



Escuela Técnica de Pando

Determinación de **algunos parámetros** **generales y de fenoles en** **muestras de agua del** **Arroyo Pando**

Alumnas: Giuliana Maurente, Eliana Puppo,
Valentina Videla.

Grupo: 2°BG Química Industrial.

Docentes: Raúl Britos, Anarella Gatto, Gabriela
Moreno, José Toniolo.

Fecha de entrega: 19 de noviembre de 2020

RESUMEN

El proyecto consistió en el análisis cualitativo y cuantitativo de algunos parámetros presentes en el agua de un punto de muestreo del Arroyo Pando (alcalinidad, dióxigeno disuelto, materia orgánica, turbidez, iones, conductividad, temperatura, sólidos totales disueltos - STD). Además de esos parámetros generales, se estudió cuantitativamente los fenoles totales en dos muestras tomadas en diferentes puntos del arroyo. Para poder responder a la pregunta investigable: ¿cómo varía la concentración de fenoles en dos muestras de agua del arroyo Pando? La hipótesis fue que la muestra 1 tomada en el Polo Tecnológico de Pando (34°43'12.4''S y 55°56'48.9''W) tendría una concentración de fenol mayor que la muestra 2 tomada cerca del Parque Nacional Gral. Artigas (34°42'09.9''S y 55°56'44.7''W) ya que la zona en la que se tomó la muestra 1 es una zona industrial por lo que habría mayor presencia de desechos. La idea de estudiar los fenoles surgió debido a que la zona donde se extrajo la muestra es un área empresarial y según el decreto N° 253/79 la concentración de compuestos fenólicos máxima permitida es de 0,2 mg/L, lo que significa que al obtener una concentración mayor a la indicada anteriormente representa una falta sanitaria grave por parte de las empresas e industrias de la zona. La pregunta fue contestada por el método de destilación y cuantificación por fotolorimetría generando una curva de calibración con soluciones de fenol con distintas concentraciones. Llegando a la conclusión de que la muestra 1 contenía una concentración de fenol de $1,32 \times 10^{-4}$ g/L, mientras que en la muestra 2 no se ha detectado la presencia de fenoles, comprobando que la hipótesis es correcta.

INTRODUCCIÓN

Según Plan Proyecto Consultores (s.f.) el agua del arroyo Pando es utilizada para distintos fines, entre ellos pesca, recreación, riego de cultivos, vertido de plantas de tratamiento de efluentes industriales y domésticos, y potabilización. Debido a esto, se decide investigar la presencia de fenoles en dos puntos del arroyo Pando, situándose uno de ellos en una zona industrial y el otro cercano a una planta potabilizadora. Las industrias utilizan estos compuestos fenólicos para diferentes procesos, localizándose una industria papelera en los alrededores del punto de muestreo 1, además de microempresas científicas en desarrollo en el Parque Científico y Tecnológico de Pando. Las actividades para las que se utilizan estas aguas pueden llegar a comprometer la salud humana, por lo que es necesario que se investiguen y conozcan los valores de los parámetros fundamentales que afectan en gran medida la calidad del agua, entre ellos los estudiados (alcalinidad, dióxigeno disuelto, materia orgánica, turbidez, iones, conductividad, temperatura, STD, fenoles).

La concentración de fenoles es generalmente producida por industrias, que utilizan fenoles para diferentes finalidades como por ejemplo su uso como desinfectante en la fabricación de papel, además de su empleo en la industria farmacéutica y agropecuaria ya que muchos fertilizantes y agroquímicos poseen fenoles. Los fenoles a determinada concentración tienen efectos nocivos en la salud, ya que son compuestos que se absorben rápidamente por la inhalación del vapor, contacto con la piel y por ingestión (PRTR España, 2007).

La pregunta investigable es la siguiente: ¿Cómo varía la concentración de fenoles en dos muestras de agua del arroyo Pando tomadas en el mes de octubre de 2020?

Los objetivos planteados son:

- Determinar algunos parámetros generales que influyen en la calidad de agua en un punto del arroyo Pando.
- Determinar y comparar la concentración de compuestos fenólicos en dos puntos del arroyo Pando.

MARCO TEÓRICO

Arroyo Pando

El sector norte y oeste de Canelones se encuentra surcado por arroyos que transportan mayoritariamente sus aguas en sentido Este-Oeste desembocando en el río Santa Lucía. Aportan también a este último importantes sectores de los departamentos de Lavalleja, Florida, Flores, San José y Montevideo. Por otra parte, los arroyos del sector Sur y Este de Canelones drenan sus aguas en sentido Norte-Sur directamente al río de la Plata, siendo uno de ellos el arroyo Pando (Goyenola, 2017).

El arroyo Pando nace en la Cuchilla Grande y desemboca en el río de la Plata, sirviendo como límite entre la Ciudad de la Costa y el balneario Neptunia. Pando es una de las principales ciudades sobre su margen. La cuenca del mismo es de 840 km², siendo su longitud de 57 km, y se encuentra totalmente en el departamento de Canelones. Los principales usos del arroyo son riego agrícola, vertido de plantas de tratamiento de efluentes industriales y domésticos, deportes náuticos y pesca (Plan Proyecto Consultores, s.f.).

De la cuenca del arroyo Pando, en la progresiva 38,5 (0,5 km aguas arriba del cruce con Ruta 8), se encuentra la toma de agua bruta de la planta potabilizadora de la ciudad. En el siguiente tramo la calidad del cuerpo de agua es modificada por una influencia urbana importante en los primeros 5 km, debido al vertido de efluentes de plantas de tratamiento directamente al curso o a través del arroyo Frasquito o de los afluentes a este último. El arroyo Frasquito vierte sus aguas al arroyo Pando en la progresiva km 44 (5 km aguas abajo del cruce del arroyo Pando con la ruta 8). En su último tramo recibe la descarga de la planta de tratamiento de efluentes domésticos de OSE de la ciudad de Pando.

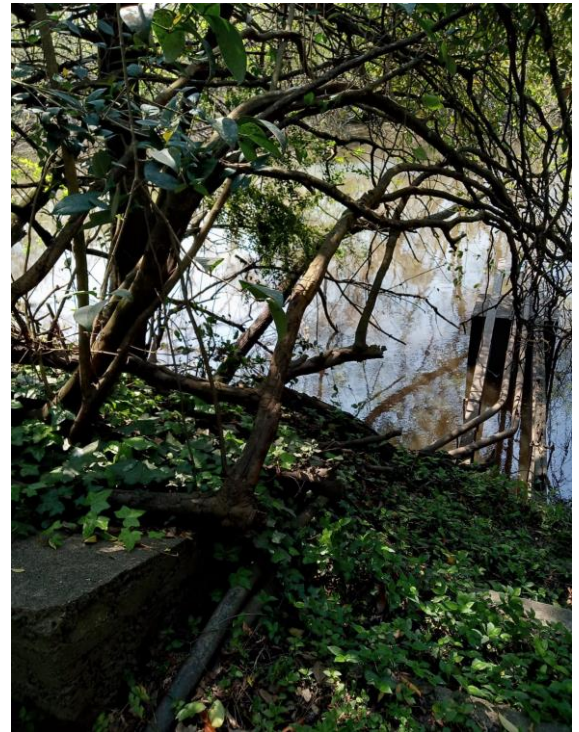


Figura 1. Punto de muestreo 1

(Plan Proyecto Consultores, s.f.)



Según el registro de DINAMA, los vertidos de origen industrial y doméstico se concentran mayoritariamente en las cuencas más cercanas a Montevideo: Colorado/Las Piedras, Canelón Chico, Carrasco y Pando (Goyenola, 2017).

Hasta el 2008, la carencia de conocimiento sobre la calidad de agua en vastos sectores de Canelones, hacía imposible realizar diagnósticos mínimos, evaluar riesgos ambientales, prever el surgimiento de nuevas problemáticas o confrontar alternativas de ordenamiento territorial sobre la luz de las implicancias sociales y ecosistémicas a corto, mediano y largo plazo. En ese contexto, se delineó el Plan Estratégico Departamental de Calidad de Agua (PEDCA) en el que se establecieron las bases para el desarrollo de un plan de monitoreo (Goyenola, 2017). Entre el 14 de marzo y el 22 de abril de 2014 se

realizó el monitoreo de línea de base del arroyo Pando en 4 puntos del mismo, siendo dos de ellos en la zona de Pinar Norte y otros dos en la desembocadura del arroyo Frasquito. Los parámetros ensayados fueron: dióxido disuelto, pH, temperatura, DBO5, coliformes totales y fecales, fósforo total y nitrógeno total (OSE, 2014).

Por otro lado, un estudio realizado por Goyenola, en 2017, determinó que durante la temporada 2016-2017 el arroyo Pando alternó entre períodos aptos y no aptos respecto al estándar de aptitud establecido por la normativa vigente; obteniéndose en promedio un valor 1657 UFC/100 mL de concentración de coliformes termotolerantes. Además comprobó, la calidad del agua de los arroyos mejora a medida que se alejan de las zonas más densamente pobladas.



Figura 3. Puntos de monitoreo de arroyo Pando asociados a la PTAR Pando para los estudios realizados por Goyenola en 2017

Alcalinidad

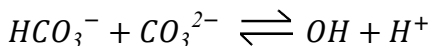
Tabla 1. Resultados del monitoreo del Arroyo Pando realizado por Goyenola en 2017

Fecha muestreo	Punto	DBO5 mg/L	OD mg/L	Pt mg/L	Nt mg/L	Coli fecales UFC/100ml	Coli totales UFC/100ml	Temp °C	pH
14/03/2014	AA barométricas	<2	7,5	1,0	<5	2.500	17.000	23,5	7,7
24/03/2014	AA barométricas	6,0	6,1	0,8	<5	800	42.000	24,0	7,1
09/04/2014	AA barométricas	2,0	6,9	1,1	<5	64.000	120.000	21,0	7,5
22/04/2014	AA barométricas	3,0	6,8	1,0	7,0	1.900	2.800	17,7	7,0
14/03/2014	AAB barométricas	<2	7,2	1,2	<5	3.100	11.000	23,0	7,7
24/03/2014	AAB barométricas	<2	6,6	0,7	<5	1.300	48.000	24,2	7,3
09/04/2014	AAB barométricas	4,0	7,7	1,1	<5	35.000	49.000	19,9	7,6
22/04/2014	AAB barométricas	3,0	6,5	1,0	<5	1.400	5.000	17,7	6,8
14/03/2014	AA desembocadura Aº Frasquito	4,0	11,0	0,8	<5	1.100	30.000	23,0	8,2
24/03/2014	AA desembocadura Aº Frasquito	9,0	18,0	1,3	<5	260.000	330.000	24,2	8,4
09/04/2014	AA desembocadura Aº Frasquito	<2	5,6	0,8	<5	1.100	2.500	21,4	7,6
22/04/2014	AA desembocadura Aº Frasquito	<2	3,2	1,0	7,0	1.500	2.200	17,1	6,8
14/03/2014	AAB desembocadura Aº Frasquito	3,0	8,9	0,9	<5	3.100	80.000	23,0	7,9
24/03/2014	AAB desembocadura Aº Frasquito	16,0	15,0	1,5	<5	170.000	330.000	23,5	8,7
09/04/2014	AAB desembocadura Aº Frasquito	<2	4,9	0,8	<5	1.300	2.400	21,4	7,7
22/04/2014	AAB desembocadura Aº Frasquito	<2	3,0	0,9	8,0	4.100	1.900	17,3	7,0

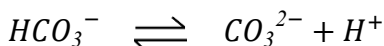
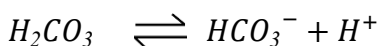
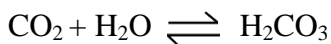
Resultados de los monitoreo del Arroyo Pando

Uno de los parámetros generales a analizar en este proyecto es la alcalinidad de la muestra, una definición corta sería la capacidad para neutralizar ácidos. La alcalinidad en la mayor parte de las aguas naturales superficiales está determinada principalmente por el sistema carbonato.

