



Determinación de algunos parámetros referidos a la calidad del agua del arroyo Pando y sus concentraciones de Clorofila-a

Alumnos: Nicole Blanc, Thomas Nieves y Alejandro González

Período de realización: 24/09/2020 - 19/11/2020
2° BG Química Industrial - UTU Pando

Abstract:

Este informe presenta los resultados de una serie de ensayos realizados con el fin de determinar algunos parámetros de la calidad del agua del arroyo Pando (Canelones, Uruguay) y específicamente su concentración de clorofila-a por el método espectrofotométrico de extracción con propanona. Para lograr estos propósitos, se tomó un período de tiempo, desde el día 24 de septiembre hasta el día 18 de noviembre del año 2020. Los resultados de los parámetros comunes analizados no permitieron destacar ninguna clase de calidad de agua, ya que los valores obtenidos varían de forma tal que en su mayoría abarcan todas las clases. De todas formas, no se llegó a analizar la totalidad de los parámetros específicos para poder determinar la calidad de agua. Se pudo conocer las concentraciones de clorofila-a obtenidas de tres puntos de muestreo diferentes (incluyendo el mismo del que se analizaron los parámetros anteriores) que clasifican el arroyo Pando como hipereutrófico, presentando valores entre los 1,7 mg/L, 13,5 mg/L y 43,7 mg/L.

Pregunta Investigable:

¿Qué sucede con algunos parámetros (pH, turbidez, temperatura, salinidad, sólidos totales, conductividad, alcalinidad, dióxígeno disuelto, oxidabilidad al permanganato, presencia de materia orgánica, cloruros, sulfatos, catión calcio y presencia de clorofilas en fitoplancton) de la calidad del agua del arroyo Pando, si se modifica la ubicación de toma de muestras (lugar 1: -34,702746, -55,945749; lugar 2: 73° W + 73° S; lugar 3: 34°43'12.4" S, 55°56'48.9" W), de la misma (24 de octubre - 19 de noviembre, 2020)?

Hipótesis:

El equipo espera que los parámetros de la calidad del agua presenten notables diferencias en los variados puntos de toma de muestras, ya que las tres ubicaciones se ven influenciadas por diferentes entornos, condiciones, ambientes, etc. (por ejemplo, que en algunos el agua se encuentra más estancada, o lo contrario, con más corriente).

Además se espera que la clorofila-a del fitoplancton proveniente del agua también varíe, teniendo en cuenta que al tomar las muestras en diferentes lugares sus aspectos inducían posibles resultados, al ver que en unos de los lugares había más algas, en otro más musgo superficial y en otro el agua estaba más clara.

Objetivos:

- Analizar una serie de parámetros, como son el pH, turbidez, temperatura, salinidad, sólidos totales disueltos, conductividad, alcalinidad, dióxígeno disuelto, oxidabilidad al permanganato, sólidos totales, sólidos totales fijos, sólidos totales volátiles, reconocimiento de materia orgánica, de cloruros, de sulfatos y de catión calcio; en muestras de agua del arroyo Pando.

- Determinar la clorofila, encontrada en fitoplancton de las muestras de agua del arroyo.

Marco teórico:

¿Que significa “Calidad del agua”?

La calidad del agua de un recurso hídrico es el conjunto de sus características físicas, químicas y composición y estado de los organismos que habitan en él (Chapman, 1996). Sin embargo, en general se define de acuerdo a su uso potencial comparando estas características con valores estándares que se consideran requisitos para asegurar su uso correcto (De León, 2011).

Los sistemas acuáticos presentan diversos servicios ecosistémicos, destacándose el abastecimiento de agua potable, riego, consumo animal, recreación y purificación de las aguas. La mala gestión de los sistemas hídricos puede afectar la calidad del agua, generar procesos de eutrofización (aumento de fósforo y nitrógeno que son los nutrientes limitantes de producción primaria), desequilibrios tróficos, inundación, erosión e impactos sobre aguas subterráneas, entre otros (Molden, 2007). Por tanto, la calidad de agua es un componente fundamental de la calidad ambiental incidiendo en sus distintas dimensiones, biofísica, social y económica.

En Uruguay el Decreto Reglamentario 253/79 (Ley 14.859, Uruguay) establece valores límites para determinados parámetros y representa la referencia de calidad del agua a nivel nacional. 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 la 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 asociado 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).

Integridad biótica de un sistema acuático

Otras definiciones de calidad de agua contemplan aspectos distintos a los usos antrópicos del sistema y se basan en la integridad biótica del sistema. Karr (1991) define este concepto como *la capacidad de soportar y mantener una comunidad adaptada, integrada y balanceada, con una composición, diversidad y organización funcional comparable con el hábitat natural de la región*. Es decir, se determina la calidad de un ecosistema acuático por comparación del estado de su comunidad de organismos con respecto a la de ecosistemas con baja o sin modificación por actividades humanas.

Un ecosistema acuático presenta una integridad biótica, por ejemplo, de su comunidad de peces si conserva las mismas especies que habitan un ecosistema local no alterado, con una abundancia de individuos semejante y que se alimentan y reproducen de la misma manera que en ese ecosistema no alterado. Es importante marcar que este concepto de calidad no siempre coincide con el concepto de calidad de agua basado en los usos antrópicos. No necesariamente aguas de excelente calidad desde el punto de vista de sus posibles usos implican que el hábitat acuático permanezca conservado, de hecho, por sistemas canalizados fuertemente modificados pueden correr aguas destinadas al abastecimiento de agua potable a la población (Pérez *et al.*, 2007). En segundo término, los valores de calidad de agua estándares establecidos según los que se define el uso del agua, no siempre se basan en investigaciones realizadas en hábitats naturales de la región, sino que utilizan valores de referencia determinados en investigaciones en otras regiones del mundo.

¿Qué significa “contaminación acuática”?

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 un monitoreo de calidad de 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 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 control.

¿Por qué es importante monitorear la calidad del agua?

El monitoreo de calidad de agua genera información sobre diferentes variables físicas, químicas y biológicas de un determinado sistema acuático. Los programas de monitoreo recolectan una gran cantidad de datos comparables a través del espacio y tiempo. Por tanto, permiten tener un registro de variables útiles para inferir sobre la calidad del agua y evaluar si está siendo afectada por el uso y/o manejo que se está realizando, tanto en su cuenca como en el mismo sistema, así como establecer recomendaciones de gestión encaminadas a mejorar el bienestar de la salud pública y proteger el ecosistema (Arocena, Chapman, 1996).

Algunos objetivos que permiten abordar los monitoreos de calidad de agua son:

- Caracterizar la calidad del agua e identificar los cambios o tendencias en el tiempo.
- Identificar los problemas de calidad del agua específicos existentes o emergentes.
- Reunir información para diseñar programas específicos de prevención o remediación de la contaminación.
- Determinar si las metas de un programa de reducción de la contaminación (como el cumplimiento de los reglamentos o la implementación de acciones efectivas de control de la contaminación) se están cumpliendo o están siendo efectivas.
- Responder a situaciones de emergencia, tales como derrames e inundaciones.

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 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.

Toma de muestras de agua para analizar

Lo más importante es tratar que la muestra de agua sea homogénea y representativa, y por sobre todo que en la extracción no se modifiquen las propiedades del agua a analizar.

Envase de la muestra:

Preferentemente se debe tomar la muestra en un envase de vidrio; puede usarse envase de plástico. Es necesario que el envase se encuentre perfectamente limpio (para esto debe lavarse con jabón o detergente, enjuagar varias veces con agua potable y por último enjuagar con el agua a analizar), y que su tapa o cierre no permita la salida del líquido, ni tampoco la entrada de elementos contaminantes (Instructivo de toma de muestras, s.f.).

Cómo se procede:

Cuando la muestra procede de ríos, arroyos, lagos, estanques, etc., se tratarán de efectuar las tomas lejos de las costas y a mediana profundidad, evitando hacerlo en sitios afectados por aportes accidentales de otros cursos y descargas de líquidos industriales, pluviales o cloacales. Siempre se destapará el recipiente y rápidamente será sumergido a una profundidad de 20 cm, tomándolo del cuello. Si hay corriente, la boca del recipiente se orientará en sentido contrario a ella. Si no hay corriente, se moverá el recipiente en semicírculo. Una vez lleno, se levantará rápidamente y se tatará de inmediato (Instructivo de toma de muestras, s.f.).

Identificación de las muestras:

La muestra recogida se identificará debidamente; de preferencia fijando una etiqueta rotulada al recipiente. La identificación deberá incluir: nombre del muestreador, remitente, fecha de la toma, lugar de procedencia, tipo de análisis requerido (aptitud para riego, consumo animal), fuente de provisión (si es de origen superficial indicar río, arroyo, laguna, estanque o lo que corresponda). Si es de origen subterráneo indicar pozo surgente, semisurgente, de balde, etc., profundidad de la napa, distancia y orientación de los pozos negros más próximo y todo otro dato que se considere de interés (Instructivo de toma de muestras, s.f.).

Transporte:

El envío debe ser en forma refrigerada o a temperatura no muy alta, ya que hay varios parámetros (nitratos, nitritos, amoníaco, etc.) que pueden modificarse por efecto del calor debido a la proliferación microbiana. La muestra debe ser enviada al laboratorio inmediatamente después de la toma, en caso contrario debe mantenerse refrigerada. Cuanto menor sea el tiempo transcurrido desde la toma hasta el envío al laboratorio, más exactos serán los resultados obtenidos (Instructivo de toma de muestras, s.f.).

pH en agua:

Imágenes en anexo-5

La calidad del agua y el pH son a menudo mencionados en la misma frase. El pH es un factor muy importante, porque determinados procesos químicos solamente pueden tener lugar a un determinado pH.

El pH es un indicador de la acidez de una solución. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H^+) en una solución.

La acidez es una de las propiedades más importantes del agua. El agua disuelve casi todos los iones. El pH sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua (Tower, 1998).

Se continua en Anexo-1

Relación con el sistema acuático

Muchas reacciones químicas dentro de los organismos acuáticos son necesarias para la supervivencia y crecimiento. Los organismos requieren un margen estrecho de valores de pH.

Los cambios en el pH pueden aumentar la concentración de otras sustancias en el agua modificando el nivel toxicidad, por ejemplo, si aumenta el pH del agua puede causar la conversión del amoníaco no tóxico a la forma de amoníaco tóxico (amoníaco sin ionizar). Otro caso, disminuir el pH puede provocar un aumento en la cantidad de mercurio soluble en el agua natural (Folleto informativo, 2017).

Métodos de determinación del pH

Existen varios métodos diferentes para medir el pH. Uno de estos es usando un trozo de papel indicador del pH. Cuando se introduce el papel en una solución, cambiará de color. Cada color diferente indica un valor de pH diferente. Este método no es muy preciso y no es apropiado para determinar valores de pH exactos. Es por eso que ahora hay tiras de test disponibles, que son capaces de determinar valores más pequeños de pH, tales como 3,5 o 8,5. El método más preciso para determinar el pH es midiendo un cambio de color en un experimento químico de laboratorio. Con este método se pueden determinar valores de pH, tales como 5,07 y 2,03.

Otro método preciso es el uso de un pH-metro, un aparato que se introduce en la solución a medir y en cuestión de minutos indica el valor de pH (se calibra antes de utilizarlo). Ninguno de estos métodos es apropiado para determinar los cambios de pH con el tiempo (Tower, 1998).

Turbidez del agua: *Imágenes en anexo-5*

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión (Tower, 1998). Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá esta y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua.

¿Cuáles son las causas de la turbidez?

Hay varios parámetros que influyen en la turbidez del agua. Algunos de estos son:

- Fitoplancton.
- Sedimentos procedentes de la erosión.
- Sedimentos resuspendidos del fondo (frecuentemente revueltos por peces que se alimentan por el fondo, como la carpa).
- Descarga de efluentes.
- Crecimiento de las algas.
- Escorrentía urbana.

¿Cuál es la máxima turbidez permitida en el agua para consumo humano?

Según la OMS (Organización Mundial para la Salud), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar, en ningún caso, las 5 NTU, y estará idealmente por debajo de 1 NTU (Tower, 1998).

¿Cuáles son las consecuencias de una alta turbidez?

Las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan con mayores temperaturas, y así reduciendo la concentración de dióxígeno en el agua (el dióxígeno se disuelve

mejor en el agua a menor temperatura). Además algunos organismos no pueden sobrevivir en agua a mayor temperatura.

Las partículas en suspensión dispersan la luz, de esta forma decreciendo la actividad fotosintética en plantas y algas, se contribuye a bajar la concentración de dióxígeno más aún (Tower, 1998).

