Bohemia
- Lapicera
- Hoja de datos

### Temperatura

- Termómetro de laboratorio
- Vaso de Bohemia
- Lapicera
- Hoja de datos

## Sustancias y soluciones:

### Oxidabilidad al permanganato:

- Ácido oxálico 0,050 mol/L.
- Permanganato de potasio 0,02 mol/L ya valorado con ácido oxálico.
- Ácido sulfúrico de concentración 1:1 (dilución al 50 %).

## Procedimiento:

## Informe: Calidad del agua

### Dioxígeno disuelto:

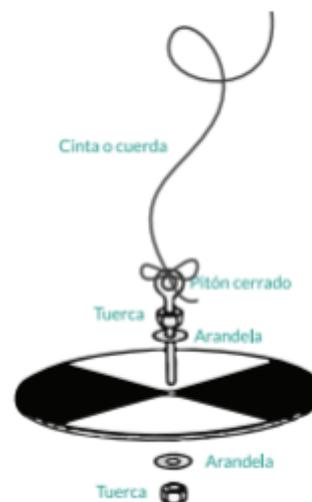
1. Se prepararon 250,00 mL de ácido oxálico 0,0050 mol/L de concentración exacta, y una solución de permanganato de potasio de concentración aproximada de 0,0020 mol/L.
2. Se valoraron el permanganato con el ácido oxálico. Para ello se realizaron 5 repeticiones, poniendo la solución de permanganato en la bureta.
3. Se colocaron 10,00 mL de ácido oxálico en un matraz Erlenmeyer.
4. Se añadieron 3 mL de ácido sulfúrico (concentración 1:1) y 50 mL de agua destilada.
5. Se calentó en plancha hasta 80,0 °C.
6. Se valoró sin que baje la temperatura.
7. El punto final vino dado por la aparición de un color rosado, tenue pero persistente durante 30 segundos.

### Temperatura:

1. Se sumergió el bulbo del termómetro unos 5 cm por debajo de la superficie del agua.
2. Se tomó la lectura del termómetro cuando la temperatura se haya estabilizado (esperando por lo menos un minuto con el termómetro dentro del agua).
3. Se registró la temperatura medida en la hoja de datos.

### Turbidez:

1. Se construyó un disco como el de la figura.
2. Se lo sumergió en el agua manteniendo la cuerda siempre tensa hasta que se dejara de ver.
3. Se registró en la hoja de datos la longitud de la cuerda que fue necesario sumergir para dejar de verlo.



### pH:

1. Se sumergió completamente la parte coloreada de la tira en el agua hasta que el color no cambie más (alrededor de un minuto).
2. Se retiró y enseguida comparó con la escala de pH.
3. Se anotó el valor de pH en la hoja de datos.

### Conductividad:

1. Se quitó la cubierta protectora del electrodo del conductímetro.
2. Se encendió el conductímetro y sumergió el electrodo en el agua.
3. Cuando la medida se haya estabilizado, se presionó el botón HOLD. Se convirtió el registro de  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a ppm y viceversa presionando el botón SHIFT
4. Se registró la medida de conductividad en la hoja de datos.

### Oxidabilidad del permanganato de potasio:

Franco Olivera y Facundo Vidal 2°BG Química

## Informe: Calidad del agua

Valoración del permanganato de potasio 0,002 mol/L

1. Se prepararon 250,00 mL de ácido oxálico 0,0050 mol/L de concentración exacta, y una solución de permanganato de potasio de concentración aproximada de 0,0020 mol/L.
2. Se valoró el permanganato con el ácido oxálico. Para ello se realizaron 5 repeticiones, poniendo la solución de permanganato en la bureta.
3. Se colocaron 10,00 mL de ácido oxálico en un matraz Erlenmeyer.
4. Se añadieron 3 mL de ácido sulfúrico (concentración 1:1) y 50 mL de agua destilada.
5. Se calentó en plancha hasta 80,0 °C.
6. Se valoró sin que bajara la temperatura.
7. El punto final vino dado por la aparición de un color rosado, tenue pero persistente durante 30 segundos.