Es decir:



El sistema carbonato presenta el siguiente sistema en equilibrio:



Este sistema define valores de pH característicos, que nos permiten clasificar la alcalinidad según su naturaleza carbonatada.

Como la mayor parte de las aguas naturales presentan valores de pH entre 6 y 9, y la principal especie que contiene H_2CO_3 en este intervalo es el HCO_3^- . La alcalinidad se equipara a la concentración de hidrógenocarbonato o bicarbonato.

Debido a que la alcalinidad depende del sistema carbonato existente en la muestra, esta puede clasificarse:

- Alcalinidad a la fenolftaleína o alcalinidad cáustica: definida como la cantidad de ácido fuerte (expresada en mol/L), necesaria para disminuir el pH de la muestra a pH- CO_3^{2-} .
- Alcalinidad de carbonatos: definida como la cantidad de ácido fuerte (expresada en mol/L), necesaria para disminuir el pH de la muestra a pH- HCO_3^- .
- Alcalinidad total: definida como la cantidad de ácido fuerte (expresada en mol/L), necesaria para disminuir el pH de la muestra a pH- CO_2 .

(SUNASS, s.f.)

Para determinar la alcalinidad de la muestra de agua es necesario hacer un análisis volumétrico, específicamente, una volumetría.

Las valoraciones incluyen un numeroso grupo de procedimientos cuantitativos basados en la medida de la cantidad de un reactivo de concentración conocida, que es consumida por el analito. De acuerdo con la clasificación general de los métodos de análisis (clásicos, instrumentales y de separación) podemos hablar de valoraciones volumétricas y gravimétricas, técnicas a las que generalmente nos referimos con el nombre de volumetrías y gravimetrías, respectivamente.

En las valoraciones volumétricas se mide el volumen de una solución de concentración conocida necesaria para reaccionar completamente con el analito. Las valoraciones gravimétricas se diferencian de las anteriores en que se mide la masa de reactivo en vez de volumen.

Por tanto, un análisis volumétrico es todo aquel procedimiento basado en la medida de volumen de reactivo necesario para reaccionar con el analito. De este modo, al medir de forma exacta el volumen de reactivo, de concentración perfectamente

conocida, necesario para reaccionar completamente con el analito, podremos calcular su concentración en la muestra. En lo sucesivo a lo largo de este tema y los siguientes dedicados a análisis volumétrico, nos referiremos al mismo con los términos volumetría y/o valoración, aun teniendo claro la diferencia entre ambos.

(Campillo Seva, 2011/2012)

Sólidos totales

De los parámetros generales a analizar están los sólidos totales. Por sólidos se refieren a la materia suspendida o disuelta en el agua a potabilizar o residual. Los sólidos pueden afectar la calidad del agua o la calidad del efluente adversamente. El análisis de sólidos es importante en el control de los procesos biológicos y físicos para el tratamiento de aguas residuales y para el cumplimiento de las normas de MARENA (Aguas residuales, s.f.).

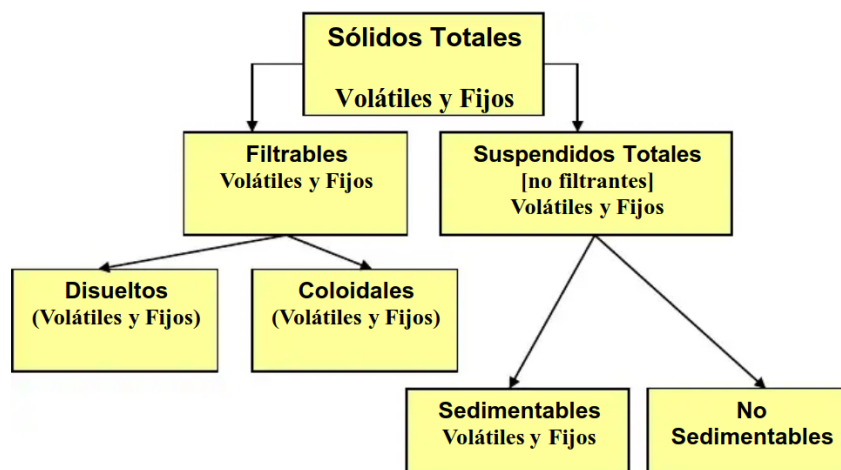


Figura 4. Clasificación de sólidos presentes en el agua.

Sólidos totales disueltos STD

Uno de los parámetros generales a analizar son los sólidos totales disueltos, cuya definición es:

STD es una medida de la materia en una muestra de agua, más pequeña de 2 micrones (2 millionésimas de un metro) y no pueden ser removidos por un filtro tradicional. STD es básicamente la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltos en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua. STD es clasificado como un contaminante secundario por la Agencia de Protección Ambiental de los EU (USEPA) y se sugiere un máximo de 500 mg/L en agua potable. Este estándar secundario se establece porque el STD elevado proporciona al agua una apariencia turbia y disminuye el sabor en ésta. Personas no acostumbradas al agua con alto contenido de STD pueden experimentar irritación gastrointestinal al beberla. STD también pueden interferir con equipos de tratamiento y es importante considerarlo al instalar un sistema de tratamiento de agua. Tratamiento de agua por STD puede lograrse por ósmosis inversa o destilación.

(Sigler y Bauder, s.f.)

Para determinar el contenido de sólidos suspendidos totales presentes en una muestra de agua se realiza una gravimetría; la cual consiste en determinar el incremento de masa que experimenta una cápsula tarada, tras la evaporación en ella de una alícuota de la muestra previamente filtrada y que posteriormente es secada a masa constante a 180 °C. El contenido de sólidos disueltos puede estimarse por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales. Este método es aplicable a todo tipo de aguas (Severiche-Sierra et al., 2013).

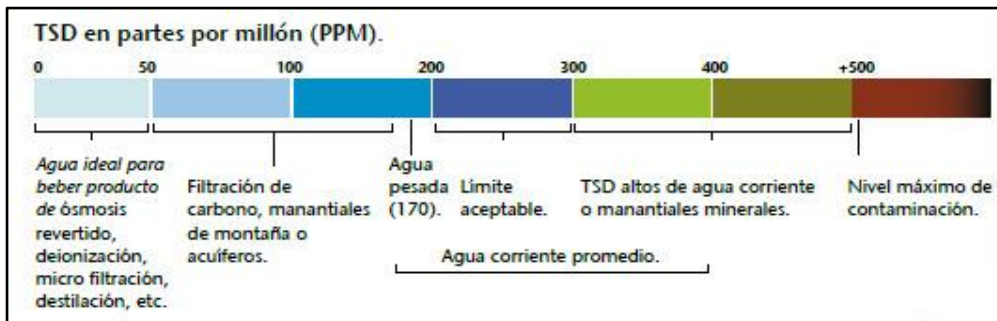


Figura 5. Escala de STD.

Temperatura

De los parámetros generales que se analizaron entre ellos está la temperatura. Su definición es:

La temperatura es un parámetro físico que afecta mediciones de otros como pH, alcalinidad o conductividad. Las temperaturas elevadas resultantes de descargas de agua caliente, pueden tener un impacto ecológico significativo por lo que la medición de la temperatura del cuerpo receptor, resulta útil para evaluar los efectos sobre éste.

(Severiche, Castillo y Acevedo, 2013)

La temperatura de un agua superficial está ligada a la irradiación recibida. La medida de este parámetro es un método simple y solo requiere la inmersión de un termómetro convencional o electrónico en el fluido, un tiempo corto hasta lograr el equilibrio térmico. Es método oficial y debe efectuarse en el momento de toma de la muestra (Universidad de Jaén, 2005).

Conductividad

Tabla de conductividad del Agua	
Agua ultra pura	0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua destilada	0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua de montaña	1,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua doméstica	500 a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Max. Para agua potable	1055 mS/cm
Agua de mar	56 mS/cm
Agua salobre	100 mS/cm

Los electrolitos disueltos en agua producen conductividad, la cual es muy baja en el agua pura. Se comprende que exista una relación entre ella y la cantidad de electrolitos que contiene, es decir, su residuo seco. En un agua natural no muy contaminada, se cumple que el valor de residuo seco oscila entre 0,5 y 1 veces el valor de conductividad, expresada en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Universidad de Jaén, 2005). La conductividad en el agua natural está mediatizada por el origen de los aniones y cationes mencionados, es decir, por el terreno que atraviesa y por la posibilidad

de disolución de rocas y materiales, por la concentración, movilidad y valencia de estos iones, el tiempo de disolución, temperatura, pH y toda la serie de factores que puedan afectar la solubilidad de un soluto en agua (DINAMA, 2017).

Iones

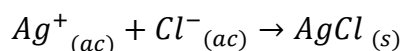
El cloruro es uno de los iones que se encuentran presentes casi siempre, debido a la elevada solubilidad de sus sales; éstos pasan rápidamente a la fase acuosa pudiendo alcanzar concentraciones muy altas. Son unos de los principales indicadores de contaminación residual vertida a un cauce natural (Universidad de Jaén, 2005). Su presencia se atribuye a la contaminación proveniente de diversos efluentes de la actividad industrial, aguas excedentarias de riegos agrícolas y sobre todo de las minas de sales potásicas. A veces puede presentarse un incremento esporádico de las concentraciones del anión como consecuencia de contaminaciones domésticas, en particular procedentes de la orina del hombre y de los animales, que contiene en promedio 5 g/L de ion Cl^- (Universitat Politècnica de Catalunya, s.f.).

De forma natural, los iones de cloruro se encuentran en el agua por la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua. Puede servir de señal de alerta acerca de la probabilidad de que el agua presente contaminación también de carácter microbiológico patógeno e indeseable. En las aguas superficiales no polucionadas, la concentración de cloruros varía entre 20 mg/L y 40 mg/L, incluso llegando a contener menores concentraciones. Al ser altamente corrosivo, este ion da lugar a los deterioros y picaduras en tuberías y sistemas de distribución de aguas, así como en equipos industriales que operen con aguas ricas en cloruros (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A., 2012).