Como consecuencia de la sedimentación de las partículas en el fondo, los lagos poco profundos se colmatan más rápido, los huevos de peces y las larvas de los insectos son cubiertas y sofocadas, las agallas se tapan, etc. (Tower, 1998)

¿Cuáles son los impactos de la turbidez?

El principal impacto es meramente estético: a nadie le gusta el aspecto del agua sucia. Pero además, es esencial eliminar la turbidez para desinfectar efectivamente el agua que desea ser bebida. Esto añade costos extra para el tratamiento de las aguas superficiales. Las partículas suspendidas también ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas (Tower, 1998).

¿Cómo medimos la turbidez?

La turbidez se mide en NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez. El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

La unidad usada en tiempos antiguos era las JTU (Unidades de Turbidez de Jackson), medidas con el turbidímetro de vela de Jackson. Esta unidad ya no está en uso estándar.



En lagos la turbidez se mide con un disco Secchi. Imagen N°1: Disco de Secchi

Esto es un disco blanco y negro que se deja caer en el agua atado a una cuerda.

Se anota la profundidad que el disco alcanza hasta que se pierde de vista.

Esto proporciona una estimación del nivel de turbidez en el lago (Tower, 1998).

Conductividad del agua:

La conductividad es la medida de la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica. Esta medida está relacionada con la concentración de iones en el agua, sus concentraciones, movilidad y valencia, así como la temperatura en la que se encuentra el medio líquido (American Public Health Association, 2017).

Los iones provienen de sales disueltas y materia inorgánica (alcalinos, carbonatos, cloruros y sulfuros). Entonces, los compuestos disueltos en el agua se transforman en iones a los que también se pueden referir como electrolitos. Mientras mayor sea la concentración de electrolitos en el agua, mayor será su conductividad (o conductividad electrolítica) (Fondries Environmental Inc, 2014).

¿Por qué es importante la conductividad del agua?

La conductividad del agua funciona como uno de los parámetros más comunes para determinar la calidad del agua. Al ser un método accesible, fácil y útil, la conductividad del agua es una medida usada en plantas industriales, plantas de tratamiento, y también puede ser para uso doméstico. Con el fin de tener un monitoreo de la calidad del agua, se mide la conductividad en tuberías, canales, corrientes, lagos, etc. En la industria, se mide la conductividad en varios puntos por donde fluye el agua, para llevar un control sobre el agua utilizada en procesos, servicios o residuales (Piscataway, 1980).

¿Cuáles son los niveles de conductividad del agua?

Depende de las zonas donde se encuentre y fluya el agua, son los niveles de conductividad electrolítica que pudiesen reportarse. A continuación se muestra una tabla de State Water Resources Control Board donde muestra algunos ejemplos de conductividad en el agua.

Tabla N°1: Valores de conductividad frente a diferentes tipos de agua (Piscataway, 1980).

Tipo de agua	Conductividad ($\mu\text{S} / \text{cm}$)
Agua destilada	0,5 - 3,0
Nieve derretida	2 - 42
Agua potable de U.S.	30 - 1500
Agua de suministro de riego	<750

Más información en Anexo-1

Salinidad

La salinidad es una medida de la cantidad de sales disueltas en agua. La salinidad y la conductividad están relacionadas porque la cantidad de iones disueltos aumentan los valores de ambas. Las sales en el mar son principalmente de cloruro de sodio (NaCl). Sin embargo, otras aguas salinas, tienen una salinidad elevada debido a una combinación de iones disueltos como sodio, cloruro, carbonato y sulfato (aguapuraysana, 2018). Las sales disueltas en agua se disocian en iones cargados positivamente y negativamente.

Origen de la salinidad

El origen de la salinidad puede darse por dos vías:

- De forma natural, ya sea por la cercanía y la altura sobre el nivel del mar, la geología del terreno o la climatología.
- De manera antropogénica, generada por vertidos domésticos e industriales, las actividades mineras y los residuos ganaderos y agrícolas (Piedra y Cepero, 2013).

Un exceso de sal en ríos o arroyos, por la actividad humana es un factor que condiciona la supervivencia de organismos, comunidades, biodiversidad y el equilibrio ecológico de todo un ecosistema y además, genera también efectos de carácter económico y problemas de salud pública (Cañedo-Argüelles y Prat, 2013).

Clasificación del agua según la salinidad

Las aguas se pueden clasificarse de acuerdo con su contenido total de sales, según se indica en la tabla 2.

Tabla N°2: Valores de salinidad frente a diferentes tipos de agua (Donatien, 2009).

Tipo de Agua	Salinidad (mg/L)
Agua dulce	0-0,5
Agua salobre oligohalina	0,5-3
Agua salobre mesohalina	3-10
Agua salobre polihalina	10-17
Agua de mar oligohalina	17-30
Agua de mar mesohalina	30-34
Agua de mar polihalina	34-38
Salmuera	38-150
Hipersalina	>150

Sólidos totales disueltos en agua

TDS son las siglas en inglés de *total dissolved solids* que significa sólidos totales disueltos, y representa la concentración total de sustancias disueltas en el agua. TDS se compone de sales inorgánicas, así como una pequeña cantidad de materia orgánica. Las sales inorgánicas comunes que se pueden encontrar en el agua incluyen calcio, magnesio, potasio y sodio, que son todos cationes, y carbonatos, nitratos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos, que son todos aniones. Los cationes son iones cargados positivamente y los aniones son iones cargados negativamente (Aguapuraysana, 2009)

¿De dónde proceden los sólidos totales disueltos en el agua?

Estos minerales pueden originarse a partir de varias fuentes, tanto naturales como resultado de actividades humanas. Los manantiales minerales contienen agua con altos niveles de sólidos disueltos, porque el agua ha fluído a través de una región donde las rocas tienen un alto contenido de sal, calcio o magnesio. Estos minerales también pueden provenir de actividades humanas. La escorrentía agrícola y urbana puede transportar el exceso de minerales a las fuentes de agua, al igual que las descargas de aguas residuales, las aguas residuales industriales y la sal que se utiliza para deshielo de las carreteras (Aguapuraysana, 2009).

¿Qué le sucede al agua cuando el nivel de TDS es alto?

Una alta concentración de TDS es un indicador de que contaminantes dañinos, como hierro, manganeso, sulfato, bromuros y arsénico, también pueden estar presentes en el agua. A nivel técnico no se considera que pueda ser peligroso para la salud aunque nos puede dar una indicación para analizar el agua y comprobar si alguna de esas sustancias si pudiera ser peligrosa (Aguapuraysana, 2009). Un TDS elevado indica lo siguiente:

- 1) La concentración de los iones disueltos puede hacer que el agua tenga un sabor corrosivo, salado o salobre, provoque la formación de sarro e interfiera y disminuya la eficiencia de los calentadores de agua, lavadoras, lavavajillas y tuberías; y
- 2) Muchos contienen niveles elevados de iones que están por encima de los estándares de agua potable primaria o secundaria, como niveles elevados de nitrato, arsénico, aluminio, cobre, plomo, etc.

Unidades de medida de los TDS:

Los sólidos disueltos totales (TDS) se miden en miligramos por unidad de volumen de agua y también se mencionan como partes por millón (ppm) (Aguapuraysana, 2009).

Temperatura: *Imágenes en anexo-5*

Los animales y las plantas acuáticas son sensibles a los cambios de temperatura del agua y requieren que esta se mantenga dentro de un intervalo determinado para poder sobrevivir y reproducirse. Si la temperatura del agua permanece fuera de este intervalo durante mucho tiempo, los organismos quedarán expuestos a condiciones inadecuadas.

La temperatura afecta a la cantidad de dióxígeno que puede transportar el agua. El agua a menor temperatura transporta más dióxígeno y todos los animales acuáticos necesitan este para sobrevivir. También influye en la fotosíntesis de plantas y algas, y la sensibilidad de los organismos frente a los residuos tóxicos.

El aumento de la temperatura en nuestros ríos se puede deber a vertidos de agua caliente de plantas industriales, especialmente de agua de refrigeración. También se puede deber a la escasez de árboles en la orilla del río, provocando que no haya mucha sombra, o a aguas de escorrentía urbanas.

Alcalinidad.

Es la capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar cationes hidrógeno (Fleyccorp, 2015). Esta representa la suma de las bases que pueden ser tituladas en una muestra de agua. Dado que la alcalinidad de

aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, hidrógenocarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies iónicas. No obstante, algunas sales de ácidos débiles como boratos, silicatos, nitratos y fosfatos pueden también contribuir a la alcalinidad de estar también presentes. La alcalinidad, no sólo representa el principal sistema amortiguador del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva para la fotosíntesis. Históricamente, la alcalinidad ha sido utilizada como un indicador de la productividad de lagos, donde niveles de alcalinidad altos indicarían una productividad alta y viceversa.

Formas de expresarla:

La alcalinidad se expresa como alcalinidad de fenolftaleína o alcalinidad total. Ambas formas se determinan por titulación con ácido sulfúrico (Fleyccorp, 2015).

- La alcalinidad a la fenolftaleína es la correspondiente a los iones hidróxido más la mitad de la concentración de los iones carbonatos.
- La alcalinidad total es la atribuible a los iones hidróxido, carbonatos e hidrógenocarbonatos.

Método para 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).

Dioxígeno disuelto en agua

Imágenes en anexo-5

El dioxígeno disuelto ha sido uno de los constituyentes no-conservativos (su concentración es variable) más estudiados en ecosistemas acuáticos (Packard, 1969). Este es un requisito nutricional esencial para la mayoría de los organismos vivos, dada su dependencia del proceso de respiración aeróbica para la generación de energía y para la movilización del carbono en la célula.

Además, el dioxígeno disuelto es importante en los procesos de: fotosíntesis, oxidación-reducción, solubilidad de minerales y la descomposición de materia orgánica. La distribución del dioxígeno en cuerpos de agua naturales está determinada por el intercambio gaseoso a través de la superficie del agua, la producción fotosintética, el consumo respiratorio y por procesos físicos de advección (movimiento horizontal del aire causado principalmente por variaciones de la presión atmosférica cerca de la superficie) y difusión.

Fuentes de dioxígeno en ambientes acuáticos:

La entrada de dioxígeno al agua envuelve dos procesos, la entrada de dioxígeno atmosférico y la generación de dioxígeno dentro del cuerpo de agua por la actividad de organismos fotosintéticos (Lynch y Poole, 1979).

Para el primer proceso es necesario un gradiente apropiado basado en las diferencias entre las presiones parciales de dioxígeno en la atmósfera y en el agua. La dirección y velocidad de transferencia del dioxígeno al agua dependen de tres factores:

- I. la magnitud del gradiente de concentración.

- II. el grosor de la película superficial [la razón de difusión molecular de dióxígeno a 24 °C es de sólo $2,3 \times 10^{-5}$ cm/segundos, requiriéndose años para que trazas de dióxígeno logren penetrar 5 metros a través de la superficie].
- III. la turbulencia [ej. en áreas de cascadas y represas la alta presión de la corriente de agua lleva a solución los gases atmosféricos].

El aporte de dióxígeno al agua a través del proceso de fotosíntesis constituye la otra fuente primaria de dióxígeno en el agua. La mayor parte del dióxígeno lacustre (referente a los lagos) y de otros cuerpos lóticos proviene de la actividad fotosintética. El dióxígeno derivado del proceso de fotosíntesis se produce como resultado de la fotólisis del agua. (Lynch y Poole, 1979)



Clasificación de la calidad del agua según la saturación de oxígeno:

La concentración de dióxígeno disuelto se puede expresar también en términos del por ciento de saturación de dióxígeno en agua. A menudo este parámetro es utilizado para describir cualitativamente la calidad de cuerpos de agua, siempre y cuando no estén presentes compuestos tóxicos, tales como metales pesados y pesticidas.

Tabla N° 3: Porcentajes de dióxígeno en las diferentes calidades de agua (Lynch y Poole, 1979).

Calidad	% Saturación de dióxígeno (a la temperatura y salinidad prevalecientes en el ambiente)
Buena	90
Regular	89 - 75
Dudosa	74 - 50
Contaminada	< 50

Materia orgánica

La materia orgánica en el agua está compuesta por miles de componentes: partículas macroscópicas, coloides o macromoléculas disueltas. Caracterizar la materia orgánica disuelta en el agua para abastecimiento humano es esencial para establecer sus condiciones físicas y los índices de contaminación del agua (Spence, 2011).

La materia orgánica disuelta (MOD) es una compleja mezcla heterogénea de macro-moléculas, cuyos principales componentes en las aguas dulces son sustancias húmicas, glúcidos y aminoácidos (Baker y Spencer 2004). La MOD en las aguas naturales puede ser originada por la descomposición del material biológico procedente de animales, plantas y microorganismos (Spence, 2011).