Valoración de la materia orgánica del agua

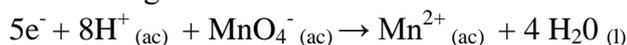
Para cada muestra de agua valorar:

1. Se vertieron en un Erlenmeyer 100 mL del agua a analizar con pipeta aforada. Se añadieron unos trozos de cerámica o perlas de vidrio. Se marcó con un rotulador el nivel que alcanzó el agua.
2. Se acidificó con 3 mL de ácido sulfúrico (concentración 1:1) haciéndolo resbalar suavemente por las paredes del Erlenmeyer y tapar la boca del matraz con papel de aluminio o un vidrio reloj. Se llevó a ebullición por 5 minutos.
3. Mientras la solución hervía se añadió una cantidad exacta de solución de permanganato (10,00 mL) y se mantuvo hirviendo por 10 minutos. Este tiempo se midió exactamente.
4. Se añadieron 10,00 mL de ácido oxálico 0,0050 mol/L y la mezcla se siguió calentando hasta la desaparición del color rosa.
5. Se introdujo la solución de permanganato en la bureta y en el Erlenmeyer un imán y la solución a aproximadamente 80 °C y con agitación se valoró con permanganato de potasio, gota a gota hasta que apareció un color rosado tenue pero persistente durante aproximadamente 30 segundos (que no desaparece con la agitación).
6. Se repitió el procedimiento 3 veces.
7. Se hizo un blanco con 100 mL de agua destilada, el que se valoró de la misma forma.

### Sección II:

Oxidabilidad al Permanganato:

Materia orgánica → se oxida



$$N H_2C_2O_4 = Mxi$$

$$N H_2C_2O_4 = 0,00500 \text{ mol/L} \times 2 = 0,01N$$

$$N KMnO_4 = M_{\text{Promedio}} \times i$$

$$N KMnO_4 = 0,00182 \text{ mol/L} \times 5 = 0,0091 N$$

$$neq KMnO_4 \text{ reac} = N \times V_{\text{gasto}}$$

$$neq KMnO_4 \text{ reac} = 0,0091 N \times 0,009 L = 8,19 \times 10^{-5} \text{ eq}$$

Franco Olivera y Facundo Vidal 2°BG Química

## Informe: Calidad del agua

$$\text{neq KMnO}_4 \text{ reac} = \text{neq H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{ exceso}$$

$$8,19 \times 10^{-5} \text{ eq} = 8,19 \times 10^{-5} \text{ eq}$$

$$\text{neq}_{\text{inicial}} \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = N \times V_{\text{toma}}$$

$$\text{neq}_{\text{inicial}} \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 0,01 \text{ N} \times 0,010 \text{ L} = 0,0001 \text{ eq}$$

$$\text{neq H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{ reac} = \text{neq}_{\text{inicial}} \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 - \text{neq H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{ exceso}$$

$$\text{neq H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{ reac} = 0,0001 \text{ eq} - 8,19 \times 10^{-5} \text{ eq} = 1,81 \times 10^{-5} \text{ eq}$$

$$\text{neq H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{ reac} = \text{neq KMnO}_4 \text{ exceso}$$

$$1,81 \times 10^{-5} \text{ eq} = 1,81 \times 10^{-5} \text{ eq}$$

$$\text{neq}_{\text{inicial}} \text{KMnO}_4 = N \times V_{\text{toma}}$$

$$\text{neq}_{\text{inicial}} \text{KMnO}_4 = 0,0091 \text{ N} \times 0,010 \text{ L} = 9,1 \times 10^{-5} \text{ eq}$$

$$\text{neq KMnO}_4 \text{ reacc. materia orgánica} = \text{neq}_{\text{inicial}} \text{KMnO}_4 - \text{neq KMnO}_4 \text{ exceso}$$

$$\text{neq KMnO}_4 \text{ reacc. materia orgánica} = 9,1 \times 10^{-5} \text{ eq} - 1,81 \times 10^{-5} \text{ eq} = 7,29 \times 10^{-5} \text{ eq}$$

$$\bar{M}_{\text{KMnO}_4} = 54,93804 \text{ g/mol} + 39,0983 \text{ g/mol} + 15,9994 \times 4 = 158,033 \text{ g/mol}$$