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

(Britos, Moreno y Otte, 2016)

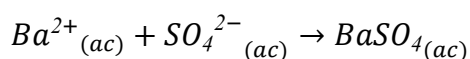
De esta manera, se generan cationes plata en solución que precipitan con los aniones Cl^- presentes:



(Britos, Moreno y Otte, 2016)

Los sulfatos son compuestos que se encuentran presentes en el agua de forma natural, normalmente en bajas concentraciones, debido al lavado y la disolución parcial de materiales del terreno por el que discurre (formaciones rocosas compuestas de yeso principalmente y suelos sulfatados). También pueden presentarse como consecuencia de descargas de aguas industriales y por la utilización de fertilizantes agrícolas (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A., 2012). Los sulfatos forman sales solubles en agua, a excepción de los de Pb, Ba y Sr, y se hallan distribuidos en todas las aguas en forma de sales alcalinas o alcalinotérreas. Como efecto negativo, los altos contenidos de sulfatos (300 mg/L o más) en aguas destinadas a obras públicas, generan la sal de Candlot-Michaelis, conocida como “cáncer del cemento”, la cual destruye irremisiblemente el hormigón. Como efecto positivo, se debe destacar que aguas con importante contenido en sulfatos, insolubilizan metales pesados allí presentes y minimizan su toxicidad, debido a que los valores del producto de solubilidad de sus sales son muy bajos (Martínez Moya, 2017).

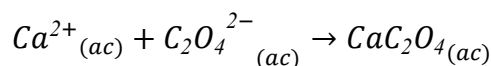
“Los iones sulfato se pueden reconocer usando como reactivo el cloruro de bario formando un precipitado blanco de sulfato de bario insoluble en medio ácido.” El medio debe ser ácido porque podría falsearse la reacción debido a la presencia de carbonato en la solución. Así, el sulfato de bario blanco es el único compuesto insoluble:



(Britos, Moreno y Otte, 2016)

El calcio, junto con el magnesio, es el principal causante de la dureza del agua. Normalmente forma sales solubles con muchos aniones, lo que lo convierte en un catión mayoritario en las aguas. Las aguas dulces suelen contener de 10 a 250 ppm, pudiendo llegar hasta 600 ppm, y siendo valores tan variables porque están asociados al nivel de mineralización. Este ion representa más un problema económico por las incrustaciones en cañerías, que un problema de salud. El Ca^{2+} pasa al agua por dos vías: solución cuando proviene de sulfatos y silicatos, y/o por la acción agresiva del CO_2 disuelto en el agua cuando se trata de Ca^{2+} presente en calizas, margas y dolomitas (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A., 2012).

Se puede determinar la presencia de calcio a través de su reacción de precipitación con iones oxalato, el cual resulta en un precipitado blanco:



(Britos, Moreno, Otte y 2016)

pH

El pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua, definiéndose como la concentración de iones de hidrógeno en el agua. La mayoría de los ambientes naturales tienen un pH entre 4 y 9, encontrándose las aguas superficiales en el intervalo de pH de 6 a 8,5 (Universidad de Jaén, 2005). Un margen estrecho en los valores del pH es requerido para la supervivencia y crecimiento de los organismos acuáticos, así como para no alterar la concentración de otras sustancias en el agua que podrían modificar el nivel de toxicidad debido a un alto valor de este parámetro, ni aumentar la cantidad de mercurio soluble en el agua como consecuencia de su disminución. Un aumento en el pH puede, además, causar la conversión del amoníaco no tóxico a la forma de amoníaco tóxico (amoníaco sin ionizar). Estas variaciones del pH, dependen tanto del equilibrio carbónico y de la actividad vital de los organismos acuáticos, como de la dinámica térmica del curso de agua y de los vertidos de aguas residuales (Water Boards, s.f.).

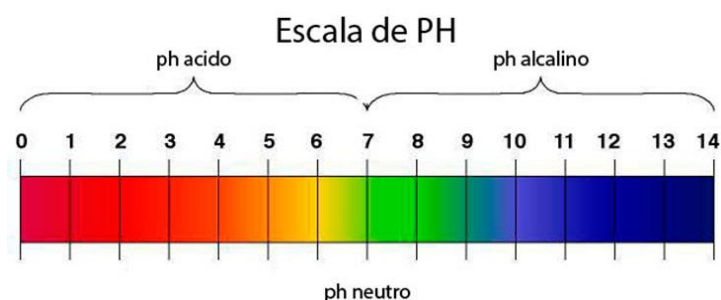


Figura 6. Escala de pH

Materia orgánica

La materia orgánica es catalogada como una de las impurezas del agua que más predomina. La mayoría de la materia orgánica es de origen natural y un pequeño porcentaje es debido a la contaminación de los desechos arrojados a las aguas. La materia orgánica que contiene el agua puede afectar su color, su sabor y su olor (Interempresas, 2016).



Figura 7. pH-metro.

La materia orgánica que penetra en el agua es inicialmente particulada y, si suficientemente grandes, las partículas se depositan en el fondo. De lo contrario, permanecen suspendidas en el agua como materia particulada. La materia orgánica, ya sea que se asiente o quede suspendida, es lixiviada de sustancias solubles por el agua. Esto resulta en materia orgánica soluble en la columna de agua. (Boyd, 2017).

Demanda Química de Oxígeno

La demanda de oxígeno de un agua es la cantidad de dióxígeno que es consumido por las sustancias contaminantes que están en ese agua durante un cierto tiempo, ya sean sustancias contaminantes orgánicas o inorgánicas. Las técnicas basadas en el consumo de dióxígeno son la demanda química de dióxígeno, DQO, la demanda bioquímica del dióxígeno (DBO) y el carbono orgánico total, COT o TOC.

(estrucplan, 2000)

CUADRO II. CRITERIOS DE BIODEGRADABILIDAD SEGÚN LA RELACIÓN DBO ₅ */DQO** (Ardila <i>et al.</i> 2012)	
DBO ₅ /DQO	Carácter
> 0.8	Muy biodegradable
0.7 – 0.8	Biodegradable
0.3 – 0.7	Poco biodegradable
< 0.3	No biodegradable

* Demanda bioquímica de oxígeno transcurridos cinco días de reacción; ** Demanda química de oxígeno

Tabla 3. Criterios de biodegradabilidad según la relación DBO y DQO

“El ensayo de la DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. En el ensayo, se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido” (estrucplan, 2000). Los métodos de análisis más utilizados para la materia orgánica en conjunto se basan en su capacidad de oxidarse, ya que siempre es posible oxidar el C de los compuestos orgánicos (con mayor o menor facilidad) hasta CO_2 . Para dicha oxidación se emplean distintos reactivos como el dicromato (para aquellas aguas contaminadas, con DQO > 30-50 mg/L) o el permanganato de potasio (para aquellas aguas poco contaminadas). Lo que se oxida es la materia oxidable ya sea orgánica o inorgánica (reductores inorgánicos tales como sales de hierro (II), sulfuros o nitritos). La concentración de materia orgánica se expresa por equivalencia, mediante la cantidad de reactivo necesaria para completar la oxidación (Sala Docente, 2014).

El ensayo con permanganato se realiza a través de una valoración a la cual se le denomina permanganimetría; siendo la misma en medio ácido, ya que de esta manera el potencial oxidante del reactivo es más favorable. El permanganato reacciona de la siguiente manera en medio ácido: $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$ y dicha valoración se realiza por retroceso (Sala Docente, 2014). Este tipo de valoración consiste en añadir al analito un exceso conocido del reactivo valorante, y se usa un segundo reactivo estándar para valorar el exceso del primer reactivo (Campillo Seva, 2011/2012).

Estas valoraciones se usan principalmente cuando:

- El punto final de la valoración por retroceso es más claro que el de la valoración directa.
- Se necesita un exceso del primer reactivo para que se dé por completo la reacción con el analito.
- La reacción de la valoración directa no es favorable, por ejemplo tiene una cinética lenta.

La valoración de anión oxalato con anión permanganato, valorando el exceso de este último con hierro (II) es un ejemplo de valoración por retroceso.

(Campillo Seva, 2011/2012)

“La conversión de índice de permanganato a cantidad de O_2 necesaria se realiza por equivalencia de capacidad oxidante (de captación de electrones), se calcula dividiendo el índice de permanganato por 3,9. Una oxidabilidad al permanganato de más de 5 mg de oxígeno por litro de agua lleva a calificarla como agua no potable” (Sala Docente, 2014).

Coliformes fecales

El problema de la contaminación de las fuentes naturales de agua, tanto superficiales como subterráneas, ha cobrado importancia en los últimos años, siendo los organismos enteropatógenos uno de los principales contaminantes fecales (EPA, 2005). El desarrollo de la civilización e incremento desmedido de la población ha generado un vertido desordenado de residuos a los cursos de agua (Seoanez, 1999), contaminando con organismos patógenos intestinales variados procedentes de heces humanas y animales (Solarte et al., 2006).

Los desechos humanos y de animales “entran al agua a partir de una gran variedad de fuentes como las plantas tratadoras de aguas residuales, sistemas sépticos, las operaciones de ganado, la fauna, la escorrentía de las tierras rurales y urbanas, y actividades agrícolas. El más grande impacto de la contaminación del agua sobre la salud humana es a través de la ingestión, al actuar como un vehículo importante para la transmisión de enfermedades” (Olivas-Enriquez et al., 2011).

Los coliformes totales no siempre indican reciente contaminación fecal del agua, ni son patógenos, pero su presencia en agua potabilizada es usada para determinar si la desinfección es efectiva, y su número debe ser cero en agua para beber. En cuerpos de agua su presencia indica presencia de suelo, sedimento u otra fuente de coliformes (Janke et al., 2006).

El aumento de este tipo de microorganismos está relacionado con cambios dramáticos en el ambiente y en la población incrementados por los procesos de urbanización, la expansión de la pobreza, la ocupación de regiones no habitadas anteriormente, las migraciones no controladas con gran número de refugiados y desplazados, la facilidad y rapidez en los desplazamientos y el movimiento creciente de animales y de productos de origen animal. A esto se suma que la resistencia a los agentes antimicrobianos continúa reduciendo la eficacia de los medicamentos incrementando los niveles de mortalidad y de costos sanitarios.

(Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, s.f., p.224)

Turbidez

La presencia de partículas en suspensión, como por ejemplo: algas, tierra, basura y acumulación del sedimento, es medida por un parámetro llamado turbidez, el cual indica la transparencia de un líquido y se mide en NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez). La estancia de estas partículas en el agua influye en la adhesión de metales pesados y otros contaminantes. Así, cuanto mayor sea la cantidad de sólidos en suspensión presentes en un agua, mayor será la turbidez. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la turbidez



Figura 8. Disco de Secchi.

de agua para el consumo humano no debe ser superior en ningún caso a 5 NTU, siendo ideal una medida por debajo de los valores de 1 NTU (Méndez, 2011).