Determinación de la materia orgánica: *Imágenes en anexo-5*

La cantidad de materias orgánicas putrescibles se puede determinar por dos procedimientos principalmente:

1. Demanda química de oxígeno, DQO. es la cantidad de dióxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en un agua sin intervención de los organismos vivos.

2. Demanda bioquímica de oxígeno, DBO. determinación del contenido de materia orgánica, biodegradable o no, tiene gran valor en la vigilancia de las aguas y para conocer la eficacia de los diferentes tratamientos aplicados en la depuración de las mismas.

La primera se realiza por vía química y la segunda por intermedio de los microorganismos. Las dos oxidan la materia orgánica fijando el dioxígeno (Spence, 2011)

Métodos analíticos:

Todos los métodos analíticos para conocer el contenido aproximado de materias orgánicas se basan en la utilización de fuertes oxidantes químicos en presencia de catalizadores. Los métodos usuales son el método de dicromato al reflujo y el método del permanganato.

Se desarrollan en Anexo-1

El ión cloruro (Cl⁻)

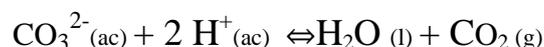
Es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual. El contenido de cloruros de las aguas naturales son variables y depende principalmente de la naturaleza de los terrenos atravesados, en cualquier caso, esta cantidad siempre es menor que la que se encuentra en las aguas residuales (Torres, 2010).

El aumento de cloruros en una muestra de agua puede tener orígenes diversos. Si se trata de una zona costera puede deberse a infiltraciones de agua del mar, en el caso de una zona árida este aumento se debe al lavado de los suelos producido por fuertes lluvias y en otros casos puede deberse a la contaminación del agua por aguas residuales, etc. (Torres, 2010).

Reconocimiento de iones Cloruro:

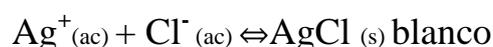
Para reconocer cloruros en solución acuosa se usa como reactivo al nitrato de plata en medio nítrico.

Los cloruros reaccionan con los iones de 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 (Britos, Moreno y Otte, 2016).

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).



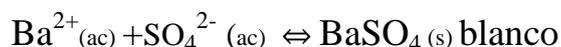
Sulfatos (SO₄²⁻)

Al igual que los cloruros, el contenido en sulfatos de las aguas naturales es muy variable y puede ir desde muy pocos miligramos por litro hasta cientos de miligramos por litros. Los sulfatos pueden tener su origen en que las aguas atraviesen terrenos ricos en yesos o a la contaminación con aguas residuales industriales.

Reconocimiento de sulfatos en agua:

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 (Ba²⁺) podría precipitar con iones carbonato (formando BaCO₃ 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).



Catión Calcio (Ca²⁺)

La presencia de calcio en las aguas naturales tiene su origen en la lixiviación de los terrenos calizos que atraviesa. El calcio, junto con el magnesio, son elementos de la dureza del agua. El calcio se encuentra en las aguas en cantidades mucho mayores que el magnesio siendo, salvo muy raras excepciones, el catión más abundante. A las aguas pasa, o bien por simple disolución cuando tiene su origen en los yesos o los silicatos, o bien por ataque de las calizas o dolomías, por la acción del dióxido de carbono (Ambientum, 2020).

El contenido de calcio en las aguas puede variar desde muy pocos miligramos por litros a varios cientos de mg/L; puede presentarse en formas de bicarbonatos, sulfatos y cloruros. Aunque se ha discutido la influencia del calcio sobre la salud, no hay pruebas que acrediten efectos nocivos (Ambientum, 2020).

Reconocimiento de catión Calcio:

El calcio (Ca²⁺) precipita con la presencia de iones oxalato (C₂O₄²⁻) formando un precipitado blanco insoluble (Britos, Moreno y Otte, 2016).

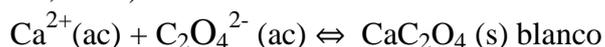
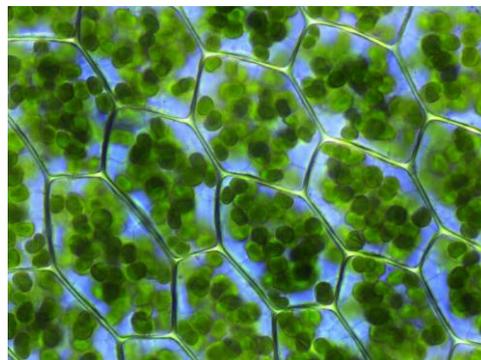


Imagen N°2: ilustración de la clorofila.

Clorofila

Imágenes en anexo-5

Las clorofilas son una familia de pigmentos de color verde que se encuentran en las cianobacterias y en todos aquellos organismos que contienen cloroplastos o membranas tilocoidales en sus células, lo que incluye a las plantas y a las diversas algas. La clorofila es una biomolécula extremadamente importante, crítica en la fotosíntesis (proceso que permite a las plantas y algas producir energía a partir de la luz solar), (Online Etymology Dictionary, 2020).



Localización en las células

Las clorofilas se encuentran en las membranas de los tilacoides, que en las cianobacterias son invaginaciones de la membrana plasmática, y en los plastos de las células eucarióticas son vesículas distribuidas por su interior. Las clorofilas aparecen insertas en la membrana, a las que se anclan por la

cadena lateral constituida por un resto de fitol, asociadas a proteínas y otros pigmentos, con los que forman los fotosistemas (Online Etymology Dictionary, 2020).

Cada fotosistema contiene alrededor de 200 moléculas de clorofila, además de pigmentos auxiliares, con los que constituye la llamada antena. La antena está formada por conjuntos ordenados de moléculas de clorofila, otros pigmentos y proteínas, que se llaman complejos colectores de la luz. Solo una molécula de clorofila-a en cada fotosistema convierte propiamente la energía radiante (luz) en energía química, cuando recibe un fotón con energía suficiente desde las moléculas de la antena, que se la van pasando (Online Etymology Dictionary, 2020).

Ecología

La clorofila puede detectarse fácilmente gracias a su comportamiento frente a la luz. Medir ópticamente la concentración de clorofila en una muestra de agua da poco trabajo y permite una estimación suficiente de la concentración de fitoplancton (algas microscópicas) e, indirectamente, de la actividad biológica; de esta manera la medición de clorofila es un instrumento importante de vigilancia de los procesos de eutrofización.

La presencia de clorofila es también medida por sistemas de teledetección, que informan sobre la distribución de la producción primaria, incluidas las oscilaciones estacionales y las fluctuaciones interanuales. De esta forma, la medición de la clorofila ayuda a la investigación del cambio climático y ecológico a escala global (Online Etymology Dictionary, 2020).

Medición del contenido de clorofila

La medición de absorción de luz es compleja debido al solvente usado para extraer la clorofila de la planta, pues afecta los valores obtenidos.

- En éter etílico, la clorofila-a tiene una absorbancia máxima aproximadamente entre los 430 nm y 662 nm, mientras la clorofila-b tiene una absorbancia máxima entre los 453 nm y 642 nm (Gross y Jeana, 1991).
- El valor máximo de absorción de la clorofila-a es entre los 465 nm y 665 nm. La clorofila-a fluoresce a 673 nm (máximo) y 726 nm. El valor máximo de absorción de la clorofila-a excede los $10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, que se encuentra entre los más altos para compuestos orgánicos de molécula pequeña (Biochimica et Biophysica Acta, 2017).
- En una concentración de 90 % de propanona-agua, la longitud de onda del máximo de absorción de la clorofila-a son 430 nm y 664 nm; los máximos de la clorofila-b son 460 nm y 647 nm; los máximos de la clorofila-c1 son 442 nm y 630 nm; los máximos para la clorofila-c2 son 444 nm y 630 nm; los máximos para la clorofila-d son 401 nm, 455 nm y 696 nm (Kluwer. 2003).

Midiendo la absorción de la luz en las regiones del rojo y rojo lejano, es posible estimar la concentración de clorofila que contiene una hoja.

Se continúa en Anexo-1

Plan de Muestreo:

Plan de muestreo	Fecha: 24 de setiembre, 2020 Lugar: Arroyo Pando (Lugar 1) Código: E707
Objetivos	Analizar una serie de parámetros, como son el pH, turbidez, temperatura, salinidad, sólidos totales disueltos, conductividad, alcalinidad, dióxígeno disuelto, oxidabilidad al permanganato, reconocimiento de materia orgánica, de cloruros, de sulfatos y de catión calcio; en muestras de agua del arroyo Pando.
Naturaleza de la muestra	Agua procedente de un arroyo, tomada sin ningún tratamiento previo.
Identificación de los puntos de muestreo	 Total de muestras: 3 / Superficiales: 2 de 600 mL / Profundidad: 1 de 600 mL.
Método de muestreo	Basado en las normas de Dinama y Facultad de Química.
Identificación de la muestra	La etiqueta incluye fecha, hora, nombre de los técnicos, temperatura, lugar de muestreo, identificación de la muestra y número de código.
Equipo de conservación de la muestra	Conservadores, refrigerada con gel y con hielo.
Conservación de la muestra	En heladera, aproximadamente a 5 °C hasta realizar el análisis.
Transporte de la muestra	En botellas de plástico de 600 mL y 1000 mL a bajas temperaturas.

Lugar de toma de muestras:

Las muestras fueron tomadas el día 24 de septiembre (año 2020) del arroyo Pando, en la localidad de Pando, Canelones. Aquellas utilizadas para analizar los parámetros básicos (como son: pH, turbidez, temperatura, salinidad, sólidos totales disueltos, conductividad, alcalinidad, dióxígeno disuelto, oxidabilidad al permanganato, reconocimiento de materia orgánica, sólidos totales, sólidos totales volátiles, sólidos totales fijos, reconocimiento de cloruros, de sulfatos y de catión calcio) se tomaron en el Parque Nacional Gral. Artigas (por donde pasa el arroyo) en las coordenadas geográficas -34.702746, -55.945741. A este lugar le llamaremos muestra o lugar de toma 1.

A la hora de realizar el estudio de la clorofila, se analizaron 3 muestras diferentes para poder comparar resultados y ver que tanto afecta la ubicación, permaneciendo dentro de la misma localidad y tomando del

mismo arroyo. Las muestras se tomaron el día 5 de noviembre aproximadamente a las 11:20 am, y el análisis se realizó el mismo día.

Una de las muestras fue procedente de la ubicación ya mencionada, otra de coordenadas $34^{\circ}43'12.4''S$ $55^{\circ}56'48.9''W$, a la que se identificará como muestra 2. Y la tercera de coordenadas $73W5+73$, la que llamaremos muestra 3.



Imagen N° 3: Lugar de toma de muestras 1.



Imagen N° 4: Lugar de toma de muestras 1.



Imagen N° 5: Lugar de toma de muestras 2.



Imagen N° 6: Lugar de toma de muestras 2.

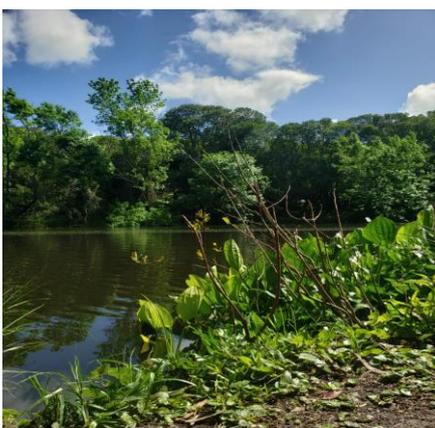


Imagen N° 7: Lugar de toma de muestras 3.



Imagen N° 8: Lugar de toma de muestras 3.

Materiales, sustancias y procedimiento:

Análisis de turbidez:

Materiales	Soluciones
Un disco Secchi (para construirlo necesitarás un disco de plástico blanco, un marcador permanente negro para pintar el disco, un pitón cerrado, una cinta o cuerda y una cinta métrica).	Muestra de agua.

Procedimiento:

1. Se sumergió en el agua el disco Secchi manteniendo la cuerda siempre tensa. Se bajó hasta que ya no se veía.
2. Se registró en la hoja de datos la longitud de la cuerda que fue necesario sumergir para dejar de verlo. Si se seguía viendo el disco luego de sumergir toda la cuerda o de haber llegado al fondo, se debía escribir la palabra indetectable en la hoja de datos. Esto significaba que el agua está tan clara que el disco que se construyó no fue capaz de medir o detectar la turbidez.

Medición de la temperatura:

Materiales	Soluciones
Termómetro de laboratorio.	Muestra de agua.

Procedimiento:

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

Conductividad:

Materiales	Soluciones
Conductímetro.	Muestra de agua.
Vaso de Bohemia.	