$$\bar{M}_{\text{eq}} = \frac{\bar{M}}{i} = \frac{158,033 \text{ g/mol}}{5} = 31,61 \text{ g/eq}$$

$$m_{\text{KMnO}_4} = \text{neq KMnO}_4 \text{ reacc. materia orgánica} \times M_{\text{eq}}$$

$$m_{\text{KMnO}_4} = 7,29 \times 10^{-5} \times 31,61 \text{ g/eq} = 0,0023 \text{ g}$$

$$1 \text{ g} \text{ — } 1000 \text{ mg}$$

$$0,0023 \text{ g} \text{ — } m$$

$$m = 2,3 \text{ mg}$$

$$2,3 \text{ mg} \text{ — } 25 \text{ mL}$$

$$m \text{ — } 1000 \text{ mL}$$

$$m = \frac{2,3 \text{ mg} \times 1000 \text{ mL}}{25 \text{ mL}}$$

$$m = 92 \text{ mg}$$

$$\text{DQO} = \frac{92 \text{ mg}}{3,6} = 25,5 \text{ mg O}_2/\text{L}$$

## Informe: Calidad del agua

### Dioxígeno disuelto:

$$[O_2]_1 = 5,95 \text{ mL} \cdot 1,6 = \mathbf{9,56 \text{ ppm}}$$

$$\delta [O_2]_1 = \left( \frac{\delta V_{Toma}}{V_{Toma}} + \frac{\delta V_{gasto}}{V_{gasto}} + \frac{\delta M}{M} \right) \times [O_2]_1$$

$$\delta [O_2]_1 = \left( \frac{0,05}{50,00 \text{ mL}} + \frac{0,05}{5,95 \text{ mL}} + \frac{0,000006}{0,010093 \text{ mol/L}} \right) \times 9,52 \text{ ppm}$$

$$[O_2]_1 = (9,52 \pm 0,09) \text{ ppm}$$

$$[O_2]_2 = 6,00 \text{ mL} \cdot 1,6 = \mathbf{9,60 \text{ ppm}}$$

$$\delta [O_2]_2 = \left( \frac{\delta V_{Toma}}{V_{Toma}} + \frac{\delta V_{gasto}}{V_{gasto}} + \frac{\delta M}{M} \right) \times [O_2]_2$$

$$\delta [O_2]_2 = \left( \frac{0,05}{50,00 \text{ mL}} + \frac{0,05}{6,00 \text{ mL}} + \frac{0,000006}{0,010093 \text{ mol/L}} \right) \times 9,52 \text{ ppm}$$

$$[O_2]_2 = (9,60 \pm 0,09) \text{ ppm}$$

$$[O_2]_3 = 6,00 \text{ mL} \cdot 1,6 = \mathbf{9,60 \text{ ppm}}$$

$$\delta [O_2]_3 = \left( \frac{\delta V_{Toma}}{V_{Toma}} + \frac{\delta V_{gasto}}{V_{gasto}} + \frac{\delta M}{M} \right) \times [O_2]_3$$

$$\delta [O_2]_3 = \left( \frac{0,05}{50,00 \text{ mL}} + \frac{0,05}{6,00 \text{ mL}} + \frac{0,000006}{0,010093 \text{ mol/L}} \right) \times 9,52 \text{ ppm}$$

$$[O_2]_3 = (9,60 \pm 0,09) \text{ ppm}$$

$$[O_2]_{\text{promedio}} = ([O_2]_1 + [O_2]_2 + [O_2]_3) / 3$$

$$[O_2]_{\text{promedio}} = (9,52 + 9,60 + 9,60) / 3 = \mathbf{9,57 \text{ ppm}}$$

Alcalinidad:

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 N

$$M \text{ H}_2\text{SO}_4 = \frac{N}{i}$$

$$M \text{ H}_2\text{SO}_4 = \frac{0,1N}{2}$$

$$M \text{ H}_2\text{SO}_4 = 0,05 \text{ mol/L}$$

$$\bar{M} \text{ Na}_2\text{CO}_3 = 22,98976 \text{ g/mol} \times 2 + 12,0107 \text{ g/mol} + 15,9994 \text{ g/mol} \times 3$$

$$\bar{M} \text{ Na}_2\text{CO}_3 = 105,988 \text{ g/mol}$$

$$m \text{ Na}_2\text{CO}_3 = M \text{ H}_2\text{SO}_4 \times V_{\text{gasto}} \times \bar{M} \text{ Na}_2\text{CO}_3$$

$$m \text{ Na}_2\text{CO}_3 = 0,005 \text{ mol/L} \times 0,018 \text{ L} \times 105,988 \text{ g/mol}$$

$$m = 0,009538 \text{ g}$$

$$m = 0,009538 \text{ g} \times 100$$

$$m = 0,9530 \text{ g}$$

Masa real = 0,9530 g

## Informe: Calidad del agua

$$M \text{Na}_2\text{CO}_3 = \frac{m}{M \times V_{\text{matraz}}} \quad M \text{Na}_2\text{CO}_3 = \frac{0,9530 \text{ g}}{105,988 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0,1 \text{ L}} \quad M \text{Na}_2\text{CO}_3 = 0,08992 \text{ mol/L}$$

$$\delta M \text{Na}_2\text{CO}_3 = \left( \frac{\delta m}{m} + \frac{\delta V}{V} \right) \times M \text{Na}_2\text{CO}_3 \quad \delta M \text{Na}_2\text{CO}_3 = \left( \frac{0,0001}{0,9530 \text{ g}} + \frac{0,10}{100 \text{ mL}} \right) \times 0,08992 \text{ mol/L}$$

$$M \text{Na}_2\text{CO}_3 = (0,0899 \pm 0,0001) \text{ mol/L}$$

$$M_1 \text{H}_2\text{SO}_4 = \left( \frac{M \times V_{\text{toma}}}{V_{\text{gasto}}} \right) \quad M \text{H}_2\text{SO}_4 = \left( \frac{0,0899 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 0,010 \text{ L}}{0,015 \text{ L}} \right) \quad M \text{H}_2\text{SO}_4 = 0,05994 \text{ mol/L}$$

$$\delta M_1 \text{H}_2\text{SO}_4 = \left( \frac{\delta V_{\text{Toma}}}{V_{\text{Toma}}} + \frac{\delta V_{\text{gasto}}}{V_{\text{gasto}}} + \frac{\delta M}{M} \right) \times M \text{H}_2\text{SO}_4$$

$$\delta M_1 \text{H}_2\text{SO}_4 = \left( \frac{0,04}{10,00 \text{ mL}} + \frac{0,05}{15,00 \text{ mL}} + \frac{0,0001}{0,0920 \text{ mol/L}} \right) \times 0,05994 \text{ mol/L}$$

$$M_1 \text{H}_2\text{SO}_4 = (0,0599 \pm 0,0005) \text{ mol/L}$$

$$M_2 \text{H}_2\text{SO}_4 = \left( \frac{M \times V_{\text{toma}}}{V_{\text{gasto}}} \right) \quad M \text{H}_2\text{SO}_4 = \left( \frac{0,0899 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 0,010 \text{ L}}{0,015 \text{ L}} \right) \quad M \text{H}_2\text{SO}_4 = 0,05994 \text{ mol/L}$$

$$\delta M_2 \text{H}_2\text{SO}_4 = \left( \frac{\delta V_{\text{Toma}}}{V_{\text{Toma}}} + \frac{\delta V_{\text{gasto}}}{V_{\text{gasto}}} + \frac{\delta M}{M} \right) \times M \text{H}_2\text{SO}_4$$

$$\delta M_2 \text{H}_2\text{SO}_4 = \left( \frac{0,04}{10,00 \text{ mL}} + \frac{0,05}{15,00 \text{ mL}} + \frac{0,0001}{0,0920 \text{ mol/L}} \right) \times 0,05994 \text{ mol/L}$$

$$M_2 \text{H}_2\text{SO}_4 = (0,0599 \pm 0,0005) \text{ mol/L}$$

$$M_3 \text{H}_2\text{SO}_4 = \left( \frac{M \times V_{\text{toma}}}{V_{\text{gasto}}} \right) \quad M \text{H}_2\text{SO}_4 = \left( \frac{0,0899 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 0,010 \text{ L}}{0,015 \text{ L}} \right) \quad M \text{H}_2\text{SO}_4 = 0,05994 \text{ mol/L}$$