Para medir la turbidez se utiliza un disco de Secchi, éste se sumerge en el agua hasta que ya no se pueda ver. Luego se determina la profundidad a la que ya no se visualiza el disco y con la siguiente tabla se determina el valor de la turbidez:

Tabla 4. Equivalencia entre medida de la profundidad del disco (en cm) y las 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

Dioxígeno disuelto

En un cuerpo de agua se produce y a la vez se consume dioxígeno. La producción de dioxígeno está relacionada con la fotosíntesis, mientras el consumo dependerá de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas. También puede intercambiarse dioxígeno con la atmósfera por difusión o mezcla turbulenta. La concentración total de dioxígeno disuelto ([OD]) dependerá del balance entre todos estos fenómenos.

(Facultad de Ciencias, s.f.)

La [OD] es dependiente de la temperatura y, a su vez, varía durante el día, llegando a valores más altos luego del mediodía y más bajos en la noche. Aguas más cálidas son capaces de disolver menores cantidades de dioxígeno. Es posible además observar variaciones estacionales. La [OD] se puede medir tanto en miligramos por litro (mg/L) como en porcentaje de saturación (%). (Facultad de Ciencias, s.f.)

Tabla 5. Relación entre la concentración de dioxígeno disuelto y sus efectos en el medio.

[OD] mg/L	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios.
0-5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles.
5-8	Aceptable	[OD] adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.
8-12	Buena	
>12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética.

Color

En aguas naturales el color proviene de las numerosas materias orgánicas provenientes de la descomposición de vegetales, así como de diversos productos y metabolitos orgánicos que habitualmente se encuentran en ellas (colocaciones amarillentas). Además, la presencia de sales solubles de Fe y Mn (aguas subterráneas y superficiales poco oxigenadas) también produce un cierto color en el agua.

(Universidad de Jaén, 2005)

Fenoles

El objetivo principal de esta práctica es la cuantificación de fenoles (C_6H_5OH) en dos muestras de agua tomadas en diferentes puntos del arroyo Pando.

Los fenoles son compuestos orgánicos aromáticos que contienen el grupo hidroxilo (OH) como grupo funcional. La débil acidez del grupo fenólico ha determinado que estas sustancias sean agrupadas químicamente junto a los ácidos carboxílicos y a los taninos, conformando así el grupo de los ácidos orgánicos. Las concentraciones naturales de compuestos fenólicos son usualmente inferiores a $1 \mu\text{g/L}$ y los más habituales son los fenoles, cresoles y los ácidos siríngico, vainílico y p-hidroxibenzoico.

(PRTR España, 2007)

La concentración natural de estos compuestos, como se indicó en la definición citada, es muy baja por lo que si la concentración de fenoles totales es mayor a la expresada anteriormente significa que el agua está contaminada con desechos fenólicos. Esta contaminación generalmente es producida por industrias, que utilizan fenoles para diferentes finalidades como por ejemplo su uso como desinfectante en la fabricación de papel, además de su empleo en la industria farmacéutica y agropecuaria ya que muchos fertilizantes y agroquímicos poseen fenoles (PRTR España, 2007).

Los fenoles a determinada concentración tienen efectos nocivos en la salud, ya que son compuestos que se absorben rápidamente por la inhalación del vapor, contacto con la piel y por ingestión. Respecto de su incidencia con el medio ambiente, es una sustancia nociva para los organismos acuáticos, provocando efectos adversos de distinta magnitud en función de la concentración a la que se encuentren expuestos. Esta sustancia está clasificada como Compuesto Orgánico Volátil (VOC) y puede contribuir potencialmente a la formación de ozono troposférico, dañino para los cultivos, la fauna y el hombre (PRTR, 2007).

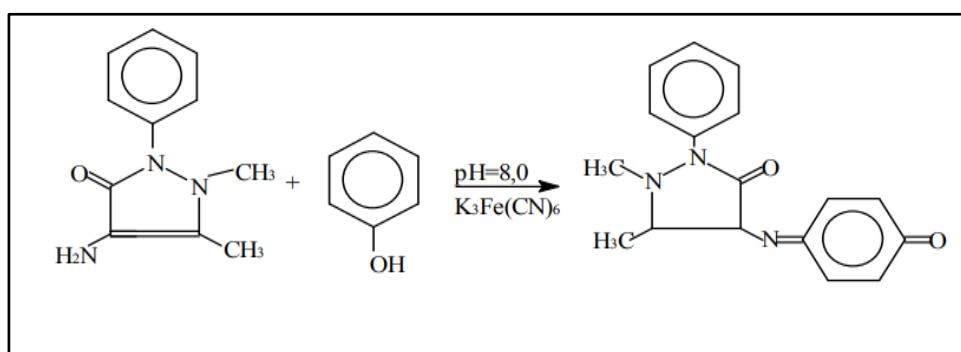


Figura 8. Reacción de 4-aminoantipirina con fenol o compuesto fenólico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tabla 6. Plan de muestreo

Plan de Muestreo	
Plan de muestreo	Arroyo Pando - Pando - Canelones - Uruguay Toma de muestra de agua. Fecha: 01/10/2020 Hora: 11:58 Estudiantes que efectuarán el muestreo: Giuliana Maurente, Eliana Puppo, Valentina Videla. Lugar: Polo Tecnológico de Pando.
Objetivos del muestreo	Determinar los parámetros de las aguas del arroyo a partir de diversas muestras representativas tomadas en un mismo punto.
Naturaleza de la muestra	Agua procedente de captaciones fluviales y de lluvia, sin depurar, de la que se espera ningún tipo de contaminación específica.
Identificación de los puntos de muestreo	Total de muestras: 3. Superficiales: 3 de 0,5 L.
Equipos de muestreo	Botella plástica de 500 mL, disco Secchi, termómetro y tirillas de pH.
Método de muestreo	Muestreo simple.
Identificación de la muestra	La etiqueta incluirá los siguientes datos: fecha, hora, lugar de muestreo, identificación de la muestra (tipo de muestra), nombres de los estudiantes que realizan el muestreo, método del muestreo, información adicional (temperatura ambiente, valor de pH medido con tirillas, turbidez).
Equipo de conservación de la muestra	<ul style="list-style-type: none">• Contenedor con propiedades de aislamiento térmico.• Gel refrigerante.
Conservación de la muestra	Para los análisis que se realizarán posteriormente en el laboratorio se necesita conservar la muestra entre 2-5 °C. Para mantener estas condiciones se introdujeron las botellas con la muestra en una conservadora con gel refrigerante congelado.
Transporte de la muestra	Durante el transporte el contenedor debe protegerse de la luz solar.
Instrumentos para el análisis de campo	<ul style="list-style-type: none">• Termómetro.• Tiras de pH.• Disco Secchi.
Análisis de campo	Determinación in situ los siguientes parámetros: <ul style="list-style-type: none">• Temperatura.• pH.• Turbidez.

Investigación de presencia de iones y materia orgánica

Materiales

- Gradilla con tubos de ensayo
- Vasos de Bohemia
- Varilla de vidrio

- Cuentagotas
- Mechero

Sustancias/soluciones

- Muestras de agua
- Nitrato de plata al 3 %
- Cloruro de bario 1 mol/L
- Oxalato de potasio 1 mol/L
- Ácido sulfúrico concentrado
- Permanganato de potasio 0,01 mol/L
- Ácido nítrico concentrado
- Ácido clorhídrico 6 mol/L
- Ácido acético 2 mol/L.

Materia orgánica:

1. Se añadió a la muestra de agua una gota de solución de permanganato de potasio ($KMnO_4$) y una gota de ácido sulfúrico.
2. Se calentó la muestra, tomando en cuenta que la decoloración del permanganato (violeta) indica que existe materia orgánica.

Ensayo de aniones y cationes:

Cloruros (Cl^-)

1. Se añadió a la muestra de agua 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, tomando en cuenta que la aparición de un precipitado blanco indica que existen cloruros.

Sulfatos (SO_4^{2-})

1. Se añadió a la muestra de agua una gota de ácido clorhídrico 6 mol/L y unas gotas de solución de cloruro de bario ($BaCl_2$).
2. Se agitó, tomando en cuenta que la aparición de un precipitado insoluble blanco indica que existen sulfatos.

Calcio (Ca^{2+})

1. Se añadió a la muestra de agua 3 gotas de ácido acético diluido.
2. Se agregaron unas gotas de solución de oxalato de potasio ($K_2C_2O_4$).
3. Se agitó, tomando en cuenta que la aparición de un precipitado insoluble blanco de oxalato de calcio indica que existen iones calcio.

Determinación de alcalinidad

Materiales

- Matraz Erlenmeyer 250 mL
- Bureta de $(10,00 \pm 0,05)$ mL
- Pipetas aforadas de $(10,00 \pm 0,04)$ mL y $(50,00 \pm 0,05)$ mL
- Matraz aforado de $(100,0 \pm 0,1)$ mL

Sustancias/soluciones

- Solución de ácido sulfúrico 0,01 N.

- Solución de carbonato de sodio (patrón primario) preparada a partir de la sal anhidra en matraz aforado de 100,00 mL.
- Indicador heliantina

Procedimiento

Solución patrón primario de carbonato de sodio (Na_2CO_3):

1. Se midió en balanza analítica ~ 0,63 g de carbonato de sodio de forma exacta.
2. Se transfirió a matraz aforado, se agregó agua destilada hasta 1 cm antes del aforo, se secó el cuello del matraz y se enrasó con pipeta Pasteur.
3. Se tapó y agitó 4 veces.

Titulación de la solución de ácido sulfúrico:

1. Se realizó una toma de 10,00 mL de solución estándar de carbonato de sodio.
2. Se agregaron 2 gotas de heliantina.
3. Se tituló con solución de ácido sulfúrico 0,01 N agitando continuamente hasta 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 llevó a matraz Erlenmeyer.
2. El pH de la muestra fue menor a 8,2 por lo que se agregaron unas gotas de heliantina y se tituló con la solución de ácido sulfúrico hasta viraje del indicador a color anaranjado-salmón (alcalinidad total).

Determinación de dióxígeno disuelto

Materiales

- Frasco de plástico de 100 mL con tapa
- Bandeja de telgopor
- Pipetas Pasteur
- Matraz Erlenmeyer
- Probeta de $(50,0 \pm 0,5)$ mL
- Bureta de $(10,00 \pm 0,5)$ mL y soporte
- Vaso de Bohemia de 50 mL

Sustancias/soluciones

- Soluciones 1, 2, 3 y 4
- Ácido sulfúrico concentrado

Procedimiento para la 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 ($MnSO_4 \cdot 5H_2O$). Se agitó bien hasta que el sólido se disolvió completamente (durante este proceso la mezcla se calentó). El ácido sulfúrico es un ácido fuerte por lo que fue 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 aumentó su temperatura). El hidróxido de sodio

es una sustancia muy corrosiva, por lo que fue manejada siempre con mucho cuidado usando guantes y lentes de seguridad.

Solución 3: Solución al 1 % de almidón soluble.

Solución 4: Se agregaron 500 mL de agua destilada al frasco etiquetado como “Solución 4” que contenía 1,24 g de tiosulfato de sodio pentahidratado ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$). Se agitó bien hasta que el sólido se disolvió completamente.