Procedimiento:

1. Se quitó la cubierta protectora del electrodo del conductímetro.
2. Se encendió el conductímetro y se sumergió el electrodo en el agua.
3. Cuando la medida se había estabilizado, se presionó el botón HOLD. Se podía convertir 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.

Medición del pH:

Materiales	Soluciones
Tirillas para medir pH.	Muestra de agua.
Escala de pH.	

Procedimiento:

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

Determinación de dioxígeno disuelto:

Materiales	Sustancia
Frasco de plástico de 100 mL con tapa.	Soluciones 1, 2, 3 y 4.
Bandeja de telgopor.	Ácido sulfúrico concentrado.
Pipetas Pasteur.	Muestra de agua.
Matraz Erlenmeyer.	
Probeta de 50 mL.	
Bureta de 10,00 mL y soporte.	
Vaso de bohemia de 50 mL.	

Procedimiento:

Preparación de soluciones

- **Solución 1:**

En un vaso de Bohemia, se agregaron 50 mL de agua destilada y 1 mL de ácido sulfúrico concentrado. Se vertió la mezcla en el frasco etiquetado como “Solución 1” que contenía 16,25 g de sulfato de manganeso pentahidratado ($\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Se agitó bien hasta que el sólido se había disuelto completamente (durante este proceso la mezcla se calentó). El ácido sulfúrico es un ácido fuerte por lo que debió ser manipulado con cuidado usando lentes de seguridad y guantes

- **Solución 2:**

Se agregaron 50 mL de agua destilada al frasco etiquetado como “Solución 2” que contenía 6,75 g de yoduro de potasio (KI) y 25,0 g de hidróxido de sodio (NaOH). Se agitó bien hasta que los sólidos se disolvieron completamente (durante este proceso la mezcla aumentaba su temperatura). El hidróxido de sodio es una sustancia muy corrosiva, tuvo que ser manejada con mucho cuidado usando guantes y lentes de seguridad.

- **Solución 3:**

Solución al 1 % de almidón soluble.

- **Solución 4:**

Se prepararon 500,00 mL de una solución de concentración exacta denominada “Solución 4” que contenía 1,24 g tiosulfato de sodio pentahidratado ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

Determinación de dioxígeno en la muestra:

1. Se llenó completamente el frasco de 100 mL con la muestra de agua y se tapó sin dejar burbujas de aire. Se colocó el frasco sobre la bandeja de telgopor antes de realizar los siguientes agregados.
2. Se agregó 1 mL de solución 1 con pipeta Pasteur por debajo de la superficie del líquido (sumergiendo la pipeta hasta el fondo). Se vio que parte del agua que estaba en el frasco se derramó sobre la bandeja.
3. Se agregó, de la misma manera, 1 mL de solución 2. Se comenzó a observar la formación de un precipitado de color marrón.
4. Se tapó el frasco sin dejar burbujas de aire (se volcó una pequeña cantidad del contenido del frasco sobre la bandeja). Se mezcló vigorosamente durante 20 segundos.
5. Se dejó sedimentar el precipitado durante 5 minutos y se volvió a mezclar vigorosamente. Se dejó sedimentar el precipitado nuevamente por otros 5 minutos.
6. Se destapó el frasco y se le agregó 1 mL de ácido sulfúrico concentrado con una pipeta Pasteur por encima de la superficie del líquido (esta vez no hubo que sumergir la pipeta).
7. Se tapó nuevamente el frasco sin dejar burbujas de aire (se volcó una pequeña cantidad del contenido del frasco).
8. Se mezcló vigorosamente hasta haber disuelto por completo el precipitado formado.
9. Con una pipeta aforada se midieron 50,00 mL de esta solución y se colocó en un matraz Erlenmeyer.
10. Se agregó 1 mL de solución 3 usando una pipeta Pasteur.
11. Luego se llenó la bureta con la solución 4 hasta el enrase.
12. Se tituló agregando gota a gota desde la bureta la solución 4 hasta la desaparición del color azul.
13. Finalmente se anotó el volumen de solución 4 usado para realizar los cálculos.

Determinación de sólidos suspendidos totales, fijos y volátiles

Salinidad:

Materiales	Soluciones
Conductímetro (se cambia el modo, para medir salinidad).	Muestra de agua.
Vaso de Bohemia.	

Procedimiento:

1. Se quitó la cubierta protectora del electrodo del conductímetro.
2. Se encendió el conductímetro y se sumergió el electrodo en el agua.
3. Cuando la medida se había estabilizado, se cambió el modo a salinidad para poder obtener un valor.
4. Se registró la medida de salinidad en la hoja de datos.

Sólidos totales disueltos:

Materiales	Sustancias
Conductímetro (se cambia el modo, para medir STD).	Muestra de agua.
Vaso de Bohemia.	

Procedimiento:

1. Se repitió el procedimiento para medir la salinidad, pero se cambió el modo a TDS (por las siglas en inglés), para medir este mismo parámetro.

Alcalinidad:

Materiales	Soluciones
Matraz Erlenmeyer 250 mL	Solución de ácido sulfúrico 0,1 N.
Bureta de 10,00 mL	Solución de carbonato de sodio (patrón primario) preparada a partir de la sal anhidra en matraz aforado de 100,00 mL.
Pipetas aforadas de 10,00; 20,00; 50,00 y 100,00 mL	Indicador heliantina
Matraz aforado de 100,00 mL	Indicador fenolftaleína

Procedimiento:

Titulación de la solución de ácido sulfúrico

1. Se tomaron 10,00 mL de solución estándar de carbonato de sodio, se agregaron 2 gotas de heliantina y se tituló con solución de ácido sulfúrico 0,1 N agitando continuamente hasta el viraje del indicador de amarillo a anaranjado salmón

Titulación de la muestra

1. Se seleccionó un volumen de muestra adecuado, se midió con pipeta aforada y se lo llevó a matraz Erlenmeyer.

2. Como el pH de la muestra era menor a 8,2 se agregaron unas gotas de heliantina y se tituló con la solución de ácido sulfúrico hasta el viraje del indicador a color anaranjado-salmón (Alcalinidad total).

Investigación de iones, sustancia orgánica en diferentes tipos de agua:

Materiales	Sustancias
Gradilla con tubos de ensayo.	Muestras de agua.
Vasos de Bohemia.	Nitrato de plata al 3 %.
Varilla de vidrio.	Cloruro de bario 1 mol/L.
Cuentagotas.	Oxalato de potasio.
Mechero.	Ácido sulfúrico concentrado.
	Permanganato de potasio 0,01 mol/L.
	Ácido clorhídrico 6 mol/L.
	Ácido acético 2 mol/L.

Procedimiento:

Se realizaron en todas las muestras de agua, para lo cual se colocaron aproximadamente 2,0 mL de cada muestra en los distintos tubos de ensayo.

Ensayo de Materia Orgánica:

1-Se añadió a las diferentes muestras una gota de solución de permanganato de potasio (KMnO_4) y una gota de ácido sulfúrico.

2- Se calentó cada muestra, la decoloración del permanganato (violeta) indicaba que existía materia orgánica.

Ensayo de aniones y cationes:

Cloruros (Cl^-).

1- Se añadió a las muestras una gota de ácido nítrico y se agitó.

- 2- Posteriormente se agregaron unas gotas de solución de nitrato de plata (AgNO_3).
- 3- Se agitó nuevamente. La aparición de un precipitado blanco indica que existen cloruros.

Sulfatos

- 1- Se añadió a las diferentes muestras una gota de ácido clorhídrico 6 mol/L y unas gotas de solución de cloruro de bario (BaCl_2).
- 2- Se agitó. La aparición de un precipitado insoluble blanco indica que existen sulfatos.

Calcio (Ca^{2+})

- 1- Se añadió a las diferentes muestras 3 gotas de ácido acético diluido.
- 2- Se agregaron unas gotas de solución de oxalato de potasio ($\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$).
- 3- Se agitó. La aparición de un precipitado insoluble blanco de oxalato de calcio indicaba que existían iones calcio.

Oxidabilidad al permanganato:

Materiales	Sustancias
Matraz Erlenmeyer 500 mL y 250 mL.	Ácido oxálico 0,050 mol/L.
Pipeta graduada 5,0 mL.	Permanganato de potasio 0,02 mol/L ya valorado con ácido oxálico.
Pipeta aforada 10,00 mL y 50,00 mL.	ácido sulfúrico de concentración 1:1 (dilución al 50 %).
Plancha térmica.	
Termómetro.	
Bureta 25,00 mL.	
Soporte.	
Pinzas.	
Plancha calefactora con agitador.	
Soporte y pinza.	
Matraz aforado de 250,00 mL.	

Procedimiento:

Para la valoración de una solución de permanganato de potasio:

- 1-Se prepararon 250,00 mL de ácido oxálico 0,050 mol/L de concentración exacta, y una solución de permanganato de potasio de concentración aproximada de 0,020mol/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 la plancha hasta 80 °C.

6- Se valoró sin que baje la temperatura.

7- El punto final se dio dado por la aparición de un color rosado, tenue pero persistente durante 30 segundos.

Valoración de la materia orgánica del agua:

1. Se vertió en un Erlenmeyer 100,00 mL el agua a analizar con pipeta aforada. Se añadieron unos trozos de cerámica o perlas de vidrio. Se marcó con un rotulador el nivel que alcanza el agua.

2. Se acidificó con 3 mL de ácido sulfúrico (concentración 1:1) haciéndolo resbalar suavemente por las paredes del Erlenmeyer y se tapó 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 debía medir exactamente. Nota: Si al terminar este tiempo la solución quedaba incolora se debía volver a empezar la valoración utilizando una dilución de la muestra de agua al medio en un volumen final de 100 mL.

4. Se añadieron 10,00 mL de ácido oxálico 0,050 mol/L y la mezcla se siguió calentando hasta que se observó la desaparición del color rosa.

5. Se introdujo la solución de permanganato en la bureta y en el Erlenmeyer un imán, la solución a aproximadamente 80 °C y con agitación se valoró con permanganato de potasio, gota a gota hasta que aparezca un color rosado tenue pero persistente durante aproximadamente 30 segundos (no desaparece con la agitación).

6. Se repitió el procedimiento 3 veces.

7. Se hizo un blanco con 100,00 mL de agua destilada, el que se valoró de la misma forma.

Determinación de clorofila:

Materiales:

- Espectrofotómetro: visible, múltiple longitud de onda y resolución de 2 nm.
- Centrífuga: capacidad de centrifugación a 675 rpm o a 1000 rpm.
- Mortero.
- Filtros de papel.
- Hojas de aluminio.
- Timer.
- Pinzas.
- Pipetas automáticas de rango variable 40 - 100 µL, y 1- 10 mL con los tips correspondientes.
- Probetas graduadas capacidad 100 mL y 500 mL
- Celdas de vidrio para espectrofotómetro.
- Equipo de filtración, consiste en un matraz kitasato de 500 mL de polipropileno con un portafiltro de base de 47 mm de diámetro.

- Tubos de centrífuga de polipropileno de 50 mL de capacidad, con tapa rosca.
- Pissetas de polietileno.
- Heladera a $\leq 6^\circ\text{C}$ ($>$ a 0°C).

Sustancias y soluciones:

- Propanona (acetona) 90 %
- Ácido clorhídrico (HCl) concentrado. Solución de HCl 0,1 N.
- Agua destilada.
- Solución acuosa de propanona (CH_3COCH_3); 90 % propanona / 10 % agua destilada.