$$\delta M_3 \text{H}_2\text{SO}_4 = \left( \frac{\delta V_{\text{Toma}}}{V_{\text{Toma}}} + \frac{\delta V_{\text{gasto}}}{V_{\text{gasto}}} + \frac{\delta M}{M} \right) \times M \text{H}_2\text{SO}_4$$

$$\delta M_3 \text{H}_2\text{SO}_4 = \left( \frac{0,04}{10,00 \text{ mL}} + \frac{0,05}{15,00 \text{ mL}} + \frac{0,0001}{0,0920 \text{ mol/L}} \right) \times 0,05994 \text{ mol/L}$$

$$M_3 \text{H}_2\text{SO}_4 = (0,0599 \pm 0,0005) \text{ mol/L}$$

$$n \text{H}_2\text{SO}_4 = n \text{CaCO}_3 \quad M \text{H}_2\text{SO}_4 \times V_{\text{gasto}} = \frac{m \text{CaCO}_3}{M}$$

$$m \text{CaCO}_3 = M_{\text{Promedio}} \text{H}_2\text{SO}_4 \times V_{\text{gasto}} \times \underline{M} \text{CaCO}_3$$

$$\underline{M} \text{CaCO}_3 = 40,078 \text{ g/mol} + 12,0107 \text{ g/mol} + 15,9994 \text{ g/mol} \times 3$$

$$\underline{M} \text{CaCO}_3 = 100,0869 \text{ g/mol}$$

$$m \text{CaCO}_3 = 0,0599 \text{ mol/L} \times 0,00120 \text{ L} \times 100,0869 \text{ g/mol}$$

$$m \text{CaCO}_3 = 0,00719 \text{ g}$$

$$1 \text{ g} \text{ --- } 1000 \text{ mg}$$

$$0,00719 \text{ g} \text{ --- } m \quad m = \frac{0,00719 \text{ g} \times 1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}$$

$$m = 7,19 \text{ mg}$$

$$\frac{7,19 \text{ mg}}{0,050 \text{ L}} = 143,8 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$$

Franco Olivera y Facundo Vidal 2°BG Química

## Informe: Calidad del agua

Sólidos totales fijos y volátiles:

1 g — 1000 mg

$$34,8247 \text{ g} \text{ — } m \quad m_1 = \frac{34,8247 \text{ g} \times 1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}$$

$$m_1 = 34825,7 \text{ mg}$$

1 g — 1000 mg

$$34,8315 \text{ g} \text{ — } m \quad m_2 = \frac{34,8315 \text{ g} \times 1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}$$

$$m_2 = 34831,5 \text{ mg}$$

1 g — 1000 mg

$$34,8285 \text{ g} \text{ — } m \quad m_3 = \frac{34,8285 \text{ g} \times 1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}$$

$$m_3 = 34828,5 \text{ mg}$$

$$\text{Sólidos totales} = \frac{m_2 - m_1}{v} \times 1000$$

$$\text{Sólidos totales} = 290 \text{ mg/L}$$

$$\text{Sólidos totales} = \frac{34831,5 \text{ mg} - 34825,7 \text{ mg}}{20,00 \text{ mL}} \times 1000$$

$$\text{Sólidos totales fijos} = \frac{m_3 - m_1}{v} \times 1000$$

$$\text{Sólidos totales fijos} = 140 \text{ mg/L}$$

$$\text{Sólidos totales fijos} = \frac{34828,5 \text{ mg} - 34825,7 \text{ mg}}{20,00 \text{ mL}} \times 1000$$

Sólidos totales volátiles = sólidos totales - sólidos totales fijos

Sólidos totales volátiles = 290 mg/L - 140 mg/L

$$\text{Sólidos totales volátiles} = 150 \text{ mg/L}$$

Determinación y cuantificación de Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en agua

Tabla N°4

masa de reactivos de desarrollo de color:

Masa Real (balanza auxiliar)	
Fenol	Nitroprusiato de sodio
(11,94 ± 0,01) g	(0,50 ± 0,01)g

Preparación de la solución stock de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (Cloruro de amonio)