Procedimiento para la determinación de dióxígeno 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.
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 vió que parte del agua que estaba en el frasco se derramaba sobre la bandeja.
3. Se agregó, de la misma manera, 1 mL de solución 2. Comenzó a observarse 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 agitó 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 agregó 1 mL de ácido sulfúrico concentrado con una pipeta Pasteur por encima de la superficie del líquido (esta vez no se sumergió la pipeta).
7. Se tapó nuevamente el frasco sin dejar burbujas de aire (se volcó una pequeña cantidad del contenido del frasco).
8. Se agitó vigorosamente hasta que se disolvió por completo el precipitado formado.
9. Con la probeta se midieron 50 mL de esta solución y se colocó en un matraz Erlenmeyer.
10. Se agregó 1 mL de solución 3 usando una pipeta Pasteur.
11. 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 que desapareció el color azul.
13. Se anotó el volumen de solución 4 usado (llamado gasto) para realizar los cálculos.

Oxidabilidad al permanganato

Materiales:

- Plancha calefactora con agitador magnético.
- Soporte y pinza.
- Bureta ($25,00 \pm 0,05$) mL
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- Pipeta aforada ($50,00 \pm 0,05$) mL
- Pipeta aforada ($10,000 \pm 0,04$) mL

Sustancias y soluciones:

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

Procedimiento:

1. Se colocó en un matraz Erlenmeyer 100,00 mL de la muestra de agua y se añadió unos trozos de piedras de ebullición. Se marcó el nivel inicial del agua.
2. Se acidificó añadiendo 3 mL de H_2SO_4 (concentración 1:1) haciéndolo resbalar por las paredes.
3. Se tapó el matraz con papel aluminio y se colocó sobre una plancha calefactora y se llevó a ebullición por 5 minutos.
4. Mientras estaba en ebullición se agregaron 10,00 mL de permanganato de potasio de forma exacta y se dejó hervir por 10 minutos exactamente.
5. Se añadieron 10,00 mL de ácido oxálico 0,050 mol/L y se calentó hasta que el color rosado desapareció.
6. Se introdujo la solución de permanganato de potasio en bureta.
7. Se introdujo un imán en el matraz Erlenmeyer, se colocó en una plancha con agitador magnético, manteniendo una temperatura de 80 °C.
8. Se valoró la muestra gota a gota con la solución de permanganato de potasio (hasta un color rosado tenue que perduró por 30 segundos).
9. Se repitió el procedimiento 3 veces.



Figuras 9 y 10. Fotografías del trabajo en el laboratorio en la práctica de oxidabilidad al permanganato

Determinación de fenoles

Materiales

- Fotocolorímetro (filtro 530 nm)
- pH-metro
- Matraz Erlenmeyer 100 mL
- Matraz aforado ($250,00 \pm 0,15$) mL
- Vasos de Bohemia 100 mL
- Pipeta aforada ($10,00 \pm 0,04$) mL
- Pipeta graduada 2 mL
- Pipeta graduada 1 mL
- Bureta ($25,0 \pm 0,1$) mL
- Bureta ($10,00 \pm 0,04$) mL

Sustancias/soluciones

- Agua destilada
- Muestra de agua a analizar

- 4-Aminoantipirina
- Fenol
- Ferricianuro potásico
- Solución de hidróxido de amonio 25 %
- Cloruro de amonio
- Tartrato doble de sodio y potasio

Procedimiento de destilación de la muestra

Se transfirió cuantitativamente la muestra al balón de destilación. Se destiló hasta que se obtuvieron aproximadamente 150 mL, se apagó la unidad de calentamiento, y se dejó enfriar aproximadamente 15 minutos y se agregó al balón 50 mL más de agua. Se destiló hasta que se obtuvieron aproximadamente 200,00 mL en el balón aforado, se completó a volumen. Se filtraron tanto muestras como patrones a modo de evitar el arrastre de grasa y otras impurezas del sistema al balón aforado de 200,00 mL. Los estándares y controles tuvieron el mismo procedimiento que las muestras



Figura 11. Fotografía del proceso de destilación de la muestra.

Procedimiento de preparación de soluciones para determinación de fenoles

Preparación de la solución tampón de pH 9,5:

1. Se masaron 3,4 g de cloruro amónico, 0,2 g tartrato de sodio y potasio y se disolvieron en aproximadamente 80 mL de agua destilada.
2. Se añadieron 1,5 mL de solución de hidróxido amónico y se ajustó el pH de la solución a un valor de 9,5 mediante la adición de la solución de hidróxido amónico.
3. Se ajustó el volumen a 100 mL con agua destilada.

Preparación de la solución de 4-aminoantipirina:

- Se masaron 2 g de 4-aminoantipirina y se disolvió en 100 mL de agua destilada.

Preparación de la solución de ferricianuro de potasio:

- Se masaron 2 g de ferricianuro de potasio y se disolvieron en 100 mL de agua destilada.

Preparación de solución 0,5 g/L de fenol:

- Se masaron 0,125 g de fenol y se disolvieron en 250,00 mL



Figura 12. Fotografía de trabajo en el laboratorio en la práctica de cuantificación de fenoles



Figura 13. Soluciones preparadas para la práctica de cuantificación de fenoles

Preparación de la curva de calibración de fenoles:

En una serie de tubos de ensayo se introdujeron sucesivamente:

Tabla 7. Volumen de soluciones (en mL) para la preparación de la curva de calibración del fotocolorímetro para la práctica de cuantificación de fenoles.

	Blanco	I	II	III	IV
Solución patrón de fenol de 0,5 g/L (mL)	0	0,05	0,1	0,15	0,2
Agua destilada (mL)	10	9,95	9,9	9,85	9,8
Solución tampón (mL)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Solución de 4-aminoantipirina (mL)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Solución de ferricianuro de potasio (mL)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Sólidos (totales, disueltos y volátiles)

Materiales

- Baño de agua
- Mufla
- Recipiente esterilizado
- Estufa
- Cápsulas de porcelana
- Desecador
- Balanza analítica
- Pipeta aforada de (20,00 ± 0,03) mL
- Pinzas metálicas para cápsula

Procedimiento de secado de las cápsulas: Se colocaron las cápsulas en la mufla a 550 °C por una hora

Procedimiento de análisis de la muestra

1. Se colocó la cápsula en un desecador hasta que equilibró su temperatura.
2. Se determinó su masa en balanza analítica y se registró dicho valor como m_1 .
3. Se agitó la muestra por inversión para homogeneizar y se realizó una toma en volumen de 20,00 mL con pipeta aforada, el cual se transfirió a la cápsula.
4. Se evaporó el agua de la muestra en la estufa.
5. Se colocó la cápsula en el desecador hasta que alcanzó temperatura ambiente
6. Se midió la masa de la cápsula y se registró como m_2 .
7. Se calcinó la muestra a 550 °C durante 2 horas en la mufla.
8. Se colocó en el desecador hasta que alcanzó la temperatura ambiente
9. Se midió su masa y se registró como m_3 .

RESULTADOS Y TRATAMIENTO DE DATOS

Tabla 8. Parámetros generales

Parámetro	Valor u observación en muestra 1	Valor u observación en muestra 2
Temperatura	(17,0 ± 0,1) °C	(15,0 ± 0,1) °C
pH (tirillas)	6	7
pH (pH-metro)	(6,67 ± 0,01)	(7,00 ± 0,01)
Turbidez	12 NTU	14 NTU
Color	Marrón claro	Verde oscuro
Salinidad	(0,20±0,01) ppt	(0,20±0,01) ppt
ST	215 mg/L	11,05 mg/L
STD	300 ppm	320 ppm
STF	210 mg/L	6,9 mg/L
STV	5 mg/L	4,15 mg/L
Conductividad	(500±1) μS/cm	(470±1) μS/cm
Dioxígeno disuelto	7,76 ppm	6,13 ppm
Alcalinidad	(189,3 ± 2) mg/L	(202±8) mg CaCO ₃ /L
Materia orgánica	Presenta	Presenta
DQO (oxidabilidad al permanganato)	22,374 mg O ₂ /L	67,949 mg O ₂ /L
	26,101 mg O ₂ /L	55,346 mg O ₂ /L
	51,457 mg O ₂ /L	26,388 mg O ₂ /L
Cloruros (Cl ⁻)	Presenta	Presenta
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	Presenta	Presenta
Calcio (Ca ²⁺)	Presenta	Presenta

Determinación de fenoles



Figuras 14 y 15. Soluciones empleadas para hacer la curva de calibración de fenoles.



Figura 16. Fotocolorímetro empleado en la práctica.

Masa real de fenol = 0,145 g

Concentración del fenol (expresada en g/L) = $\frac{0,145 \text{ g de fenol}}{0,250 \text{ L}} = 0,58 \text{ g/L}$

$$\delta C \left(\frac{\text{g}}{\text{L}} \right) \text{ solución de fenol} = C \left(\frac{\text{g}}{\text{L}} \right) \times \left(\frac{\delta m}{m} + \frac{\delta V}{V} \right)$$

$$\delta C \left(\frac{\text{g}}{\text{L}} \right) \text{ solución de fenol} = 0,58 \frac{\text{g}}{\text{L}} \times \left(\frac{0,001 \text{ g}}{0,145 \text{ g}} + \frac{0,15 \text{ mL}}{250,00 \text{ mL}} \right) = 4,348 \times 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Diluciones de la solución de fenol 0,58 g/L para la curva de calibración:

$$C_{\text{final}} = \frac{C_{\text{inicial}} \times V_{\text{inicial}}}{V_{\text{final}}}$$

$$C_{\text{final}} = \frac{0,58 \frac{\text{g}}{\text{L}} \times 0,05 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = 0,0029 \text{ g/L}$$

$$C_{\text{final}} = \frac{0,58 \frac{\text{g}}{\text{L}} \times 0,1 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = 0,0058 \text{ g/L}$$

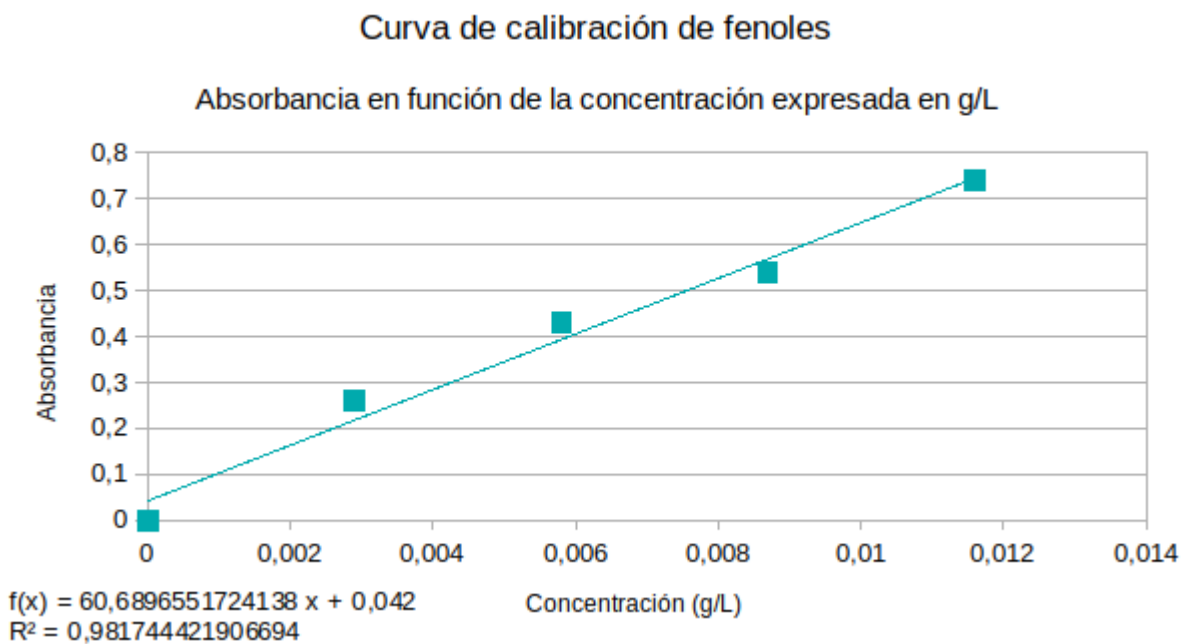
$$C_{\text{final}} = \frac{0,58 \frac{\text{g}}{\text{L}} \times 0,15 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = 0,0087 \text{ g/L}$$

$$C_{\text{final}} = \frac{0,58 \frac{\text{g}}{\text{L}} \times 0,2 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = 0,0116 \text{ g/L}$$