Procedimiento:

1. Se usó trampa de vacío y kitasato, al menos 1 L de muestra en un ambiente con luz tenue tomando en cuenta los siguientes requerimientos: y el tiempo de filtración debió ser menor a 10 min para evitar la rotura de células y en consecuencia la pérdida de clorofila. Se enjuagó el recipiente de la muestra con 20 mL de agua y se pasó por el filtro para asegurarse que se colecten todas las células.
 2. Se retiró el filtro con una pinza y como no se realizó la extracción inmediatamente se cubrió con una hoja de aluminio, doblándola para no colocar la superficie filtrada en contacto con el papel de aluminio. Se guardó en una heladera hasta el día del análisis.
 3. El filtro con muestra proveniente de la heladera, se trató de la siguiente manera: se rompió con la pinza el filtro en trozos pequeños y se empujaron hasta el fondo del tubo de centrífuga de 50 mL.
 4. Se agregaron 4 mL de solución acuosa de propanona al 90 % con una pipeta (el volumen final de la extracción fue de 10 mL).
 5. Se molió con mortero.
 6. Se enjuagó el mortero con la solución de extracción (propanona al 90 %), completando el tubo hasta llegar a los 10 mL.
 7. Se dejó reposar en la oscuridad y en heladera por un mínimo de 2 h pero no más de 24 h. Se agitó 2 o 3 veces durante el período de reposo y se trataron todas las muestras de la corrida igual con respecto al tiempo de reposo.
- Antes de continuar con el procedimiento, se encendió el espectrofotómetro y se dejó estabilizar durante aproximadamente 30 min. Se ceró el equipo con propanona al 90 % a todas las longitudes de onda (664 nm, 665 nm y 750 nm). Se usó la celda de vidrio de 1 cm de paso óptico.
8. Se centrifugaron las muestras durante 5 min a 1000 xg.
 9. Se colocaron las muestras en un lugar oscuro antes de obtener las medidas de absorbancia en el espectrofotómetro.
 10. Se pipetearon 3 mL del sobrenadante del extracto en una celda de vidrio del espectrofotómetro.
 11. Se midió la absorbancia a 664 y a 750 nm. Si la medida de absorbancia de la muestra a 750 nm excedía las 0,0050 UA, la muestra debía ser filtrada a través de filtro de jeringa y se necesitaba medir nuevamente. Por otro lado, si la señal a la longitud de onda seleccionada es mayor a 0,9000 UA (unidades de absorbancia), se diluía y se medía nuevamente.

12. Se acidificó la muestra en la celda del espectrofotómetro con HCl 0,1 N hasta que se obtuvo una concentración no mayor a HCl 0,003 N. Por ejemplo, una celda con 3 mL de muestra requiere 90 μ L de HCl 0,1 N para obtener una concentración de ácido 0,003 N.

13. Se mezcló bien la muestra utilizando una pipeta de 1000 μ L, aspirando y expulsando la muestra dentro de la cubeta pero sin airearla demasiado (para esto no se debía sacar la punta del tip de la solución). Se esperaron 90 segundos y se midió la absorbancia a 750 nm y 665 nm. Fue crítico el mezclado apropiado de la muestra con el ácido para obtener resultados precisos y exactos.

14. Como se utilizó el mismo material para muestras diferentes se realizó un lavado con propanona al 90 % entre cada muestra.

ST, STV y STF

Materiales:

- Estufa para operar a 103 - 105 °C.
- Mufla para operar a 550 °C.
- Desecador provisto de un desecante con un indicador de color.
- Balanza de resolución de 0,0001 g.
- Pinzas de metal para manipular los crisoles.
- Crisoles o cápsulas de porcelana.
- Filtro de fibra de vidrio de 47 mm de diámetro, tamaño de poro 2,0 μ m o menor.

Sustancias y Soluciones:

- Silica gel con indicador de color para determinar la existencia de hidratación.
- Agua destilada.
- Muestra de agua.

Procedimiento:

1. Se midió la masa del crisol con una precisión de 0,1 mg inmediatamente antes de usar. Se registra en la ruta de análisis como P1.
2. Se coloca el filtro de fibra de vidrio en el portafiltro del embudo. Se moja el filtro con un pequeño volumen de agua desionizada. Se agita la muestra repetidas veces por inversión y se toma un volumen adecuado de la misma. Para aguas naturales por características de las mismas los volúmenes a filtrar son mucho mayores que para el caso de las muestras provenientes de efluentes industriales. Para estos últimos filtrar al menos 20 mL (menos de esta cantidad no se considera muestra representativa). En caso que el cliente solicite el análisis de sólidos suspendidos en una muestra que filtra menos de 20 mL, informar estimado y con la siguiente observación: “Características de la muestra no permiten filtrar el volumen mínimo requerido por la técnica de sólidos suspendidos”. Nota 3: Se elige un volumen de muestra que proporcione un residuo de entre 2,5 y 200 mg de residuo seco. Si se requiere más de 10 minutos para filtrar la muestra, se descarta el filtro y deberá filtrarse un volumen menor de muestra.
3. Después de la filtración de la muestra, se lava el filtro con agua desionizada. Nota 4: en muestras muy cargadas no lavar con más de 10 mL de agua porque el filtro puede saturarse.
4. Se retira cuidadosamente el filtro del embudo con ayuda de una pinza y se transfiere al crisol de porcelana.

5. Se seca el filtro con el residuo en el crisol en la estufa a 103–105 °C durante el tiempo necesario para lograr masa constante, luego se coloca en desecador y una vez alcanzada la temperatura ambiente se pesa el crisol con el filtro en balanza analítica de precisión de 0,1 mg. Se registra en la ruta de análisis como P2. Nota 5: Cada laboratorio debe determinar el tiempo necesario de secado para obtener masa constante, o hasta que el cambio en el masa sea menor al 4 % del masa anterior o una diferencia de hasta 0,5 mg. El Laboratorio Ambiental de DINAMA realizó la validación, lográndose masa constante de secado en estufa para sus condiciones y equipos en 2 horas tanto para muestras de efluentes como para aguas naturales.
6. Se coloca el filtro con el residuo en el crisol en la mufla a 550 °C durante el tiempo necesario para lograr masa constante luego se coloca en desecador y una vez alcanzada la temperatura ambiente, se mide la masa del crisol con el filtro en balanza analítica de precisión de 0,1 mg. Se registra en la ruta de análisis como P3. **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS PARA MUESTRAS**

Resultados:

Se presentan tablas con los resultados, comparando los mismos de los 3 equipos. Para aclarar, la muestra 1 (proveniente del lugar de toma 1) también la llamaremos TNA (por las iniciales de los técnicos); la muestra 2 (que proviene del lugar de toma 2) la identificamos como VEG (de igual manera, por las iniciales de los técnicos); y finalmente a la muestra 3 (que viene del lugar de toma 3) le diremos ERC (por la misma razón que las anteriores).

Parámetros comunes analizados:

Análisis	Muestra 1 (TNA)	Muestra 2 (VEG)	Muestra 3 (ERC)
Turbidez	(14,0 ± 0,1) NTU	(12,0 ± 0,1) NTU	(14,0 ± 0,1) NTU
Temperatura	(15,0 ± 0,5)° C	(17,0 ± 0,5)°C	(14,0 ± 0,5)° C
Color	Verde oscuro	Marrón oscuro	Marrón claro
pH (tirilla)	7	6	6
pH-metro	(7,00 ± 0,01)	(6,67 ± 0,01)	(7,50 ± 0,01)
Salinidad	(0,20 ± 0,01) ppm	(0,20 ± 0,01) ppm	(0,20 ± 0,01) ppm
Sólidos Totales Disueltos	(320,0 ± 0,1) ppm	(300,0 ± 0,1) ppm	(305,0 ± 0,1) ppm
Conductividad	(470 ± 1) µS/cm	(500 ± 1) µS/cm	(430 ± 1) µS/cm
Dioxígeno disuelto	(6,13 ± 0,05) ppm	(7,76 ± 0,05) ppm	(3,51 ± 0,05) ppm
Alcalinidad	(202 ± 8) mg CaCO ₃ /L	(189,3 ± 2.4) mg CaCO ₃ /L	(221 ± 8) mg CaCO ₃ /L
Materia orgánica	67,949 mg/L	22,374 mg/L	79,736 mg/L
	55,346 mg/L	26, 101 mg/L	80,87 mg/L
	26,388 mg /L	51,457 mg/L	---
ST	11,05 mg/L	215 mg/L	1,6 mg/L
STV	4,15 mg/L	5 mg/L	---
STF	6,9 mg/L	210 mg/L	67 mg/L
Iones Sulfatos	Presentes	Presentes	Presentes
Iones Cloruro	Presentes	Presentes	Presentes
Cationes Calcio	Presentes	Presentes	Presentes

Clorofila-a:

Muestras	Concentración de clorofila-a (mg/L)	Clasificación
Muestra 1 (TNA)	13,5102	Hipereutrófico
Muestra 2 (VEG)	43,7079	Hipereutrófico
Muestra 3 (ERC)	1,7088	Hipereutrófico

Cálculos y tratamientos de datos en Anexo-2

Conclusión:

Se analizaron una serie de parámetros que no permitieron destacar ninguna clase de calidad de agua, ya que los valores obtenidos varían de forma tal que en su mayoría abarcan todas las clases. De todas formas, no se llegó a analizar la totalidad de los parámetros específicos para poder determinar una calidad de agua.

Se determinó la concentración de clorofila-a encontrada en el fitoplancton de las muestras de agua; pudiendo obtener valores de 13.5102 mg/L (muestra 1), 43,7079 mg/L (muestra 2) y 1,7088 mg/L (muestra 3), que clasifica a las 3 muestras de diferentes puntos de muestreo como hipertróficas.

Finalmente se concluye, basándonos en el problema planteado por el equipo en un principio, que los parámetros analizados si varían levemente al modificar la ubicación de los lugares de toma.

Referencias Bibliográficas:

Salinidad

- Candel M. y Meléndez I. (2016-2017). *Estudio de la salinidad de las aguas de escorrentía en el entorno agrícola de los ríos Segura-Vinalopó*. Recuperado de: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/4297/1/TFG%20Mullor%20Real%2C%20Cristina.pdf>
- Empresa aguapuraysana (2009-2017). *TDS qué significa, qué importancia tiene y cómo podemos medirlo*. Recuperado de: [https://aguapuraysana.com/tds-que-importancia-tiene-y-como-medirlo/#:~:text=Los%20s%C3%B3lidos%20disueltos%20totales%20\(TDS,partes%20por%20mill%C3%B3n%20\(ppm\).](https://aguapuraysana.com/tds-que-importancia-tiene-y-como-medirlo/#:~:text=Los%20s%C3%B3lidos%20disueltos%20totales%20(TDS,partes%20por%20mill%C3%B3n%20(ppm).)

Alcalinidad

- Fleyccorp.com (2015). Recuperado de: <http://fleyccorp.com/wp-content/uploads/2017/12/Manual-t%C3%A9cnicas-anal%C3%ADticas-Hach-Lange.pdf>

Dioxígeno disuelto

- Fleyccorp.com (2015). *Manual-técnicas-analíticas-Hach-Lange.pdf*. Recuperado de: <http://fleyccorp.com/wp-content/uploads/2017/12/Manual-t%C3%A9cnicas-anal%C3%ADticas-Hach-Lange.pdf>
- Lynch, N. y Poole, T. (1979). *Dioxígeno disuelto en aguas naturales*.

Materia orgánica

- Spence, A. (2011). *El portal profesional del medio ambiente*. Recuperado de: https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/determinacion_materia_organica.asp

El ión cloruro (Cl)

- Britos, R., Moreno, G. y Otte, A. (2016). *Prácticas contextualizadas aplicadas al curso de 1º de Bachillerato para profesores y ayudantes preparadores de Química*.
- Torres, A. (2010). *El ion cloruro (Cl), es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual*. Recuperado de: <http://ing.unne.edu.ar/pub/quimica/ab2/TP4.pdf>
<http://portales.puj.edu.co/doc-quimica/FDS-LabQca-DianaHermith/AgNO3.pdf>

Sulfatos

- Britos, R., Moreno, G. y Otte, A. (2016). *Prácticas contextualizadas aplicadas al curso de 1º de Bachillerato para profesores y ayudantes preparadores de Química*.

Calcio

- Britos, R., Moreno, G. y Otte, A. (2016). *Prácticas contextualizadas aplicadas al curso de 1º de Bachillerato para profesores y ayudantes preparadores de Química*.

- Ambientum.com (2020). *El portal profesional del medio ambiente*. Recuperado de: https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/dureza_de_aguas.asp#:~:text=El%20calcio%20se%20encuentra%20en,excepciones%2C%20el%20cati%C3%B3n%20m%C3%A1s%20abundante.&text=El%20contenido%20de%20calcio%20en,de%20bicarbonatos%2C%20sulfatos%20y%20cloruros.

Clorofilas

- Etymonline.com (s.f). *chlorophyll*. Recuperado de: [Online Etymology Dictionary](#).
- Brian R. (1997). *Chlorophyll molecules are specifically arranged in and around photosystems that are embedded in the thylakoid membranes of chloroplasts*.
- Brian R. (1997). *Photosynthetic Pigments*.
- Gross, J. (1991). *Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids*.
- Kluwer. (2003). *Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy*.

Calidad del agua:

- 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, 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 Limnología.
- Chapman, D. (1996). *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. World Health Organization, Unesco & United Nations Environment Programme.
- Deci Agua (2016). *Documento de trabajo*. CSIC-UdelaR, MVOTMA, DINAGUA.
- 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.
- 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. Recuperado de: <http://www.parlamento.gub.uy>
- Molden, D. ed. (2007). *Evaluación exhaustiva del manejo del Agua en Agricultura. Agua para la Alimentación, Agua para la Vida*. L Instituto Internacional del Manejo del Agua.
- Pérez, R., Pineda, R. y Medina, M. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Instituto Nacional de Ecología. Acuatic ecology. México. 293 pp.
- Spellerberg, I. (2005). *Monitoring ecological change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 410 pp.
- Teixeira, F., González, I. y Loureiro, M. (2011). *Peces de agua dulce de Uruguay*. PPR-MGAP. 188 pp.
- Underwood, A. (1992). *The detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world*. Pág 145-178.