Masa molar  $\text{NH}_4\text{Cl}$

N= 14,006 g/mol

H= (1,0079 g/mol)x4

## Informe: Calidad del agua

Cl= 35,453 g/mol

NH<sub>4</sub>Cl= 52,4906 g/mol

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>= 18,037 g/mol

3,819 g NH<sub>4</sub>Cl → 1000 mL H<sub>2</sub>O

3,8200 g NH<sub>4</sub>Cl → (masa real)

m (g) NH<sub>4</sub>Cl — masa molar (g/mol) NH<sub>4</sub>Cl

m (g) NH<sub>4</sub><sup>+</sup> — masa molar (g/mol) NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

3,8200 g NH<sub>4</sub>Cl — 52,4906 g/mol

m g NH<sub>4</sub><sup>+</sup> — 18,0376 g/mol

m NH<sub>4</sub><sup>+</sup>= 1,2881 g NH<sub>4</sub><sup>+</sup> → 1288,1 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

$$[\text{NH}_4^+] = \frac{1,2881 \text{ g}}{1,0 \text{ L}} = 1,2881 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$[\text{NH}_4^+] = 1,2881 \text{ g/L} \times 1000 = \text{C(mg/L)}$$

$$[\text{NH}_4^+] = 1,2881 \text{ g/L} \times 1000 = 1288,1 \text{ mg/L}$$

$$[\text{NH}_4^+] = 1288,1 \text{ mg/L}$$

Preparación de la solución Estándar:

1288,1 mg/L x 1 ml = C estándar x 100 mL

$$C \text{ estándar} = \frac{1288,1 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 1 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = 12,881 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Tomas de 20 μL, 50 μL, 100 μL, 200 μL, 300 μL, 400 μL, 500 μL y 600 μL

Curva de calibración:

$$[\text{NH}_4^+]_1 = \frac{12,881 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 20 \mu\text{L}}{50000 \mu\text{L}}$$

$$[\text{NH}_4^+]_2 = \frac{12,881 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 50 \mu\text{L}}{50000 \mu\text{L}}$$

$$[\text{NH}_4^+]_3 = \frac{12,881 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 100 \mu\text{L}}{50000 \mu\text{L}}$$

$$[\text{NH}_4^+]_4 = \frac{12,881 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 200 \mu\text{L}}{50000 \mu\text{L}}$$

$$[\text{NH}_4^+]_5 = \frac{12,881 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 300 \mu\text{L}}{50000 \mu\text{L}}$$

$$[\text{NH}_4^+]_6 = \frac{12,881 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 400 \mu\text{L}}{50000 \mu\text{L}}$$

$$[\text{NH}_4^+]_7 = \frac{12,881 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 500 \mu\text{L}}{50000 \mu\text{L}}$$

$$[\text{NH}_4^+]_8 = \frac{12,881 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 600 \mu\text{L}}{50000 \mu\text{L}}$$

$$[\text{NH}_4^+]_1 = 0,005152 \text{ mg NH}_4\text{-N/L}$$

$$[\text{NH}_4^+]_2 = 0,012881 \text{ mg NH}_4\text{-N/L}$$

$$[\text{NH}_4^+]_3 = 0,025762 \text{ mg NH}_4\text{-N/L}$$

$$[\text{NH}_4^+]_4 = 0,051524 \text{ mg NH}_4\text{-N/L}$$

$$[\text{NH}_4^+]_5 = 0,077286 \text{ mg NH}_4\text{-N/L}$$

$$[\text{NH}_4^+]_6 = 0,103048 \text{ mg NH}_4\text{-N/L}$$

$$[\text{NH}_4^+]_7 = 0,128810 \text{ mg NH}_4\text{-N/L}$$

$$[\text{NH}_4^+]_8 = 0,154572 \text{ mg NH}_4\text{-N/L}$$

## Informe: Calidad del agua

$$\text{Amonio} \frac{\text{mg N}}{\text{L}} = \left( \frac{\text{abs} - b}{a} \right) \text{FDI}$$

abs: corresponde a la absorbancia obtenida

a: corresponde a la pendiente de la curva obtenida con los estándares

b: corresponde a la ordenada en el origen de la curva obtenida por los estándares