Concentración de fenoles de las muestras:

Tabla 9. Concentración y absorbancia de fenoles para la curva de calibración:

	Concentración (g/L)	Absorbancia
Blanco	0,0000	0,00
1	0,0029	0,26
2	0,0058	0,43
3	0,0087	0,54
4	0,0116	0,74



Ecuación de la recta:

$$\text{Absorbancia} = 60,6896551724138 \times C + 0,042$$

$$C = \frac{\text{Absorbancia} - 0,042}{60,6896551724138}$$

$$C \text{ fenoles muestra 1} = \frac{0,05 - 0,042}{60,6896551724138} = 0,0001318181818 \text{ g/L}$$

$$C \text{ fenoles muestra 1} = 0,131818181 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Sólidos (totales, fijos y volátiles)

Tabla 10. Medición de masas para sólidos totales, fijos y volátiles

Toma de volumen	m₁ (crisol) (±0,0001g)	V agua (±0,03mL)	m₂ (crisol + sólidos totales) (±0,0002 g)	m₃ (crisol + sólidos fijos) (±0,0003 g)
1	34,8158	20,00	34,8201	34,8200
2	34,4081	20,00	34,4091	34,4147

Resultados

Toma de volumen 1:

ST= 215 mg/L

STf= 210 mg/L

STv= 5 mg/L

Toma de volumen 2:

ST= 50 mg/L

CONCLUSIÓN

Se determinaron algunos parámetros generales que influyen en la calidad de agua en dos puntos del arroyo Pando. Se concluye que los mismos dan como resultado valores adecuados de acuerdo a las normativas en ambos puntos de muestreo, con pequeñas variaciones en los parámetros de temperatura, pH, turbidez, STD, STV, conductividad, dióxido disuelto, alcalinidad, materia orgánica, y el mismo resultado en el parámetro de salinidad.

Se determinó y comparó la concentración de compuestos fenólicos en muestras tomadas de dos puntos del arroyo Pando, llegando a la conclusión de que la muestra 1 contiene una concentración de fenol de $1,32 \times 10^{-4}$ g/L, mientras que en la muestra 2 no se detecta presencia de fenoles, comprobando que la hipótesis es correcta. En el segundo punto en el cual se encuentra la planta potabilizadora, no contiene fenoles, por lo que no representa un riesgo para la salud humana. En el punto 1 las actividades a las que se destina el agua, son por ejemplo: riego de cultivos, recreación, pesca, etc. y, para estas actividades, la concentración de compuestos fenólicos según el decreto 253/79 no debe ser superior a 0,2 mg/L, por lo que los resultados, aunque son altos, tampoco comprometen la salud humana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANÁLISIS AMBIENTAL Y SOCIAL (AAS), PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL (PGAS): Proyecto de Saneamiento de Ciudad de la Costa - Zona Oeste. (2014, junio). OSE. http://www.ose.com.uy/descargas/documentos/ciudad_de_la_costa/version_final_analisis_ambiental_y_social_y_plan_de_gestion_ambiental_y_social.pdf
- Químico, L. T. P. (2015, 12 febrero). *¿Qué es la Destilación?* TP - Laboratorio Químico. <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/procedimientos-basicos-de-laboratorio/que-es-la-destilacion.html#:~:text=La%20destilaci%C3%B3n%20es%20una%20t%C3%A9cnica,los%20componentes%20de%20la%20mezcla.&text=La%20t%C3%A9cnica%20consiste%20en%20calentar,que%20C3%A9sta%20entra%20en%20ebullici%C3%B3n>
- Macedo, E. M. (2014, 19 febrero). *Fotocolorímetro*. slideshare. <https://es.slideshare.net/elajj/fotocolormetro>
- Análisis de Agua parte 2: Alcalinidad. (s.f.) (pdf) <http://bvspers.paho.org/texcom/cd048437/sunassal.pdf>
- Seva, C. N. (2011/2012). *Introducción al Análisis Volumétrico* (pdf) <https://www.um.es/documents/4874468/11830096/tema-4.pdf/0ef11661-8d05-43e3-8edb-10b8bc21351b>
- Fenoles / PRTR España*. (2007). PRTR España. <http://www.prtr-es.es/Fenoles,15658,11,2007.html>
- Sigler A. W. y Bauder J (s.f) *Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales* (pdf) http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf
- Seviche, C. A., Castillo, M. E., & Acevedo, R. L. (2013). Temperatura Del Agua - Libro Gratis. *MANUAL DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS BÁSICOS EN AGUAS*. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/temperatura-agua.html>
- Campillo Seva, N. (2011–2012). *INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS VOLUMÉTRICO*. Universidad de Murcia. <https://www.um.es/documents/4874468/11830096/tema-4.pdf/0ef11661-8d05-43e3-8edb-10b8bc21351b>
- ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A. (2012). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco*. Pan American Health Organization. <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>
- estrucplan. (2000). *Demanda De Oxígeno Y Materia Orgánica*. <https://estrucplan.com.ar/demanda-de-oxigeno-y-materia-organica/>
- Facultad de Ciencias. (s.f.). *OD*. Recuperado octubre de 2020, de http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf
- Facultad de Química. (s.f.). *Investigadores del agua - Guía del proyecto*. <http://www.qdm.fq.edu.uy/agua/guia-agua.pdf>
- Goyenola, G., Vidal, N., Fosalba, C., Teixeira de Mello, F., Calvo, C., Gaucher, L., Iglesias, C., López-Rodríguez, A., Burwood, M., Corrales, N., Olsson, D., Levrini, P., Pacheco, J. P., Capuccio, L., & Urtado, L. (2017, junio). *Sistemas Acuáticos Canarios: Estado del conocimiento y gestión ambiental*. https://www.dinama.gub.uy/oan/documentos/INFORME-SISTEMAS-ACU%C3%81TICOS-CANARIOS_junio2017.pdf
- Martínez Moya, S. (2017). *Estudio de la minimización de la presencia de cloruros y sulfatos en el agua tratada de la EDAR del Valle del Vinalopó (Alicante)*. Universidad de Alicante. <http://www.agroambient.gva.es/documents/163005665/163975683/UA-Estudio+minizacion+presencia+cloruros+ysulfatos+agua+tratada+edar+Valle+Vinalop%C3%B3%20Boluda+Martinez+2017.pdf/a5243ca8-7d64-4e00-a1e5-0f6316b40bfe>
- Méndez, A. (2011). *Turbidez*. La Guía. <https://quimica.laguia2000.com/propiedades/turbidez>
- Olivas-Enriquez, E., Flores-Margez, J. P., Serrano-Alamillo, M., Soto-Mejía, E., Iglesias-Olivas, J., Salazar-Sosa, E., & Fortis-Hernández, M. (2011). *Indicadores fecales y patógenos en agua descargada al Río*

- Bravo. SciELO. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000400449
- Plan Proyecto Consultores. (s.f.). *INFORME DE CALIDAD DEL AGUA DEL ARROYO PANDO DEPARTAMENTO DE CANELONES*. Comuna Canaria. https://www.imcanelones.gub.uy/sites/default/files/pagina_sitio/archivos_adjuntos/aiz-03_informe_calidad_del_agua.pdf
- Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. (s.f.). *INDICADORES DE CONTAMINACION FECAL EN AGUAS*. Red Temática de Ciencias de la Tierra. http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf
- Sala docente. (2014). *Oxidabilidad al permanganato*. Aulas Uruguay Educa. http://aulas.uruguayeduca.edu.uy/pluginfile.php/291865/mod_resource/content/5/Oxidabilidad%20al%20permanganato.pdf
- Severiche-Sierra, C. A., Acevedo-Barrios, R. L., & Castillo-Bertel, M. E. (2013). Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas. *Biblioteca Virtual eumed.net*. https://www.researchgate.net/profile/Ca_Severiche-Sierra_Jr/publication/329153132_Manual_de_Metodos_Analiticos_para_la_Determinacion_de_Parametros_Fisicoquimicos_Basicos_en_Aguas/links/5bf81de4458515a69e364106/Manual-de-Metodos-Analiticos-para-la-Determinacion-de-Parametros-Fisicoquimicos-Basicos-en-Aguas.pdf
- Universidad de Jaén. (2005). *Análisis de aguas*. http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf
- Water Boards. (s.f.). *Folleto Informativo pH*. https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf
- Licito, E. J. S. (2018). *149181696-Guia-de-Laboratorio-1.doc*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/378475312/149181696-Guia-de-Laboratorio-1-doc>

ANEXOS

Cálculos

Dioxígeno disuelto

$\text{ppm } O_2 = V_{\text{gasto}} \text{ de tiosulfato de sodio} \times 1,6$

$V_{\text{gasto}1}: \text{ppm } O_2 = 4,85 \text{ mL} \times 1,6 = 7,76$

$V_{\text{gasto}2}: \text{ppm } O_2 = 4,80 \text{ mL} \times 1,6 = 7,68$

$V_{\text{gasto}3}: \text{ppm } O_2 = 4,90 \text{ mL} \times 1,6 = 7,84$

$\text{ppm } O_2 \text{ promedio: } 7,76$

Tabla 11. Gastos de tiosulfato de sodio:

Valoración	V gasto ($\pm 0,05$ mL)
1	4,85
2	4,80
3	4,90

Sólidos (totales, fijos y volátiles): cálculos

Sólidos totales = $m_2 - m_1$

ST muestra $_1 = 34,8201\text{g} - 34,8158\text{g} = 0,0043\text{g}$

ST muestra $_2 = 34,4091\text{g} - 34,4081\text{g} = 0,0010\text{g}$

Muestra $_1: 4,3\text{ mg} - 20\text{ mL}$

$m - 1000\text{ mL}$

$m = 215\text{ mg}$

ST muestra $_1 = 215\text{ mg/L}$

Muestra $_2: 1\text{ mg} - 20\text{ mL}$

$m - 1000\text{ mL}$

$m = 50\text{ mg}$

ST muestra $_2 = 50\text{ mg/L}$

Sólidos totales fijos = $m_3 - m_1$

$$\text{STF muestra}_1 = 34,8200\text{g} - 34,8158\text{ g} = 0,0042\text{ g}$$

$$\text{Muestra}_1: 4,2\text{ mg} - 20\text{ mL}$$

$$m - 1000\text{ mL}$$

$$m = 210\text{ mg}$$

$$\text{STF muestra}_1 = 210\text{ mg/L}$$

$$\text{Sólidos totales volátiles} = \text{ST} - \text{STF}$$

$$\text{STV muestra}_1 = 0,0043\text{ g} - 0,0042\text{ g} = 0,0001\text{ g}$$

$$\text{Muestra}_1: 0,1\text{ mg} - 20\text{ mL}$$

$$m - 1000\text{mL}$$

$$m = 5\text{ mg}$$

$$\text{STV muestra}_1 = 5\text{ mg/L}$$

Alcalinidad

Concentración expresada en mol/L de la solución patrón (Na_2CO_3)

$$m \text{ Na}_2\text{CO}_3 = 0,06293\text{ g}$$

$$\bar{M} \text{ Na}_2\text{CO}_3 = 105,9857\text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{\bar{M}}$$

$$n \text{ Na}_2\text{CO}_3 = 0,00593759347\text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V}$$

$$M \text{ Na}_2\text{CO}_3 = 0,0237503739\text{ mol/L}$$

$$\delta M \text{ Na}_2\text{CO}_3 = M \text{ Na}_2\text{CO}_3 \times \left(\frac{\delta m}{m} + \frac{\delta V \text{ matraz}}{V \text{ matraz}} \right)$$

$$\delta M \text{ Na}_2\text{CO}_3 = 0,00000852416884\text{ mol/L}$$

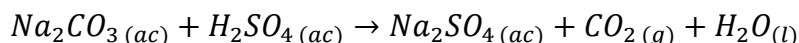
$$M \text{ Na}_2\text{CO}_3 = (0,023750 \pm 0,000009)\text{ mol/L}$$

Concentración expresada en mol/L de la solución de ácido sulfúrico (H_2SO_4)

Tabla 12. Gastos de ácido sulfúrico.

Valoración	V_{gasto} ($\pm 0,05$ mL)
1	5,15
2	5,05
3	5,05
4	5,10

Ecuación de la reacción:



En el punto estequiométrico:

$$\frac{n Na_2CO_3}{n H_2SO_4} = \frac{1}{1}$$

$$n Na_2CO_3 = n H_2SO_4$$

$$M Na_2CO_3 \times V_{toma Na_2CO_3} = M H_2SO_4 \times V_{gasto H_2SO_4}$$

$$M H_2SO_4 = \frac{M Na_2CO_3 \times V_{toma Na_2CO_3}}{V_{gasto H_2SO_4}}$$

$$M H_2SO_4 \text{ (volumetría 1)} = 0,047029703 \text{ mol/L}$$

$$M H_2SO_4 \text{ (volumetrías 2 y 3)} = 0,0465686275 \text{ mol/L}$$

$$M H_2SO_4 \text{ promedio} = 0,0468760113 \text{ mol/L}$$

$$\delta M H_2SO_4 = M H_2SO_4 \times \left(\frac{\delta M Na_2CO_3}{M Na_2CO_3} + \frac{\delta V_{toma}}{V_{toma}} + \frac{\delta V_{gasto}}{V_{gasto}} \right)$$

$$\delta M H_2SO_4 = 0,000228058524 \text{ mol/L}$$

$$\delta M H_2SO_4 = 0,000224466552 \text{ mol/L}$$

$$\delta M H_2SO_4 \text{ promedio} = 0,0002268612 \text{ mol/L}$$

$$M H_2SO_4 = (0,0469 \pm 0,0002) \text{ mol/L}$$

Alcalinidad de la muestra

Tabla 13. Gastos de ácido sulfúrico.

Valoración	V_{gasto} ($\pm 0,05$ mL)
1	2,05
2	2,00
3	2,00

$$M \text{ CaCO}_3 \text{ muestra} \times V_{\text{muestra}} = M \text{ H}_2\text{SO}_4 \times V_{\text{gasto}}$$

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

$$M \text{ CaCO}_3 \text{ muestra } 1 = 0,0019229 \text{ mol/L}$$

$$M \text{ CaCO}_3 \text{ muestra } 2 \text{ y } 3 = 0,001876 \text{ mol/L}$$

$$\text{Alcalinidad expresada en } \frac{\text{mg}}{\text{L}} = M \text{ CaCO}_3 \text{ muestra} \times \bar{M} \text{ CaCO}_3 \text{ muestra} \times 1000$$

$$\text{Alcalinidad expresada en } \frac{\text{mg}}{\text{L}} 1 = 192,4571 \text{ mg/L}$$

$$\text{Alcalinidad expresada en } \frac{\text{mg}}{\text{L}} 2 \text{ y } 3 = 187,7630244 \text{ mg/L}$$

$$\text{Alcalinidad expresada en } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ promedio} = 189,32771626666 \text{ mg/L}$$

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

$$\delta \text{Alcalinidad } 1 = 2,421392363 \text{ mg/L}$$

$$\delta \text{Alcalinidad } 2 = 2,396680907 \text{ mg/L}$$

$$\delta \text{Alcalinidad promedio} = 2,404918059 \text{ mg/L}$$

$$\text{Alcalinidad de la muestra} = (189,3 \pm 2,4) \text{ mg/L}$$

Oxidabilidad al permanganato

Concentración del ácido oxálico (expresada en mol/L):

$$M \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = \frac{n \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4}{V \text{ solución}}$$

$$n \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 0,0125 \text{ mol}$$

$$\bar{M} \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 126,07 \text{ g/mol}$$

$$m \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = n \times \bar{M}$$

$$m \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 1,575875 \text{ g}$$

Tabla 14. Masas de ácido oxálico patrón.

m nave inicial (g)	3,4257
m ácido (g)	1,5827
m nave final (g)	3,5002
m real ácido (g)	1,5082

$$n \text{ real} = 0,011963195 \text{ mol}$$

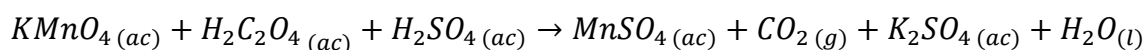
$$M \text{ real} = 0,04785278 \text{ mol/L}$$

$$\delta M = M \times \left(\frac{\delta m}{m} + \frac{\delta V}{V} \right)$$

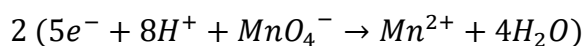
$$\delta M = 0,000035057 \text{ mol/L}$$

$$M \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = (0,04785 \pm 0,00004) \text{ mol/L}$$

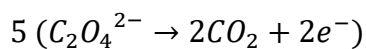
Ecuación general:



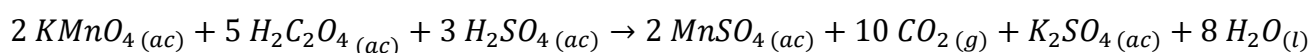
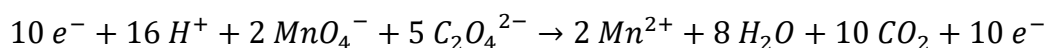
Ecuación igualada por el método de ion - electrón:



Reducción



Oxidación



Valoración del permanganato frente al ácido oxálico:

Tabla 15. Gastos de permanganato valoración con ácido oxálico como patrón primario.

Valoración	$V_{gasto} KMnO_4$ (mL)
1	10,50
2	10,40
3	10,40
4	10,40
5	10,50

$$\frac{n KMnO_4}{n H_2C_2O_4} = \frac{2}{5}$$

$$2 (n H_2C_2O_4) = 5 (n KMnO_4)$$

$$2 (M H_2C_2O_4 \times V_{toma}) = 5 (M KMnO_4 \times V_{gasto})$$

$$M KMnO_4 = 0,018403846 \text{ mol/L}$$

Valoración de la muestra:

$$N = M \times i$$

$$N KMnO_4 = 0,09201923 \text{ eq/L}$$

$$N H_2C_2O_4 = 0,0957 \text{ eq/L}$$

Tabla 16. Gastos de permanganato valoración de la muestra.

Valoración	$V_{gasto} KMnO_4$ (mL)
1	3,40
2	3,90
3	7,20

$V_{gasto} 1$:

$$n_{eq} = N \times V$$

$$n_{eq} KMnO_4 = 3,12865382 \times 10^{-4} \text{ eq}$$

$$n_{eq} KMnO_4 = n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ exceso} = 3,12865382 \times 10^{-4} \text{ eq}$$

$$n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ inicial} = 9,57 \times 10^{-4} \text{ eq}$$

$$n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ final} = n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ inicial} - n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ exceso}$$

$$n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ final} = 6,44134618 \times 10^{-4} \text{ eq}$$

$$n_{eq} KMnO_4 \text{ en exceso} = n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ final} = 6,44134618 \times 10^{-4} \text{ eq}$$

$$n_{eq} KMnO_4 \text{ inicial} = 9,201923 \times 10^{-4} \text{ eq}$$

$$n_{eq} KMnO_4 \text{ final} = n_{eq} KMnO_4 \text{ inicial} - n_{eq} KMnO_4 \text{ en exceso}$$

$$n_{eq} KMnO_4 \text{ final} = 2,76057682 \times 10^{-4} \text{ eq}$$

$$n_{eq} KMnO_4 \text{ final} = n_{eq} \text{ materia orgánica} = 2,76057682 \times 10^{-4} \text{ eq}$$

$$n_{eq} = \frac{m}{\bar{M}_{eq}}$$

$$\bar{M}_{eq} KMnO_4 = 31,6068 \text{ g/eq}$$

$$m = n_{eq} \times \bar{M}_{eq} KMnO_4$$

$$m \text{ (g)} = 8,725299943 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$m \text{ (mg)} = 8,725299943 \times 10^{-3} \text{ g} \times 1000 = 8,725299943 \text{ mg} = \text{índice del permanganato}$$

$$8,725299943 \text{ 3 mg } KMnO_4 - 100,00 \text{ mL muestra}$$

$$m KMnO_4 - 1000,00 \text{ mL muestra}$$

$$m KMnO_4 = 87,25299943 \text{ mg}$$

$$mg O_2/L = \frac{87,25299943 \text{ mg}}{3,9} = 22,37435751 \text{ mg } O_2/L$$