- Wetzel, R. (1981). *Limnología*. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 379 pp.

pH:

- Lenntech (1998-2020). *pH y alcalinidad*. Recuperado de: <https://www.lenntech.es/ph-y-alcalinidad.htm#ixzz6bXh1VePI>

Turbidez:

- Lenntech (1998-2020) *Turbidez*. Recuperado de: <https://www.lenntech.es/ph-y-alcalinidad.htm#ixzz6bXh1VePI>

Conductividad:

- American Public Health Association. (2017). *Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Water Environment Federation, 55-1979.
- Fondriest Environmental, Inc. (2014). *Conductivity, Salinity and Total Dissolved Solids*. Recuperado de: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/>.
- State Water Resources Control Bord (s.f). *Folleto Informativo Conductividad Eléctrica/Salinidad*. Recuperado de: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf.
- Journal of Oceanic Engineering. (1980) *Salinidad (densidad de la sal en agua) y la conductividad*. Piscataway : JOE Editorial Board, 0364-9059.
- Infoagro. ¿Qué es la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos? [En línea] Infoagro, 29 de Noviembre de 2017. <https://mexico.infoagro.com/que-es-la-conductividad-electrica-y-los-solidos-totales-disueltos/>.

Temperatura:

- Cricyt.edu.ar (s.f.). *Contaminación térmica del agua*. Recuperado de: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/ContamTerm.htm>
- Dmcca.es (s.f.). *Manual de la metodología y del kit*. Recuperado de: <http://www.dmcca.es/documentum/publicaciones/manual2008.pdf>

Toma de muestras de agua para analizar:

- Entrerios.gov.ar (s.f.). *Instructivo para la Toma de Muestra de Agua*. Recuperado de: <https://www.entrerios.gov.ar/oser/leyes/Instructivo para la Toma de Muestra de Agua.pdf>

Anexo:

Anexo-1: Marco teórico:

Clasificación de la calidad del agua

Artículo N° 5 del Decreto 253/79. Clasificación de los cursos de agua.

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

PARÁMETRO / ESTÁNDAR	Clase 1	Clase 2 a	Clase 2 b	Clase 3	Clase 4
Olor	No perceptible				
Materiales flotantes y espumas no naturales	Ausentes				
Color no natural	Ausente				
Turbiedad Máximo	50 UNT	50 UNT	50 UNT	50 UNT	100 UNT
pH	Entre 6,5 y 8,5	Entre 6,5 y 9,0	Entre 6,5 y 8,5	Entre 6,5 y 8,5	Entre 6,0 y 9,0
(Oxígeno disuelto) (mg/L)	Mín. 5	Máx. 5	Mín. 5	Mín. 5	Mín. 2,5
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) (mg/L)	Máx. 5	Máx. 10	Máx. 10	Máx. 10	Máx. 15
Aceites y grasas	Virtualmente ausentes				Máx. 10 mg/L
Detergentes (medidas como sustancias activas al azul de metileno) Máx. mg/L en LAS	0,5	1,0	1,0	1,0	2,0
Sustancias fenólicas Máx. mg/L en C ₆ H ₅ OH	0,001	0,2	0,2	0,2	-
Amoníaco libre Máx. mg/L en N	0,02				-

Nitratos Máx. mg/L en N	10				-
Fósforo total Máx. mg/L en P	0,025				-
Sólidos suspendidos totales Máx. mg/L	-	700	-	-	-
Relación de absorción de sodio (RAS)	-	Máx. 10	-	-	-
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	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	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	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	No se deberá exceder el límite de 5000 CF/100 mL en al menos el 80% de por lo menos 5 muestras
Cianuro Máx. mg/L	0,005				0,05
Arsénico Máx. mg/L	0,005	0,05	0,005	0,005	0,1
Boro Máx. mg/L	-	0,5	-	-	-
Cadmio Máx. mg/L	0,001	0,001	0,005	0,001	0,01
Cobre Máx. mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	1
Cromo total Máx. mg/L	0,05	0,005	0,05	0,05	0,5

Mercurio Máx. mg/L	0,0002				0,002
Níquel Máx. mg/L	0,02	0,002	0,02	0,02	0,2
Plomo Máx. mg/L	0,03				0,05
Zinc Máx. mg/L	0,03				0,3

pH en agua:

El resultado de una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de cationes hidrógeno (iones H^+) y el número de iones hidroxilo (OH^-). Cuando el número de cationes hidrógeno iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra. Tendrá entonces un pH alrededor de 7. El pH del agua puede variar entre 0 y 14. Cuando el pH de una solución es mayor de 7, es una solución básica. Cuando el pH de una solución está por debajo de 7, es una solución ácida. Cuanto más se aleje el pH por encima o por debajo de 7, más básica o ácida será la solución. El pH es un factor logarítmico; cuando una solución se vuelve diez veces más ácida, el pH disminuirá en una unidad. Cuando una solución se vuelve cien veces más ácida, el pH disminuirá en dos unidades. El término común para referirse al pH es la alcalinidad (Tower, 1998).

Conductividad:

¿Cómo se mide la conductividad en el agua?

Las unidades con la que se mide y se reporta comercialmente la conductividad del agua son los microsiemens por centímetro ($\mu S / cm$). Los μS equivalen a siemens (S), y los S a su vez son iguales a un mho (Ω). Esto es debido a que la conductividad electrolítica es definida como la inversa de la resistencia eléctrica (reportada en ohmios Ω).

La conductividad se mide con equipos que tienen una sonda electrónica que aplica un voltaje entre dos electrodos. La disminución de voltaje se usa para medir la resistencia del agua que se cambia por conductividad (Piscataway, 1980).

¿Cómo se relacionan los TDS con la conductividad electrolítica?

Debido a que estos dos términos están relacionados y son directamente proporcionales, significa que mientras mayor sea la conductividad habrá mayor concentración de TDS. Resulta más sencillo hacer una medición de la conductividad y tener un resultado de los TDS en el agua. Actualmente existen aparatos de medición que por medio de la conductividad eléctrica del agua (o solución), calcula la cantidad de TDS en ppm (mg/L) (Piscataway, 1980).

Niveles de conductividad. La dureza también puede ser expresada por medio de la conductividad, ya que al ser sales se puede aplicar este método. La siguiente tabla es un ejemplo de la relación entre la conductividad del agua y la salinidad a una temperatura de 25 °C.

Tabla N°4: valores de conductividad del agua frente a la salinidad (Piscataway, 1980).

Densidad NaCl (m/V) %	Conductividad (μS / cm)	Densidad NaCl (m/V) %	Conductividad (μS / cm)
0,1	2,0	1,1	19,2
0,2	3,9	1,2	20,8
0,3	5,7	1,3	22,4
0,4	7,5	1,4	24,0
0,5	9,2	1,5	25,6
0,6	10,9	1,6	27,1
0,7	12,6	1,7	28,6
0,8	14,3	1,8	30,1
0,9	16,0	1,9	31,6
1,0	17,6	2,0	33,0

Determinación de materia orgánica

El método del dicromato al reflujo es de gran productividad y de oxidación más completa que el del permanganato. La mayor parte de la materia orgánica resulta oxidada por una mezcla a ebullición de los ácidos crómico y sulfúrico. Se somete a reflujo una muestra en una solución ácida fuerte con un exceso de dicromato potásico. Después de la digestión, el dicromato no reducido que quede, se determina con sulfato ferroso amónico, sal de Mohr (SO_4^{2-}) $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2$, para determinar la cantidad de dicromato consumido y calcular la materia orgánica oxidable en términos de equivalente de oxígeno. Para la valoración se utiliza un indicador, 1-10 fenantrolina o ferroina, que a su vez reacciona con el exceso de Fe^{2+} que no ha reaccionado con el dicromato, dando lugar a un complejo de color marrón/rojizo que nos indica el punto final de la valoración.

El método de oxidabilidad al permanganato consiste en conocer la cantidad de materias orgánicas presentes en el agua mediante la oxidación con permanganato potásico en caliente y en medio ácido. Las sustancias de origen orgánico presentes en el agua se tratan con un reactivo oxidante, el KMnO_4 . En la oxidación producida hay un gasto de reactivo, del cual mediante cálculo se deduce la materia orgánica que hay en el agua analizada.

Clorofila:

Diversidad y distribución taxonómica: Las distintas formas de la clorofila se distribuyen desigualmente en la diversidad de los fotosintetizadores oxigénicos. La tabla siguiente presenta las diferentes formas de la clorofila y resume su distribución sistemática.

Tabla N°5: formas de la clorofila, sus fórmulas y distribución. (Kluwer, 2003)

	Clorofila- <i>a</i>	Clorofila- <i>b</i>	Clorofila- <i>c</i> ₁	Clorofila- <i>c</i> ₂	Clorofila- <i>d</i>	Clorofila- <i>f</i>
Fórmula empírica	C ₅₅ H ₇₂ O ₅ N ₄ Mg	C ₅₅ H ₇₀ O ₆ N ₄ Mg	C ₃₅ H ₃₀ O ₅ N ₄ Mg	C ₃₅ H ₂₈ O ₅ N ₄ Mg	C ₅₄ H ₇₀ O ₆ N ₄ Mg	C ₅₅ H ₇₀ O ₆ N ₄ Mg
Grupo C2	-CH ₃	-CHO				
Grupo C3	-CH=CH ₂	-CH=CH ₂	-CH=CH ₂	-CH=CH ₂	-CHO	-CH=CH ₂
Grupo C7	-CH ₃	-CHO	-CH ₃	-CH ₃	-CH ₃	-CH ₃
Grupo C8	-CH ₂ CH ₃	-CH ₂ CH ₃	-CH ₂ CH ₃	-CH=CH ₂	-CH ₂ CH ₃	-CH ₂ CH ₃
Grupo C17	- CH ₂ CH ₂ C OO-Phytyl	- CH ₂ CH ₂ CO O-Phytyl	- CH=CHCO OH	- CH=CHCO OH	- CH ₂ CH ₂ CO O-Phytyl	- CH ₂ CH ₂ CO O-Phytyl
Enlace C17-C18	Simple	Simple	Doble	Doble	Simple	Simple
Distribución	Universal (plantas y algas)	Plantas y algas verdes	algas cromofitas	Algas cromofitas	Algunas cianobacterias	Algunas cianobacterias

Anexo-2: Cálculos y tratamiento de datos:

Turbidez

Tabla N° 6: Conversión de cm de turbidez a NTU.

cm	NTU	cm	NTU	cm	NTU	cm	NTU
<6	> 240	14 a 16	60	31 a 34	21	49 a 51	11
6 a 7	240	16 a 19	48	34 a 36	19	51 a 54	10
7 a 8	185	19 a 21	40	36 a 39	17	54 a 57	9
8 a 9	150	21 a 24	35	39 a 41	15	57 a 60	8
9 a 10	120	24 a 26	30	41 a 44	14	60 a 70	7
10 a 12	100	26 a 29	27	44 a 46	13	70 a 85	6
12 a 14	84	29 a 31	24	46 a 49	12	> 85	< 5

Conversión: a 41,5 cm (muestra 1) = 14 NTU

Dioxígeno disuelto

Volúmenes de gasto (valoración de la muestra con solución 4):

- Gasto 1: $(4,07 \pm 0,05)$ mL
- Gasto 2: $(3,63 \pm 0,05)$ mL
- Gasto 3: $(3,83 \pm 0,05)$ mL