FDI= toma de muestra/volumen final

$$\text{Amonio} \frac{\text{mg N}}{\text{L}} = \left( \frac{0,60 - 0,0027}{0,9311} \right) \times \frac{10 \text{ mL}}{50 \text{ mL}} = 0,128299 \text{ mg NH}_4 - \text{N/L}$$

$$\delta \text{ Amonio} \frac{\text{mg N}}{\text{L}} = 1 \% (0,128299) = 0,00128299$$

$$\text{Amonio} \frac{\text{mg N}}{\text{L}} = (0,128 \pm 0,001) \text{ mg NH}_4 - \text{N/L}$$

### Sección III:

#### Ácido oxálico CH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>



Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

**Palabra de advertencia:** Peligro

**Pictogramas** GHS05, GHS07

**Indicaciones de peligro:**

H302+H312 Nocivo en caso de ingestión o en contacto con la piel

H318 Provoca lesiones oculares graves

#### **Consejos de prudencia - prevención**

P270 No comer, beber ni fumar durante su utilización.

P280 Llevar guantes/gafas de protección.

#### **Consejos de prudencia - respuesta**

P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P310 Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.

#### Permanganato de potasio KMnO<sub>4</sub>

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

**Palabra de advertencia:** Peligro

**Pictogramas** GHS03, GHS07, GHS08, GHS09



#### **Indicaciones de peligro**

- H272 Puede agravar un incendio; comburente
- H302 Nocivo en caso de ingestión
- H361d Se sospecha que daña al feto
- H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos

## Informe: Calidad del agua

### Consejos de prudencia - prevención

- P220 Mantener alejado de la ropa y otros materiales combustibles.
- P273 Evitar su liberación al medio ambiente.
- P280 Llevar guantes/gafas de protección.

### Ácido Sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 98 %

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

#### Frases H y P:



- H290 Puede ser corrosivo para los metales.
- H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
- P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

### Agua destilada.

H: No presenta.

P: No presenta.

### Fenol C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP).



#### Indicaciones de peligro:

- H301+H311+H331 Tóxico en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación.
- H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
- H341 Se sospecha que provoca defectos genéticos.
- H373 Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.
- H411 Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

#### Consejos de prudencia:

- P270 No comer, beber ni fumar durante su utilización.
- P280 Llevar guantes/gafas de protección.

**Nitroprusiato de sodio  $C_5FeN_6Na_2O \cdot 2 H_2O$**



**Indicaciones de peligro:**

- H301 Tóxico en caso de ingestión.

**Consejos de prudencia:**

- P270 No comer, beber ni fumar durante su utilización.
- P301+P310 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.
- P405 Guardar bajo llave.

**Hipoclorito de sodio NaClO**

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)



**Indicaciones de peligro:**

- H290 Puede ser corrosivo para los metales.
- H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
- H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

**Consejos de prudencia:**

- P273 Evitar su liberación al medio ambiente.
- P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.
- P301+P330+P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito.
- P303+P361+P353 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua [o ducharse].
- P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.
- P310 Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.

**Cloruro de amonio  $NH_4Cl$**



Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

**Palabra de advertencia:** Atención

**Pictogramas;** GHS07

Informe: Calidad del agua

### **Indicaciones de peligro**

- H302 Nocivo en caso de ingestión
- H319 Provoca irritación ocular grave

### **Consejos de prudencia - prevención**

- P270 No comer, beber ni fumar durante su utilización.

### **Consejos de prudencia - respuesta**

- P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

## **Fenolftaleína**

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

### **Frases H y P:**



- H341 Se sospecha que provoca defectos genéticos
- H350 Puede provocar cáncer
- H361f Se sospecha que perjudica a la fertilidad
- P201 Solicitar instrucciones especiales antes del uso.
- P261 Evitar respirar el polvo.
- P280 Llevar guantes/prendas de protección.

## **Heliantina**

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

### **Indicaciones de peligro:**

- H301 Tóxico en caso de ingestión.



### **Consejos de prudencia:**

- P270 No comer, beber ni fumar durante su utilización.
- P301+P310 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.

Sección III:

Imágenes:

Informe: Calidad del agua

Imagen 3: curva de calibración



Imagen 4: Curva de calibración



Informe: Calidad del agua

Imagen 5: Micropipetas automáticas