V_{gasto} 2:

$$n_{eq} = N \times V$$

$$n_{eq} KMnO_4 = 3,58874997 \times 10^{-4} eq$$

$$n_{eq} KMnO_4 = n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ exceso} = 3,58874997 \times 10^{-4} eq$$

$$n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ inicial} = 9,57 \times 10^{-4} eq$$

$$n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ final} = n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ inicial} - n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ exceso}$$

$$n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ final} = 5,98125003 \times 10^{-4} eq$$

$$n_{eq} KMnO_4 \text{ en exceso} = n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ final} = 5,98125003 \times 10^{-4} eq$$

$$n_{eq} KMnO_4 \text{ final} = 0,09201923 N \times 0,010 L = 9,201923 \times 10^{-4} eq$$

$$n_{eq} KMnO_4 \text{ final} = n_{eq} KMnO_4 \text{ inicial} - n_{eq} KMnO_4 \text{ en exceso}$$

$$n_{eq} KMnO_4 \text{ final} = 9,201923 \times 10^{-4} eq - 5,98125003 \times 10^{-4} eq = 3,22067297 \times 10^{-4} eq$$

$$n_{eq} KMnO_4 \text{ final} = n_{eq} \text{ materia orgánica} = 3,22067297 \times 10^{-4} eq$$

$$m (g) = 3,22067297 \times 10^{-4} eq \times 31,6068 g/eq = 0,0101179516 g$$

$$10,17951664 mg KMnO_4 - 100,00 mL \text{ muestra}$$

$$m KMnO_4 - 1000,00 mL \text{ muestra}$$

$$m KMnO_4 = 101,7951664 mg$$

$$mg O_2/L = \frac{101,7951664 mg}{3,9} = 26,10132472 mg O_2/L$$

V_{gasto} 3:

$$n_{eq} KMnO_4 = 0,09201923 N \times 0,00730 L = 6,71740379 \times 10^{-4} eq$$

$$n_{eq} KMnO_4 = n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ exceso} = 6,71740379 \times 10^{-4} eq$$

$$n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ inicial} = 0,0957 N \times 0,010 L = 9,57 \times 10^{-4} eq$$

$$n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ final} = n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ inicial} - n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ en exceso}$$

$$n_{eq} H_2C_2O_4 \text{ final} = 9,57 \times 10^{-4} eq - 6,71740379 \times 10^{-4} eq = 2,85259621 \times 10^{-4} eq$$

$$n_{eq} \text{KMnO}_4 \text{ en exceso} = n_{eq} \text{KMnO}_4 \text{ final} = 2,85259621 \times 10^{-4} \text{ eq}$$

$$n_{eq} \text{KMnO}_4 \text{ inicial} = 0,09201923 \text{ N} \times 0,010 \text{ L} = 9,201923 \times 10^{-4} \text{ eq}$$

$$n_{eq} \text{KMnO}_4 \text{ final} = n_{eq} \text{KMnO}_4 \text{ inicial} - n_{eq} \text{KMnO}_4 \text{ en exceso}$$

$$n_{eq} \text{KMnO}_4 \text{ final} = 9,201923 \times 10^{-4} \text{ eq} - 2,85259621 \times 10^{-4} \text{ eq} = 6,34932679 \times 10^{-4} \text{ eq}$$

$$n_{eq} \text{KMnO}_4 \text{ final} = n_{eq} \text{materia orgánica} = 6,34932679 \times 10^{-4} \text{ eq}$$

$$m \text{ (g)} = 6,34932679 \times 10^{-4} \text{ eq} \times 31,6068 \text{ g/meq} = 0,02006819 \text{ g}$$

$$m \text{ (mg)} = 0,02006819 \text{ g} \times 1000 = 20,0681902 \text{ mg}$$

$$20,0681902 \text{ mg KMnO}_4 - 100,00 \text{ mL muestra}$$

$$m \text{ KMnO}_4 - 1000,00 \text{ mL muestra}$$

$$m \text{ KMnO}_4 = 200,681902 \text{ mg}$$

$$\text{mg O}_2/\text{L} = \frac{200,681902 \text{ mg}}{3,9} = 51,45689795 \text{ mg O}_2/\text{L}$$

Medidas de seguridad

Nitrato de Plata al 3%

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H400 Muy tóxico para los organismos acuáticos.

H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Consejos de prudencia

P273 Evitar su liberación al medio ambiente.

Cloruro de Bario 1 mol/L (Medidas de seguridad para concentración 0,05 mol/L)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Atención

Indicaciones de peligro

H302 Mortal en contacto con la piel

Oxalato de Potasio 1 mol/L

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Atención

Indicaciones de peligro

H312 Nocivo en contacto con la piel.

H302 Mortal en contacto con la piel.

Consejos de prudencia

Intervención

P302+P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

Ácido sulfúrico concentrado

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H290 Puede ser corrosivo para los metales.

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

Consejos de prudencia

Prevención

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito.

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

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

Solución de Permanganato de Potasio 0,01 mol/L

Pictogramas de peligro



Indicaciones de peligro

H412 Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Consejos de prudencia

Prevención

P273 Evitar su liberación al medio ambiente.

Ácido nítrico concentrado

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H272 Puede agravar un incendio; comburente.

H290 Puede ser corrosivo para los metales.

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

H331 Tóxico en caso de inhalación.

EUH071 Corrosivo para las vías respiratorias.

Consejos de prudencia

Prevención

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito.

P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

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

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

Ácido clorhídrico 6 mol/L

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Atención

Indicaciones de peligro

H290 Puede ser corrosivo para los metales.

H315 Provoca irritación cutánea.

H319 Provoca irritación ocular grave.

H335 Puede irritar las vías respiratorias.

Consejos de prudencia

Intervención

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

Ácido acético 2 mol/L (Medidas de seguridad de concentración 1 mol/L)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H314

Consejos de prudencia

Prevención

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P260 No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol.

Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: enjuagarse la boca. NO provocar el vómito

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P309 + P310 EN CASO DE exposición o si se encuentra mal: llamar a un CENTRO de información toxicológica o a un médico.

Sulfato de magnesio pentahidratado sólido

Yoduro de Potasio

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H372 Provoca daños en los órganos (Tiroides) tras exposiciones prolongadas o repetidas en caso de ingestión.

Consejos de prudencia

Intervención

P314 Consultar a un médico en caso de malestar.

Hidróxido de Sodio (sólido)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H290 Puede ser corrosivo para los metales.

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

Consejos de prudencia

Prevención

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

Almidón soluble al 1%

No presenta medidas de seguridad.

Tiosulfato de sodio pentahidratado (sólido)

No presenta medidas de seguridad.

Ácido sulfúrico 0,1 N

No presenta medidas de seguridad.

Carbonato de sodio (sólido)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Atención

Indicaciones de peligro

H319 Provoca irritación ocular grave.

Consejos de prudencia

Intervención

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

Heliantina

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H301 Tóxico en caso de ingestión.

Consejos de prudencia

Intervención

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

Ácido fosfórico 85 %

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H302 Perjudicial si se ingiere

H314 Causa quemaduras graves en la piel y daño ocular

H318 Causa daño ocular grave

H335 Puede causar irritación respiratoria

H401 Tóxico para la vida acuática

Consejos de prudencia

P260 No respirar vapores, humos, nieblas de vaporización

P264 Lavar manos y antebrazos a fondo después de manipular

P270 No comer, beber ni fumar cuando se use este producto

P271 Usar solo en el exterior o en un área bien ventilada

P273 Evitar su eliminación en el medio ambiente.

P280 Llevar protección ocular, protección de la cara, guantes protectores, ropa protectora

P301+P330+P331 SI SE INGIERE: Enjuagar boca. NO inducir vómito

P303+P361+P353 SI ESTÁ EN LA PIEL (o pelo): Sacarse inmediatamente toda ropa contaminada. Enjuagar piel con agua/ducha

P304+P340 SI SE INHALA: Sacar la persona al aire libre y mantenerla cómoda para respirar

P305+P351+P338 Si está en los ojos: Enjuagar con precaución con agua durante varios minutos. Sacar lentes de contacto, si están presentes y se puede hacer con facilidad. Continuar enjuagando.

P310 Llamar inmediatamente a un POISON CENTER o médico

P314 Obtener consejo/atención médica si se siente mal

P363 Lavar ropa contaminada antes de reusar

P403+P233 Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener contenedor cerrado herméticamente.

P405 Almacene cerrado con llave.

P501 Elimine contenido/contenedor según regulaciones locales, regionales, nacionales, e internacionales.

Hidróxido de amonio concentrado

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

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

H335 Puede irritar las vías respiratorias.

H400 Muy tóxico para los organismos acuáticos.

Consejos de prudencia

P261 Evitar respirar el polvo/ el humo/ el gas/ la niebla/ los vapores/ el aerosol.

P273 Evitar su liberación al medio ambiente.

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

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

P310 Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico.

Solución tampón de fosfato

No presenta medidas de seguridad.

4 - aminoantipitina (sólido)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Atención

Indicaciones de peligro

H302 Nocivo en caso de ingestión.

Ferricianuro de potasio (sólido)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Atención

Indicaciones de peligro

H300 Nocivo en caso de ingestión

H315 Provoca irritación cutánea

H319 Provoca irritación ocular grave

H332 Nocivo en caso de inhalación

H335 Puede irritar las vías respiratorias

Consejos de prudencia

General

P101 Si se necesita consejo médico, tener a mano el envase o la etiqueta

P102 Mantener fuera del alcance de los niños

P103 Leer la etiqueta antes del uso

Prevención

P264 Lavar la piel completamente después de manejarlo

P270 No comer, beber ni fumar durante su utilización

P271 Utilizar únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección

Respuesta

P321 Se necesita un tratamiento específico (ver instrucciones suplementarias de primeros auxilios en esta etiqueta)

P337 + P313 Si persiste la irritación ocular, consultar a un médico.

P330 Enjuagarse la boca

P362 Quitarse las prendas contaminadas y lavarlas antes de volver a usarlas

P301 + P312 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO de información toxicológica o a un médico si se encuentra mal

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes

P304 + P341 EN CASO DE INHALACIÓN: Si respira con dificultad, transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar

P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando

P332 + P313 En caso de irritación cutánea: consultar a un médico

Almacenamiento

P403 Almacenar en un lugar bien ventilado

P404 Almacenar en un recipiente cerrado

Eliminación

P501 Eliminar el contenido/el recipiente de acuerdo con las indicaciones en la Sección 13.

Fenol (sólido)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H301+H311+H331 Tóxico en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

H341 Se sospecha que provoca defectos genéticos

H373 Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas

H411 Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos

Consejos de prudencia

Prevención

P270 No comer, beber ni fumar durante su utilización.

P280 Llevar guantes/gafas de protección.

Respuesta

P302+P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua.

P304+P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.

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

P310 Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.

Cloroformo

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H302 Nocivo en caso de ingestión

H315 Provoca irritación cutánea

H319 Provoca irritación ocular grave

H331 Tóxico en caso de inhalación

H351 Se sospecha que provoca cáncer

H361d Se sospecha que daña al feto

H372 Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas

Consejos de prudencia

Prevención

P202 No manipular la sustancia antes de haber leído y comprendido todas las instrucciones de seguridad.

P260 No respirar la niebla/los vapores/el aerosol.

Respuesta

P302+P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: lavar con agua y jabón abundantes.

P304+P340 EN CASO DE INHALACIÓN: transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.

P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308+P313 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: consultar a un médico.

Sulfato de sodio anhidro

No presenta medidas de seguridad.