Se multiplicó por 1,6

G1= 6,464; G2= 5,808; G3= 6,128 Promedio: $(6,13 \pm 0,05)$ mL ppm

Alcalinidad

$$M_1 = (0,0540 \pm 0,0005) \text{ mol/L}$$

$$M_2 = \frac{0,09005 \text{ mol/L} \times 10,00 \text{ mL}}{15,40 \text{ mL}} = 0,057356687 \text{ mol/L}$$

$$\delta M_2 = \left(\frac{0,00009}{0,09005 \text{ mol/L}} + \frac{0,05}{15,40 \text{ mL}} + \frac{0,04}{10,00 \text{ mL}} \right) \cdot 0,057356687 \text{ mol/L} = 0,000469416$$

$$M_2 = (0,0574 \pm 0,0005) \text{ mol/L}$$

$$M_3 = \frac{0,09005 \text{ mol/L} \times 10,00 \text{ mL}}{15,45 \text{ mL}} = 0,057174603 \text{ mol/L}$$

$$\delta M_3 = \left(\frac{0,00009}{0,09005 \text{ mol/L}} + \frac{0,05}{15,45 \text{ mL}} + \frac{0,04}{10,00 \text{ mL}} \right) \cdot 0,057174603 \text{ mol/L}$$

$$M_{H_2SO_4} = (0,0572 \pm 0,0005) \text{ mol/L}$$

ALCALINIDAD DE LA MUESTRA DE AGUA

$$V. \text{GASTO } 1 = 1,80 \text{ mL}$$

$$V. \text{GASTO } 2 = 1,45 \text{ mL}$$

$$V. \text{GASTO } 3 = 1,45 \text{ mL}$$

$$M_{\text{MUESTRA}} (\text{CaCO}_3) = \left(\frac{M_{H_2SO_4} \times V_{\text{GASTO } H_2SO_4}}{V_{\text{T MUESTRA}}} \right) \times F_{\text{CaCO}_3} \times 1000 =$$

$$M_1 = \left(\frac{0,0572 \text{ mol/L} \times 1,80 \text{ mL}}{50,00 \text{ mL}} \right) \times 100,0869 \text{ g/mol} \times 1000 = 206,1 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$$

$$M_2 = \left(\frac{0,0572 \text{ mol/L} \times 1,45 \text{ mL}}{50,00 \text{ mL}} \right) \times 100,0869 \text{ g/mol} \times 1000 = 200,4 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$$

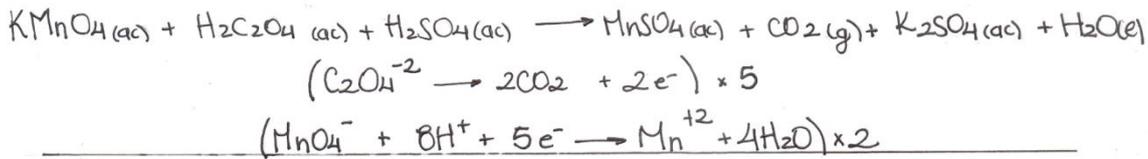
$$M_2 = M_3$$

$$\delta M_1 = \left(\frac{0,0005}{0,0572 \text{ mol/L}} + \frac{0,05}{1,80 \text{ mL}} + \frac{0,05}{50,00 \text{ mL}} \right) \cdot 206,1 \text{ mg/L} = 4,732673427$$

$$\delta M_2 = \delta M_3 = \left(\frac{0,0005}{0,0572 \text{ mol/L}} + \frac{0,05}{1,45 \text{ mL}} + \frac{0,05}{50,00 \text{ mL}} \right) \cdot 200,4 \text{ mg/L} = 4,644862537$$

$$\text{ALCALINIDAD PROMEDIO} = (202 \pm 8) \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$$

Oxidabilidad al permanganato



Molaridad PUNTO EQUIVALENTE = $n_{\text{KMnO}_4} = \frac{2}{5}$ $2(n_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}) = 5(n_{\text{KMnO}_4})$
 $n_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \quad 5$ $2(M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \times V_{\text{TOHA}}) = 5(M_{\text{KMnO}_4} \times V_6)$

$$M_{\text{KMnO}_4} = \frac{2 \times M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \times V_{\text{TOHA}}}{5 \times V_{\text{GASTO}}}$$

MOLARIDAD ÁCIDO OXÁLICO

$$M = \frac{n^\circ \text{mol}}{V} \rightarrow n^\circ \text{mol} = \frac{m}{M} \rightarrow n = \frac{1,5762 \text{ g}}{126,1 \text{ g/mol}} = 0,012499603 \text{ mol}$$

$$M = 0,012499603 \text{ mol} = 0,04999 \text{ mol/L}$$

$$\delta M = \left(\frac{\delta m_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}}{m_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}} + \frac{\delta V}{V} \right) \cdot M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = \delta M = \left(\frac{0,0001}{1,5762 \text{ g}} + \frac{0,15}{250 \text{ mL}} \right) \cdot 0,04999 = 0,000033$$

$$M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = (0,04999 \pm 0,00003) \text{ mol/L}$$

MOLARIDAD DEL PERMANGANATO DE POTASIO

$$V_{\text{GASTO } 1} = 10,60 \text{ mL} \quad M_1 = \frac{2 \cdot (0,04999 \text{ mol/L}) \cdot 10,00 \text{ mL}}{5 \times 10,60 \text{ mL}} = 0,01886415 \text{ mol/L}$$

$$V_{\text{GASTO } 2} = 10,60 \text{ mL} \quad M_1 = M_2 = M_5$$

$$V_{\text{GASTO } 3} = 10,70 \text{ mL} \quad M_1 = M_2 = M_5$$

$$V_{\text{GASTO } 4} = 10,65 \text{ mL} \quad M_3 = \frac{2 \cdot (0,04999 \text{ mol/L}) \cdot 10,00 \text{ mL}}{5 \times 10,70 \text{ mL}} = 0,01868485 \text{ mol/L}$$

$$V_{\text{GASTO } 5} = 10,60 \text{ mL} \quad M_3 = M_4 = M_6$$

$$V_{\text{GASTO } 6} = 10,65 \text{ mL} \quad M_4 = \frac{2 \cdot (0,04999 \text{ mol/L}) \cdot 10,00 \text{ mL}}{5 \times 10,65 \text{ mL}} = 0,018445586 \text{ mol/L}$$

$$M_{\text{PROMEDIO}} = 0,018805245 \text{ mol/L}$$

$$M_4 = M_6$$

$$\delta M = \left(\frac{\delta M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}}{M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}} + \frac{\delta V_{\text{TOHA}}}{V_{\text{TOHA}}} + \frac{\delta V_{\text{GASTO}}}{V_{\text{GASTO}}} \right) \times M_{\text{KMnO}_4} =$$

$$\Delta M = \left(\frac{0,00003}{0,04999 \text{ mol/L}} + \frac{0,04}{10,00 \text{ mL}} + \frac{0,05}{10,65 \text{ mL}} \right) \cdot 0,018805245 \text{ mol/L} = 0,000144493$$

$$M_{\text{KMnO}_4} = (0,0188 \pm 0,0002) \text{ mol/L}$$

OXIDABILIDAD AL KMnO_4

$$N = \frac{n_{\text{eq soluto}}}{V(L)} \rightarrow n_{\text{eq}} = N \cdot V$$

$$n_{\text{eq soluto}} = \frac{m_{\text{soluto}}}{M_{\text{eq}}}$$

$$N = M \cdot i$$

$$M_{\text{eq}} = \frac{M}{i}$$

$$n_{\text{eq KMnO}_4} = N \cdot V_{\text{GASTO}}$$

$$n_{\text{eq KMnO}_4} = n_{\text{eq H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{ (exceso)}}$$

$$n_{\text{eq H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = N_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \cdot 10,00 \cdot 10^{-3}$$

$$n_{\text{eq H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{ (que reaccionó)}} = n_{\text{eq H}_2\text{C}_2\text{O}_4} - (n_{\text{eq exceso}})_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}$$

$$\text{GASTO n}^\circ 1 = 11,40 \text{ mL}$$

$$N_{\text{KMnO}_4} = 0,018809004 \cdot 5 = 0,0940$$

$$N_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = 0,04999 \cdot 2 = 0,09998$$

$$n_{\text{eq KMnO}_4} = 0,0940 \cdot (11,40 \cdot 10^{-3} \text{ L})$$

$$n_{\text{eq KMnO}_4} = 0,0010998$$

$$n_{\text{eq H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = 10,00 \cdot 10^{-3} \text{ L} \cdot 0,09998 = 9,998 \cdot 10^{-4}$$

$$n_{\text{eq H}_2\text{C}_2\text{O}_4} - n_{\text{eq KMnO}_4} = 0,0010998 - 9,998 \cdot 10^{-4} = 0,0001$$

$$n_{\text{eq KMnO}_4} = 0,0940 \text{ mol/L} \cdot 10,00 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 0,00094$$

$$n_{\text{eq KMnO}_4} - 0,0001 = 0,00084$$

$$M_{\text{eq KMnO}_4} = \frac{M_{\text{KMnO}_4}}{i} = \frac{158,034 \text{ mol/L}}{5} = 31,6068$$

$$n_{\text{eq soluto}} = \frac{m_{\text{soluto}}}{M_{\text{eq}}} \rightarrow m_{\text{soluto}} = n_{\text{eq KMnO}_4} \cdot M_{\text{eq}}$$

$$m_{\text{soluto}} = 0,00084 \cdot 31,6068 = 0,0265 \text{ g}$$

$$1 \text{ g} \rightarrow 1000 \text{ mg/L}$$

$$0,265 \text{ g} \rightarrow x \quad x = 26,5 \text{ mg/L} (\cdot 10) = 265 \text{ mg/L} \cdot 3,9 = 64,949 \text{ mg/L}$$

GASTO nº 2 = 4,90 mL

$$n_{\text{eq KMnO}_4} = 0,0940 \times (4,90 \times 10^{-3} \text{ L}) = 4,426 \times 10^{-4}$$

$$n_{\text{eq H}_2\text{C}_2\text{O}_4} - n_{\text{eq KMnO}_4} = \dots \times 10^{-4} - 4,426 \times 10^{-4} = 2,542 \times 10^{-4}$$

$$0,00094 - 2,542 \times 10^{-4} = 6,828 \times 10^{-4}$$

$$m_{\text{soluto}} = 6,828 \times 10^{-4} \times 31,6068 = 0,02158 \text{ g}$$

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

$$0,02158 \text{ g} \text{ --- } x \quad x = 21,58 \text{ mg/L} (\times 10) = 215,8 \text{ mg/L} \cdot 3,9 = 55,346 \text{ mg/L}$$

GASTO N° 3 = 4,10 mL

$$n_{\text{eq}} = 0,0940 \times 4,10 \times 10^{-3} \text{ L} = 3,854 \times 10^{-4}$$

$$9,998 \times 10^{-4} - 3,854 \times 10^{-4} = 6,144 \times 10^{-4}$$

$$0,00094 - 6,144 \times 10^{-4} = 3,256 \times 10^{-4}$$

$$m_{\text{soluto}} = 3,256 \times 10^{-4} \times 31,6068 = 0,01029 \text{ g}$$

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

$$0,01029 \text{ g} \text{ --- } x \quad x = 10,2912 \text{ mg/L} (\times 10) = 102,912 \text{ mg/L} \cdot 3,9 = 26,388 \text{ mg/L}$$

ST, STF y STV

ST, STV & STF

$$\text{ST} = m_2 - m_1 \quad \left. \begin{array}{l} \text{A) } 34,6115 \text{ g} - 34,6019 \text{ g} = 0,0096 \\ \text{B) } 34,9593 \text{ g} - 34,9468 \text{ g} = 0,0125 \end{array} \right\} 0,01105 \text{ g}$$

$$1,0 \text{ g} \text{ --- } 1000 \text{ mg/L}$$

$$0,01105 \text{ g} \text{ --- } x \quad x = 11,05 \text{ mg/L}$$

$$\text{STF} = m_3 - m_1 \quad \left. \begin{array}{l} \text{A) } 34,6083 \text{ g} - 34,6019 \text{ g} \\ \text{B) } 34,9542 \text{ g} - 34,9468 \text{ g} \end{array} \right\} 0,0069$$

$$1,0 \text{ g} \text{ --- } 1000 \text{ mg/L}$$

$$0,0069 \text{ g} \text{ --- } x \quad x = 6,9 \text{ mg/L}$$

$$\text{STV} = \text{ST} - \text{STF} = 0,01105 \text{ g} - 0,0069 \text{ g} = 0,00415 \text{ g}$$

$$1,0 \text{ g} \text{ --- } 1000 \text{ mg/L}$$

$$0,00415 \text{ g} \text{ --- } x \quad x = 4,15 \text{ mg/L}$$

Clorofila

Antes de acidificar				
Muestras		Longitudes		
Nombre	Equipo	664 nm	665 nm	750 nm
Agua	---	0	0	0
Propanona	---	0	0	0
Muestra 1	TNA	0,650	0,452	0,435
Muestra 2	VEG	1,848	1,863	0,190
Muestra 3	ERC	0,130	0,168	0,033

	750 nm	Se restan los valores de 750 nm a los de 665 nm
1	0,004 A	0,646
2	0,002 A	1,846
3	0,000 A	0,130

Muestra 1: Se filtró con papel filtro

Muestra 2: Se diluyó en factor de 1/9

Muestra 3: Se filtró con papel filtro

Después de acidificar				
Muestras	Equipo	665 nm	750 nm	Se restan los valores de 750 nm a los de 665 nm
Muestra 1	TNA	0,200	0,060	0,140
Muestra 2	VEG	0,214	0,005	0,209
Muestra 3	ERC	0,151	0,085	0,066

CLOROFILA - A (Ecuación de Lorenzen)

$$C = 26,7 \times (664^{\text{antes de acidificar}} - 665^{\text{desp de acidificar}})$$

$$\text{Muestra 1) } C = 26,7 \times (0,646 - 0,14)$$
$$C = \underline{13,5102 \text{ mg/L}}$$

$$\text{Muestra 2) } C = 26,7 \times (1,846 - 0,209)$$
$$C = \underline{43,7079 \text{ mg/L}}$$

$$\text{Muestra 3) } C = 26,7 \times (0,130 - 0,066)$$
$$C = \underline{1,7088 \text{ mg/L}}$$

PIGMENTOS

$$C_s = \frac{C_e (C) \times V_{\text{EXTRACTO}} (L) \times DF}{V_{\text{MUESTRA}} (L) \times \text{LONGITUD CELDA} (cm)}$$

$$\text{Muestra 1) } C_s = \frac{13,5102 \text{ mg/L} \times 0,003 \text{ L} \times -}{1,0 \text{ L} \times 1,0 \text{ cm}}$$
$$C_s = \underline{0,0405306 \text{ mg/L}}$$

$$\text{Muestra 2) } C_s = \frac{43,7079 \text{ mg/L} \times 0,003 \text{ L} \times \frac{1}{9}}{1,0 \text{ L} \times 1,0 \text{ cm}}$$
$$C_s = \underline{0,01311237 \text{ mg/L}}$$

$$\text{Muestra 3) } C_s = \frac{1,7088 \text{ mg/L} \times 0,003 \text{ L} \times -}{1,0 \text{ L} \times 1,0 \text{ cm}}$$
$$C_s = \underline{0,0051264 \text{ mg/L}}$$

Anexo-3: Medidas de seguridad:

Ácido sulfúrico concentrado:

Pictogramas: 

Palabra de advertencia: PELIGRO

Frases H:

- H290: Puede ser corrosivo para los metales.
- H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

Frases P:

- P280: Use guantes de protección / ropa protectora / protección para los ojos / protección facial.
- P301 + P330 + P331: EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. No induzca el vomito.
- P305 + P351 + P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quítese las lentes de contacto, si lleva y es fácil de hacer. Continúe enjuagando.
- P308 + P310: EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA oa un médico.

Sulfato de manganeso monohidratado:

Pictogramas: 

Palabra de advertencia: PELIGRO

Frases H:

- H318: Provoca lesiones oculares graves.
- H373: Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas si se inhala.
- H411: Tóxico para los organismos acuáticos con efectos duraderos.

Frases P:

- P273: Evítese su liberación al medio ambiente.
- P280: Use protección para los ojos.
- P305 + P351 + P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quítese las lentes de contacto, si lleva y es fácil de hacer. Continúe enjuagando.
- P314: Busque atención / consejo médico si no se siente bien.

Yoduro de potasio:



Pictogramas:

Palabra de advertencia: PELIGRO

Frases H:

- H372: Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas por ingestión

Frases P:

- P314: Busque atención / consejo médico si no se siente bien

Hidróxido de sodio:



Pictogramas:

Palabra de advertencia: PELIGRO

Frases H:

- H290: Puede ser corrosivo para los metales.
- H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

Frases P:

- P280: Usar guantes de protección / ropa protectora / protección para los ojos / protección facial.
- P301 + P330 + P331: EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. No induzca el vómito.
- P305 + P351 + P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quítense las lentes de contacto, si lleva y es fácil de hacer. Continúe enjuagando.
- P308 + P310: En caso de exposición manifiesta o presunta: llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.

Indicador heliantina:



Pictogramas:

Palabra de advertencia: PELIGRO

Frases H:

- H301: Tóxico por ingestión.

Frases P:

- P308 + P310: En caso de exposición manifiesta o presunta: llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.

Indicador fenolftaleína:



Pictogramas:

Palabra de advertencia: PELIGRO

Fases H:

- H350: Puede provocar cáncer.
- H341: Se sospecha que provoca defectos genéticos.
- H361f: Se sospecha que perjudica la fertilidad.

Frases P:

- P201: Obtenga instrucciones especiales antes de usar.
- P260: No respirar el polvo.
- P308 + P313: En caso de exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico.

Nitrato de plata al 3 %:



Pictogramas:

Palabras de advertencia: PELIGRO

Frases H:

- H272: Puede agravar un incendio; oxidante.
- 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 duraderos.

Frases P:

- P221: Tomar todas las precauciones para evitar mezclar con combustibles, compuestos de metales pesados, ácidos y álcalis.
- P273: Evítese su liberación al medio ambiente.
- P280: Usar guantes de protección / ropa protectora / protección para los ojos / protección facial.
- P301 + P330 + P331: EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. No induzca el vómito.
- P305 + P351 + P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quítese las lentes de contacto, si lleva y es fácil de hacer. Continúe enjuagando.
- P308 + P310: En caso de exposición manifiesta o presunta: llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.

Cloruro de bario 1,0 mol/L:



Pictogramas:

Palabra de advertencia: PELIGRO

Frases H:

- H301: Tóxico por ingestión.
- H332: Nocivo si se inhala.

Frases P:

- P308 + P310: En caso de exposición manifiesta o presunta: llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.

Oxalato de potasio:



Pictogramas:

Palabra de advertencia: ADVERTENCIA

Frases H:

- H302 + H312: Nocivo en caso de ingestión o contacto con la piel.
- H319: Provoca irritación ocular grave.

Frases P:

- P302 + P352: EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua y jabón.
- P305 + P351 + P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quítense las lentes de contacto, si lleva y es fácil de hacer. Continúe enjuagando.

Ácido clorhídrico 6 mol/L:



Pictogramas:

Palabra de advertencia: ADVERTENCIA

Frases H:

- 290: Puede ser corrosivo para los metales.
- H315: Provoca irritación cutánea.
- H319: Provoca irritación ocular grave.

Frases P:

- P302 + P352: EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua y jabón.
- P305 + P351 + P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quítense las lentes de contacto, si lleva y es fácil de hacer. Continúe enjuagando.

Ácido acético 2 mol/l:



Pictogramas:

Palabra de advertencia: PELIGRO

Frases H:

- H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

Frases P:

- P280: Use guantes de protección / ropa protectora / protección para los ojos / protección facial.
- P301 + P330 + P331: EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. No induzca el vomito.
- P305 + P351 + P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quítese las lentes de contacto, si lleva y es fácil de hacer. Continúe enjuagando.
- P308 + P310: EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA oa un médico.

Ácido oxálico 0,050 mol/L:



Pictogramas:

Palabra de advertencia: PELIGRO

Frases H:

- H318: Provoca lesiones oculares graves.
- EUH210: Ficha de datos de seguridad disponible bajo petición.

Frases P:

- P280: Use protección para los ojos.
- P305 + P351 + P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quítese las lentes de contacto, si lleva y es fácil de hacer. Continúe enjuagando.
- P313: Obtenga atención / consejo médico.

Permanganato de potasio 0,02 mol/L:

Frases H:

- H412: Nocivo para los organismos acuáticos con efectos duraderos.

Frases P:

- P273: Evítese su liberación al medio ambiente.

Propanona (Acetona) 90 %:



Pictogramas:

Palabra de advertencia: PELIGRO

Frases H:

- H225: Líquido y vapores muy inflamables.
- H319: Provoca irritación ocular grave.
- H336: Puede provocar somnolencia o vértigo.
- EUH066: La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.

Frases P:

- P210: Mantener alejado del calor, superficies calientes, chispas, llamas abiertas y otras fuentes de ignición. No Fumar.
- P240: Conecte a tierra / enlace el contenedor y el equipo receptor.
- P305 + P351 + P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quítese las lentes de contacto, si lleva y es fácil de hacer. Continúe enjuagando.
- P403 + P233: Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el contenedor bien cerrado.

Ácido clorhídrico 0,1 N:



Pictogramas:

Palabra de advertencia: ADVERTENCIA

Frases H:

- H290: Puede ser corrosivo para los metales.

Frases P:

- P302 + P352: EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua y jabón.
- P305 + P351 + P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quítese las lentes de contacto, si lleva y es fácil de hacer. Continúe enjuagando.

Las sustancias Tiosulfato de sodio pentahidratado, Agua destilada, Muestra de agua, Ácido sulfúrico (0,1 N), Permanganato de potasio (0,01 mol/L) no presentan frases H y P.

Anexo-4: Práctica de Coliformes

Determinación de Coliformes Totales y -Escherichia coli:

Materiales	Sustancias
3 recipientes estériles de 100,00 mL.	Reactivo Colilert.
Jarra térmica.	Agua destilada.
Estufa.	Agua muestra.
Lámpara UV.	

Procedimiento:

Preparación del agua desionizada estéril

Adicionar 1000 mL de agua desionizada en una botella.

2. Precintar la tapa del recipiente con cinta de revelado de autoclavado y esterilizar en autoclave por 15 minutos a 121 °C.

3. Almacenar en heladera hasta un máximo de 30 días.

Análisis de la muestra

1. Añadir el contenido del reactivo Colilert-18 a una muestra de 100 mL de agua (o la dilución correspondiente) a temperatura ambiente, y en un recipiente estéril. En el caso de realizar diluciones, siempre llevar a 100 mL con agua desionizada estéril.

2. Tapar y agitar el recipiente hasta disolver.

3. Verter la mezcla de muestra + reactivo en una bandeja de incubación y sellar en el sellador Quanti-Tray de IDEXX.

4. Colocar la bandeja sellada en la incubadora a $35\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ (o a $44,5\text{ °C} \pm 0,2\text{ °C}$ para los coliformes termotolerantes) durante 18 -22 horas.

**Anexo-5*: Imágenes*

pH:



Temperatura:



Toma de muestra:



Turbidez



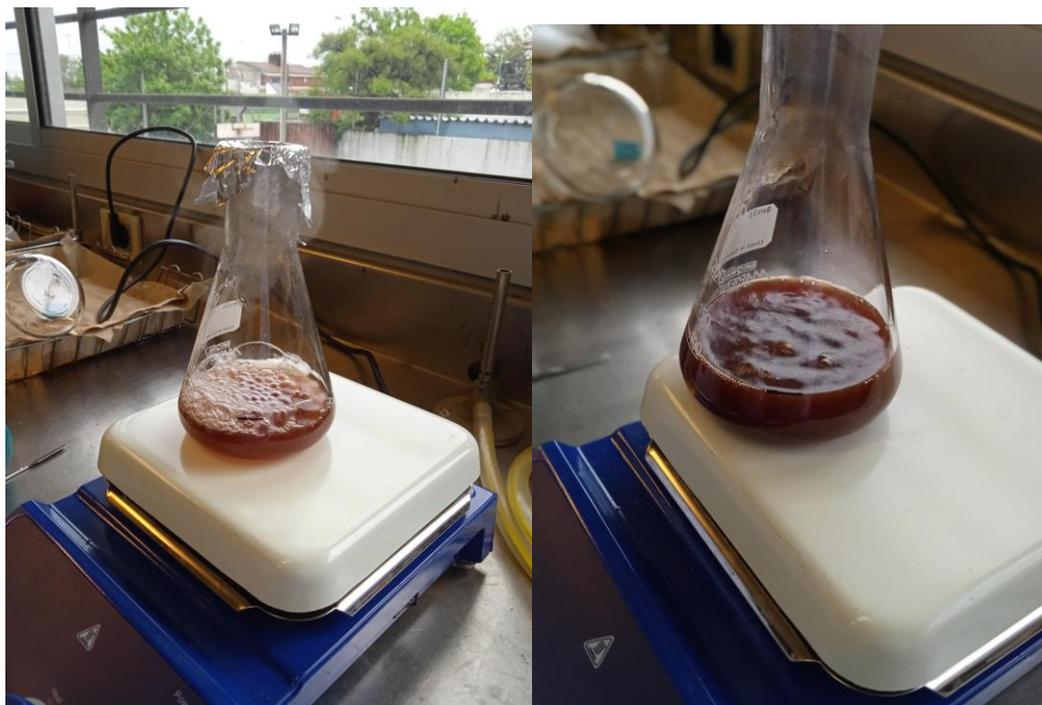
Determinación de Dioxígeno Disuelto:



Coliformes Fecales: (Se realizó el análisis solo de la muestra n°2, equipo VEG)



Oxidabilidad al permanganato:



Clorofila-a:

