

Cuantificación de cloruros en distintas muestras de agua.

Alumnos: Camila Rodríguez, Camila Maguna, Sofía Giménez, Bruno Comesaña.

Asignaturas: Química General II, Química Orgánica y S.O.L.

Grupo: 2° BG.

Docentes: Anarella Gatto, Alejandro Negro y Luciana Rodríguez.

Fecha de realización: 27/09/2016.

➤ **Resumen:**

El presente informe corresponde a la cuantificación de cloruros en distintas muestras de agua (arroyo, mineral y potable) a través del método de Mohr, que consiste en valoraciones de precipitación. Este proceso nos va a permitir comparar las cantidades de cloruro en las distintas muestras de agua.

Se logró determinar la cantidad de cloruros que contenía cada muestra, preparando una solución de nitrato de plata con el fin de valorarla con un patrón primario empleando el método de Mohr, para obtener un patrón secundario; posteriormente con dicho patrón secundario se valoraron las distintas muestras de agua, para determinar el cloruro presente en ellas. Con los resultados obtenidos se plantearán otras posibles líneas de investigación.

➤ **Introducción:**

El método de Mohr es muy utilizado para cuantificar cloruros o bromuros, utilizando una solución de nitrato de plata como solución valorante, y como reactivo indicador una solución de cromato de potasio.

Se eligió este método debido a que se contaba con los materiales y sustancias para llevarlo a cabo, también, durante la búsqueda bibliográfica, se obtuvo más información sobre este proceso.

En la valoración, el catión plata reacciona con el ion cloruro, formando un precipitado de cloruro de plata, el cual tiene una coloración blanca; para notar que reaccionaron todos los cloruros, se necesita un exceso de nitrato de plata, por lo que al no quedar más cloruro, el nitrato de plata comienza a reaccionar con el cromato de potasio para así formar cromato de plata, precipitado de color rojizo que nos indica el punto final.

➤ **Objetivos:**

- Cuantificar los cloruros existentes en tres distintas muestras de agua (agua potable, agua de arroyo y agua mineral).

➤ **Marco teórico:**

Valoraciones por precipitación

En las reacciones más importantes intervienen los iones plata, por lo que también se le designa el nombre argentometría, aún cuando en algunos casos se hace uso de otras reacciones de precipitación en las que no intervienen aquel elemento.

El principio de la determinación argentométrica está basado en la formación de las sales poco solubles en el punto de equivalencia. Sobre la formación de tales precipitados nos informa el producto de solubilidad K_{ps} . El fin de la precipitación es detectado con los indicadores adecuados. Los indicadores, generalmente, actúan de tal manera que en el punto de equivalencia cambian de color.

Producto de solubilidad


Se define producto de solubilidad para electrolitos escasamente solubles en agua, y totalmente disociados en solución acuosa saturada, como la multiplicación de las concentraciones molares de los iones en equilibrio con el sólido.

Ejemplo:



Patrón primario

Un patrón primario es una sustancia utilizada en química como referencia al momento de hacer una valoración o estandarización. Son sólidos que cumplen con las siguientes características:


1. Tienen composición conocida. Es decir, se ha de conocer la estructura y elementos que lo componen, lo cual servirá para hacer los cálculos estequiométricos respectivos.
2. Deben tener elevada pureza. Para una correcta valoración se debe utilizar un patrón que tenga la mínima cantidad de impurezas que puedan interferir con la valoración.
3. Debe ser estable a temperatura ambiente. No se pueden utilizar sustancias que cambien su composición o estructura por efectos de temperaturas que difieran ligeramente con la temperatura ambiente ya que ese hecho aumentaría el error en las mediciones.
4. Debe ser posible su secado en estufa. Además de los cambios a temperatura ambiente, también debe soportar temperaturas mayores para que sea posible su secado. Normalmente debe ser estable a temperaturas mayores que la del punto de ebullición del agua.
5. No debe absorber gases. Ya que este hecho generaría posibles errores por interferentes así como también degeneración del patrón.
6. Debe reaccionar rápida y estequiométricamente con el . De esta manera se puede visualizar con mayor exactitud el punto final de las valoraciones por volumetría y entonces se puede realizar los cálculos respectivos también de manera más exacta y con menor incertidumbre.
7. Debe tener un peso equivalente grande. Ya que este hecho reduce considerablemente el error de la pesada del patrón.

Patrón secundario

Su nombre se debe a que en la mayoría de los casos se necesita del patrón primario para conocer su concentración exacta. El patrón secundario debe poseer las siguientes características:

1. Debe ser estable mientras se efectúa el análisis.
2. Debe reaccionar rápidamente con el analito.
3. La reacción entre el valorante y el patrón primario debe ser completa o cuantitativa, y así también debe ser la reacción entre el valorante y el analito.
4. La reacción con el analito debe ser selectiva o debe existir un método para eliminar otras sustancias de la muestra que también pudieran reaccionar con el valorante.
5. Debe existir una ecuación balanceada que describa la reacción.

Características de la sustancia a analizar:

El ion cloruro es uno de los iones más difundidos en las aguas naturales. No suele ser un ion que plantee problemas de potabilidad a las aguas de consumo, aunque sí que es un indicador de contaminación de las aguas debido a la acción del hombre. Esto es así porque, aunque la concentración de cloruro en aguas naturales es muy variable pues depende de las características de los terrenos que atraviesan, dicha concentración es menor comparada con la concentración del ion en aguas residuales ya que la actividad humana incrementa  dicha

concentración.

La concentración de cloruros máxima permitida para aguas de consumo humano es de 250 mg/L. Una muestra que contenga esta cantidad de cloruros puede tener un sabor salado fácilmente detectable si el anión está asociado a los cationes sodio o potasio, pero el sabor no es apreciable si la sal disuelta en agua es cloruro de calcio o magnesio ya que en estos casos el sabor salado no se aprecia incluso con concentraciones de cloruro de 1 g/L. No obstante, es de esperar que la concentración de cloruro en aguas corrientes y embotelladas sea sensiblemente inferior. De hecho, la concentración en aguas minerales naturales oscila, según las marcas, desde unas décimas de miligramos por litro hasta varios centenares. Las diferencias encontradas entre diferentes fuentes respecto de las concentraciones de cloruro en una misma marca de agua se pueden deber a la diferencia de tiempo de los análisis a los que hacen referencia pues la concentración de un ion en agua no es una cantidad que deba permanecer constante con el tiempo.

Reacción de valoración:

A la solución de cloruros a valorar se le agrega la solución de nitrato de plata y cuando el producto iónico de ambos iones supera la K_{ps} para el cloruro de plata se forma el precipitado de color blanco según la siguiente reacción:

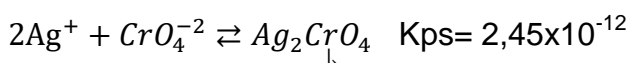


En el punto de equivalencia, cuando la cantidad de ion plata agregada es equivalente a la cantidad de cloruro que existe en solución, se cumple que la concentración en solución de Ag^+ en solución es igual la concentración de Cl^- en solución.

Como $K_{ps} = [Ag^+][Cl^-] = 1,78 \times 10^{-10}$, en ese punto la concentración de Ag^+ es igual a $(1,78 \times 10^{-10})^{1/2}$ es decir $1,33 \times 10^{-5}$ mol/L.

Detección del punto equivalente:

En el método de Mohr la detección del punto de equivalencia se lleva a cabo por la formación de un segundo precipitado de cromato de plata de color naranja o rojo ladrillo.



La solubilidad de Ag_2CrO_4 es mayor que la de $AgCl$, lo que asegura que en estas condiciones precipite primero el cloruro de plata.

Solubilidad de $Ag_2CrO_4 = 8,5 \times 10^{-5}$ mol/L.

Solubilidad de $AgCl = 1,3 \times 10^{-5}$ mol/L.

La aparición del precipitado de Ag_2CrO_4 es útil como indicador del punto final, si se da justo cuando se ha llegado al punto de equivalencia. En ese momento la concentración de Ag^+ es de $1,33 \times 10^{-5}$ mol/L.

Además la mínima cantidad apreciable de Ag_2CrO_4 es de $1,0 \times 10^{-5}$ mol/L y el valor de K_{ps} de Ag_2CrO_4 es $2,45 \times 10^{-12}$.

Cuando la concentración de CrO_4^{2-} es del orden 0,005-0,01 mol/L, se observa el color rojo ladrillo del precipitado de Ag_2CrO_4 cerca del punto equivalente, luego de haber agregado un pequeño exceso de solución de nitrato de plata. Si se utiliza una concentración menor de cromato es necesario un poco más de Ag^+ para visualizar el precipitado de Ag_2CrO_4 . Para una concentración

de 0,005 mol/L de CrO_4^{2-} es necesario que la concentración de Ag^+ alcance el valor de $2,2 \times 10^{-5}$ mol/L para que llegue al valor de K_{ps} de Ag_2CrO_4 .

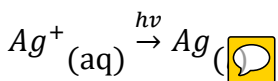
Para evaluar la cantidad de solución de nitrato de plata que es necesario agregar para observar el precipitado de cromato de plata, se puede realizar un blanco de valoración en el que se simula el precipitado de cloruro de plata que existe en el punto final con un sólido inerte blanco que puede ser carbonato de calcio. El valor del gasto de solución de nitrato de plata obtenido en el blanco se le descuenta al gasto correspondiente de la muestra.

El método de Mohr puede llevarse a cabo si el pH de la solución a valorar está comprendido entre 6,3 y 10. Por encima de pH 10 el ion plata tiende a formar el precipitado de hidróxido de plata, como consecuencia la cantidad efectiva de Ag^+ disminuye, lo que trae aparejado que el gasto de solución valorante sea mayor que el esperado. Por debajo de pH 6,3 el ion cromato interviene en una serie de equilibrios ácido-base que llevan a la formación de dicromato, con lo cual la cantidad de cromato disminuye y la aparición del precipitado de cromato de plata se da más allá del punto de equivalencia, introduciendo un error en la determinación.

Características de la solución patrón secundario de nitrato de plata:

Las soluciones de Ag^+ para ser utilizadas en volúmenes de precipitación se preparan a partir del sólido nitrato de plata.

El nitrato de plata no puede considerarse patrón primario dado que reacciona con partículas de materia orgánica transformándose en plata metálica, hecho que queda de manifiesto por la aparición de un color rosa pálido o pardo en la superficie de los cristales. Las soluciones de nitrato de plata deben guardarse en frascos de vidrio color ámbar debido a una lenta pero progresiva fotorreducción del nitrato de plata en plata.



El método de Mohr, como otros que utilicen Ag^+ como reactivo valorante para la determinación de cloruros, presenta el inconveniente de que pueden existir otras sustancias que precipiten con Ag^+ y por lo tanto interfieren en la exacta determinación de cloruro. Es el caso de la existencia de bromuro, yoduro, sulfuro, sulfito y tiosulfato que forman precipitados insolubles con plata, entonces debe realizarse la remoción para eliminar la interferencia.

Ajuste de pH:

Determinación del pH de la muestra: en un Erlenmeyer se coloca una toma igual a la usada para la determinación y se introduce una tirilla indicadora de pH.

Si el pH es menor que 6,3, se agrega solución de hidróxido de sodio 1,0 mol/L, de a gota, utilizando una pipeta graduada. Luego de cada adición se vuelve a medir el pH. Cuando se ha llegado al pH requerido se detiene el agregado de solución de hidróxido de sodio. Esa toma se descarta, dado que la introducción de la tirilla y el retiro de la misma elimina una pequeña parte de la muestra. Se hace una nueva toma y se le agrega el volumen determinado de solución de ajuste de pH, esa nueva toma está lista para valorar.

Si el pH es mayor que 10,0 se utiliza la solución de ácido sulfúrico 1,0 mol/L para ajustar pH, realizando un procedimiento similar al descrito en el párrafo anterior.

▪ <u>Materiales:</u>	▪ <u>Sustancias:</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Matraz aforado (alcance: 100 mL) • Espátula • Varilla de vidrio • Papel Secante • Balanza analítica • Papel aluminio • Matraz aforado (alcance: 25 mL) • Pipeta Pasteur • Marcador indeleble • Matraz aforado (alcance: 50 mL) • Soporte y Pinzas • Bureta (alcance: 10 mL) • Pinza Mohr • Pera de goma • Pipeta aforada (alcance: 5 mL) • Matraces Erlenmeyer (alcance: 100 mL) • pH-metro 	<ul style="list-style-type: none"> • Cloruro de Potasio (<i>KCl</i>) Patrón Primario • Nitrato de Plata (<i>AgNO₃</i>) • Agua Destilada • Cromato de Potasio (<i>K₂CrO₄</i>) • Muestras de Agua (Potable, Mineral, Arroyo) • Solución de Hidróxido de Sodio 1,0 mol/L • Solución de Ácido sulfúrico 1,0 mol/L

➤ **Procedimiento:**

Parte A

Solución de ***AgNO₃*** aproximada; 0,01 mol/L; 100 mL.

1. Masar aproximadamente en matraz aforado de 100,0 mL, 0,17 g de nitrato de plata con ayuda de una espátula. Anotar.
2. Agregar agua destilada con la piseta y limpiar todo rastro de nitrato de plata que quede en el cuello del matraz aforado.
3. Colocar agua destilada en un vaso de bohemia y verter agua destilada hasta aproximadamente $\frac{1}{4}$ del volumen total del matraz, agitar hasta que el nitrato de plata se disuelva por completo.
4. Agregar agua destilada y enrasar en el aforo, con ayuda de una pipeta Pasteur.
5. Tapar con el tapón.
6. Envolver al matraz aforado en papel aluminio.
7. Rotular con un marcador indeleble.

Solución aproximadamente exacta de K_2CrO_4 ; 5% $\frac{m}{V}$; 25 mL (Reactivo Indicador)

1. Masar aproximadamente exacto en matraz aforado de 25,0 mL 1,25 g de cromato de potasio en balanza analítica, con ayuda de una espátula. Anotar.
2. Agregar agua destilada con la piseta y limpiar todo rastro de cromato de potasio que quede en el cuello del matraz aforado.

3. Colocar agua destilada en un vaso de bohemía y luego verterla hasta aproximadamente $\frac{1}{4}$ del volumen total del matraz, agitar hasta que el cromato de potasio se disuelva por completo.
4. Agregar agua destilada hasta un poco antes del aforo.
5. Con ayuda de una varilla de vidrio y papel secante, secar el cuello del matraz, sin pasar ni tocar el aforo.
6. Agregar agua destilada y enrasar en el aforo, con ayuda de una pipeta Pasteur.
7. Tapar e invertir el matraz 3 veces.
8. Rotular con un marcador indeleble.

Solución de KCl (Patrón Primario) aproximadamente exacta; 0,01 mol/L; 50 mL

1. Masar aproximadamente en matraz aforado de 50, 0 mL, 0,04 g de cloruro de potasio en balanza analítica, con ayuda de una espátula. Anotar.
2. Agregar agua destilada con piseta y limpiar todo rastro de cloruro de potasio que quede en el cuello del matraz aforado.
3. Colocar agua destilada en un vaso de bohemía y luego verterla hasta aproximadamente $\frac{1}{4}$ del volumen total del matraz, agitar hasta que el cloruro de potasio se disuelva por completo.
4. Agregar agua destilada hasta un poco antes del aforo.
5. Con ayuda de una varilla de vidrio y papel secante, secar el cuello del matraz, sin pasar ni tocar el aforo.
6. Agregar agua destilada y enrasar en el aforo, con ayuda de una pipeta Pasteur.
7. Tapar e invertir el matraz 3 veces.
8. Rotular con un marcador indeleble.

Parte B

Valoración de una solución de $AgNO_3$ con un patrón primario (Cloruro de Potasio)

1. Armar el dispositivo (soporte y pinzas).
2. Colocar en el soporte una bureta de 10 mL con pinza Mohr (o en su defecto, con perilla).
3. Agregar a la bureta un poco de la solución de nitrato de plata, y enjuagarla.
4. Tomar un poco de solución de nitrato de plata con ayuda de la bureta de 10 mL y una pera de goma (de esta forma evitar que queden burbujas).
5. Verificar que no queden burbujas (si quedan, repetir el paso anterior).
6. Debajo de la bureta colocar un vaso de descarte, luego, llenar la bureta al máximo (pasar la marca de los 10 mL) con la solución de nitrato de plata.
7. Enrasar la bureta a los 10 mL.
8. Colocar con ayuda de una pipeta aforada de 5 mL y una pera de goma, 5 mL de la solución de cloruro de potasio preparada anteriormente (Patrón Primario) en un matraz Erlenmeyer de 100 mL.

9. Agregarle a dicho matraz Erlenmeyer, 3 gotas de la solución de cromato de potasio 5% m/V preparada anteriormente (Reactivo Indicador), agitar (la solución cambia de una coloración amarilla traslúcida a rojiza).
10. Sacar el vaso de descarte, y colocar el matraz Erlenmeyer del paso anterior debajo de la bureta.
11. Sostener el matraz Erlenmeyer y agitarlo a la vez, sin sacarlo de debajo de la bureta.
12. Con la otra mano, Controlar la pinza (o perilla) de la bureta, de modo que vaya cayendo de a gotas la solución de nitrato de plata sobre el matraz Erlenmeyer que contiene la solución de cloruro de potasio con cromato de potasio.
Nota: La coloración se tornará más blanca, debido a que precipita cloruro de plata, el cual tiene una coloración blanca.
13. Seguir el paso anterior, hasta que se visualice el punto final, o sea, cuando no haya más cloruros para reaccionar (la solución cambiará de amarilla opaca a color rojiza), cuando esto ocurra detener el goteo.
Nota: El cambio de coloración se debe a que precipita cromato de plata, el cual tiene una coloración rojiza.
14. Registrar el gasto de nitrato de plata que marca la bureta.

Nota 1: Volver a repetir del paso 4 al 14 cada vez que se vuelva a realizar una nueva valoración.

Nota 2: Verificar el pH de la solución que contiene el matraz Erlenmeyer antes y después de la valoración, si el pH no está entre 6,3 y 10,0 debe descartarse el resultado obtenido


Parte C

• Valoración de muestra de agua con un patrón secundario (solución $AgNO_3$)

1. Armar el dispositivo (soporte y pinzas).
2. Colocar en el soporte una bureta de 10 mL con pinza Mohr (o en su defecto, con perilla).
3. Agregar a la bureta un poco de la solución de nitrato de plata, y enjuagarla.
4. Tomar un poco de solución de nitrato de plata con ayuda de la bureta de 10 mL y una pera de goma (de esta forma evitar que queden burbujas).
5. Verificar que no queden burbujas (si quedan, repetir el paso anterior).
6. Debajo de la bureta colocar un vaso de descarte, luego, llenar la bureta al máximo (pasar la marca de los 10 mL) con la solución de nitrato de plata.
7. Enrasar la bureta a los 10 mL.
8. Colocar con ayuda de una pipeta aforada de 20 mL y una pera de goma, 20 mL de la muestra de agua a valorar en un matraz Erlenmeyer de 100 mL.
9. Agregar a dicho matraz Erlenmeyer, 3 gotas de la solución de cromato de potasio 5% m/V preparada anteriormente (Reactivo Indicador), agitar (la solución cambia de una coloración amarilla traslúcida a rojiza).
10. Sacar el vaso de descarte, y colocar el matraz Erlenmeyer del paso anterior debajo de la bureta.
11. Sostener el matraz Erlenmeyer y agitarlo a la vez, sin sacarlo de debajo de la bureta.

12. Con la otra mano, Controlar la pinza (o perilla) de la bureta, de modo que vaya cayendo de a gotas la solución de nitrato de plata sobre el matraz Erlenmeyer que contiene la muestra de agua con cromato de potasio.

Nota: La coloración se tornará más blanca, debido a que precipita cloruro de plata, el cual tiene una coloración blanca.

13. Seguir el paso anterior, hasta que se visualice el punto final, o sea, cuando no haya más cloruros para reaccionar (La solución cambia  de amarilla opaca a color rojiza), cuando esto ocurra detener el goteo.

Nota: El cambio de coloración se debe a que precipita cromato de plata, el cual tiene una coloración rojiza.

14. Registrar el gasto de nitrato de plata que marca la bureta.

Nota 1: Volver a repetir del paso 4 al 14 cada vez que se vuelva a realizar una nueva valoración.

Nota 2: Verificar el pH de la solución que contiene el matraz Erlenmeyer antes y después de la valoración, si el pH no está entre 6,3 y 10,0 debe descartarse el resultado obtenido

➤ Resultados:

Cálculos previos

Cálculos estimativos

AgNO_3 0,01mol/L en 100mL de H_2O

$$M = \frac{n}{V} \quad n = 0,01 \text{ mol/L} \cdot 0,1\text{L} = 0,001\text{mol}$$

$$n = \frac{m}{(P.M)} \quad m = 0,001\text{mol} \cdot 169,8731 \text{ g/mol} = 0,1698731\text{g}$$

Suponemos gasto de solución de nitrato de plata de 5,0 mL

$$M = \frac{n}{V} \quad n = 0,005\text{L} \cdot 0,01 \text{ mol/L} = 0,00005\text{mol}$$

$$n = \frac{m}{(P.M)} \quad m = 0,00005\text{mol} \cdot 74,555 \text{ g/mol} = 0,00372775\text{g}$$

Solución de Cloruro de potasio

0,01mol/L 50,0 mL de H_2O

$$M = \frac{n}{V} \quad n = 0,05\text{L} \cdot 0,01 \text{ mol/L} = 0,0005\text{mol}$$

$$n = \frac{m}{(P.M)} \quad m = 0,0005\text{mol} \cdot 74,555 \text{ g/mol} = 0,0372775\text{g}$$

Cálculos finales

Cloruro de potasio

$m_{\text{real}}(\text{KCl})=0,0403\text{g}$	$\Delta m=0,0001\text{g}$
$V_{\text{solución}}(\text{KCl})=50,00\text{mL}$	$\Delta V=0,06\text{mL}$
$V_{\text{pipeta}}=5,00\text{mL}$	$\Delta V_{\text{pipeta}}=0,015\text{mL}$

$$n(\text{KCl}) = \frac{0,0403\text{g}}{74,555\text{g/mol}} = 0,00054054\text{mol}$$

$$M(\text{KCl}) = \frac{0,00054054\text{mol}}{0,050\text{L}} = 0,01081081\text{mol/L}$$

$$\Delta M = M \cdot \left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta V_{\text{matraz}}}{V} \right)$$

$$\Delta M = 0,01081081\text{mol/L} \cdot \left(\frac{0,0001\text{g}}{0,0403\text{g}} + \frac{0,06\text{mL}}{50,00\text{mL}} \right) = 0,000039798$$

$$M_{\text{KCl}} = (0,01081 \pm 0,00004)\text{mol/L}$$

Parte B

Valoración de la solución de nitrato de plata con cloruro de potasio (patrón primario).

Nota: el criterio de concordancia es $\pm 0,02\text{ mL}$

Gastos de solución de nitrato de plata	Concordancia
6,00 mL	Si
5,98 mL	Si
5,99 mL	Si

$$\text{Promedio de gastos} = \frac{6,00\text{mL} + 5,98\text{mL} + 5,99\text{mL}}{3} = 5,99\text{mL}$$

$$M = \frac{n}{V} n(\text{KCl}) = M \cdot V_{\text{toma}} \quad n(\text{KCl}) = 0,01081\text{mol/L} \cdot 0,005\text{L} = 0,00005405\text{mol}$$



$$0,00005405\text{mol KCl} \quad \text{_____} \quad X = 0,00005405\text{mol AgNO}_3$$

$$M_{\text{AgNO}_3} = \frac{n}{V} M(\text{AgNO}_3) = \frac{0,00005405\text{mol}}{0,00599\text{L}} = 0,009023372287\text{mol/L}$$

$$\Delta M = M \cdot \left(\frac{\Delta M_{KCl}}{M} + \frac{\Delta V_{pipeta}}{V} + \frac{\Delta V_{bureta}}{V_G} \right)$$

$$\Delta M = 0,009023372287 \text{ mol/L} \cdot \left(\frac{0,00004}{0,01081} + \frac{0,015 \text{ mL}}{5,00 \text{ mL}} + \frac{0,05 \text{ mL}}{5,99 \text{ mL}} \right) = 0,00003361494252$$

$$M_{AgNO_3} = (0,00902 \pm 0,00003) \text{ mol/L}$$

Parte C

Agua de arroyo

Gastos de solución de nitrato de plata	pH inicial	pH final	Concordancia
2,25mL	7,83	8,04	Si
2,25mL	7,83	8,05	Si
2,26mL	7,83	8,11	Si

$$\text{Promedio de gastos} = \frac{2,25 \text{ mL} + 2,25 \text{ mL} + 2,26 \text{ mL}}{3} = 2,25 \text{ mL}$$

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$M_1 = 0,00902 \text{ mol/L}$$

$$V_1 = 2,25 \text{ mL}$$

$$V_2 = 20,0 \text{ mL}$$

$$M_{Cl} = \frac{0,00902 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,00225 \text{ L}}{0,020 \text{ L}} = 0,00101475 \text{ mol/L}$$

$$M = \frac{n}{V} \rightarrow n = M \cdot V \quad n = \frac{m}{P_M} \rightarrow m = n \cdot P$$

$$n = 0,00101475 \text{ mol/L} \cdot 0,020 \text{ L} = 0,000020295 \text{ mol}$$

$$m = 0,000020295 \text{ mol} \cdot 35,453 \text{ g/mol} = 0,000719518635 \text{ g}$$

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

$$0,000719518635 \text{ g} \text{ --- } x = 0,719518635 \text{ mg}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{masa de soluto (mg)}}{V_{\text{solución (L)}}} \text{ ppm} = \frac{0,719518635 \text{ mg}}{0,020 \text{ L}} = 35,97593175 \text{ ppm}$$

Agua potable

Gastos de solución de nitrato de plata	pH inicial	pH final	Concordancia
1,14mL	7,63	7,97	Si
1,14mL	7,62	7,96	Si
1,12mL	7,64	7,97	Si

$$\text{Promedio de gastos} = \frac{1,14 + 1,14 \text{ mL} + 1,12 \text{ mL}}{3} = 1,13 \text{ mL}$$

$$M1 \cdot V1 = M2 \cdot V2$$

$$M1 = 0,00902 \text{ mol/L}$$

$$V1 = 1,13 \text{ mL}$$

$$V2 = 20,0 \text{ mL}$$

$$MCl = \frac{0,00902 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,00113 \text{ L}}{0,020 \text{ L}} = 0,00050963 \text{ mol/L}$$

$$n = 0,00050963 \text{ mol/L} \cdot 0,020 \text{ L} = 0,0000101926 \text{ mol}$$

$$m = 0,0000101926 \text{ mol} \cdot 35,453 \text{ g/mol} = 0,0003613582478 \text{ g}$$

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

$$0,0003613582478 \text{ g} \text{ --- } x = 0,361358247 \text{ mg}$$

$$\text{ppm} = \frac{0,361358247 \text{ mg}}{0,020 \text{ L}} = 18,06791235 \text{ ppm}$$

Agua mineral

Gastos de solución de nitrato de plata	pH inicial	pH final	Concordancia
0,97mL	7,98	7,96	Si
0,95mL	7,88	7,96	Si
0,95mL	7,89	7,93	Si

$$\text{Promedio de gastos} = \frac{0,97 \text{ mL} + 0,95 \text{ mL} + 0,95 \text{ mL}}{3} = 0,96 \text{ mL}$$

$$M1 \cdot V1 = M2 \cdot V2$$

$$M1 = 0,00902 \text{ mol/L}$$

$$V1 = 0,96 \text{ mL}$$

$$V2 = 20,0 \text{ mL}$$

$$MCl = \frac{0,00902 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,00096 \text{ L}}{0,020 \text{ L}} = 0,00043296 \text{ mol/L}$$

$$n = 0,00043296 \text{ mol/L} \cdot 0,020 \text{ L} = 0,0000086592 \text{ mol}$$

$$m = 0,0000086592 \text{ mol} \cdot 35,453 \text{ g/mol} = 0,0003069946176 \text{ g}$$

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

$$0,0003069946176 \text{ g} \text{ --- } x = 0,306994617 \text{ mg}$$

$$\text{ppm} = \frac{0,306994617 \text{ mg}}{0,020 \text{ L}} = 15,34973085 \text{ ppm}$$

➤ Observaciones:

Parte A


- Los resultados no se muestran respetando las cifras significativas, ya que se utiliza el numero completo, y para no dificultar la verificación de dichos resultados se dejan tal y como se calcularon.
- La solución de nitrato de plata se preparó en matraz aforado (debido al tapón) y se envolvió en papel aluminio ya que es necesario proteger a la solución de la luz y se debe mantener a temperatura ambiente. Cabe destacar que no es necesario prepararla de esta forma, otra forma seria contener la solución en un recipiente de color ámbar.
- Se preparó el reactivo indicador cromato de potasio, ya que no se contaba con él en la concentración indicada.
- La solución de cromato de potasio 5% m/V (reactivo indicador) fue preparada de forma aproximadamente exacta, debido a que se necesitaba la mayor exactitud posible para que haya un menor error en los resultados.

Parte B

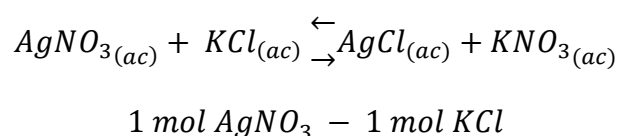
- Los resultados no se muestran respetando las cifras significativas, ya que se utiliza el numero completo, y para no dificultar la verificación de dichos resultados se dejan tal y como se calcularon.
- Hay dos maneras de realizar la valoración, una manera tiene una sola incertidumbre (masa), la otra tiene varias incertidumbres (masa, volumen, etc.), pero como en este caso en particular vamos a masar una masa que es muy pequeña, la incertidumbre del primer método causaría un mayor error, y por esta razón se decidió usar el segundo método, (preparación de solución de patrón primario) en el cual la incertidumbre de la masa tiene un menor efecto, ya que al no ser el único factor a tomar en cuenta la incertidumbre no va a ser tan grande.
- El criterio de concordancia en los gastos es de $\pm 0,02 \text{ mL}$, decidimos utilizar este valor porque era aproximadamente la mitad de la incertidumbre de la bureta y de esta forma tener un menor error.
- La incertidumbre promedio fue calculada de la forma $\Delta M = M \cdot \left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta V}{V} \right)$, ya que el resultado no difiere demasiado al calculado de la otra forma $\Delta M = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{n \cdot (n-1)}}$, así que era mucho más práctico utilizar el primer método.

Parte C

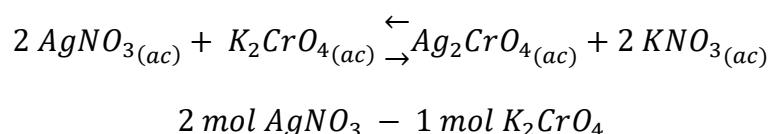
- Los resultados no se muestran respetando las cifras significativas, ya que se utiliza el número completo, y para no dificultar la verificación de dichos resultados se dejan tal y como se calcularon.
- El criterio de concordancia en los gastos es de $\pm 0,02 \text{ mL}$, decidimos utilizar este valor porque era aproximadamente la mitad de la incertidumbre de la bureta y de esta forma tener un menor error.

- La incertidumbre promedio fue calculada de la forma $\Delta M = M \cdot \left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta V}{V} \right)$, ya que el resultado no difiere demasiado al calculado de la otra forma $\Delta M = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{n \cdot (n-1)}}$, así que era mucho más práctico utilizar el primer método.
- Precipitó AgCl el cual es blanco, dando más bien una coloración turbia, este compuesto se formó debido a la reacción del nitrato de plata con cloruro de potasio.
- Precipitó cromato de plata, el cual tiene una coloración rojiza, este compuesto se formó debido a la reacción del nitrato de plata con cromato de potasio.
- Se realizó una toma de 2  L de cada muestra, debido a que, si usábamos un volumen menor, el gasto era demasiado bajo.
- Antes y después de cada valoración se midió el pH de las muestras de agua para verificar que se encuentren dentro del rango ya indicado, no fue necesario ajustar el pH ya que se mantuvo.

Ecuaciones Estequiometrias o reacciones de neutralización



El $AgCl$ precipita con una coloración blanca



El Ag_2CrO_4 precipita con una coloración rojiza.

➤ Discusión de los resultados:

➤ Conclusión:

➤ Perspectivas

- ¿Podemos determinar cuáles son los ti  de cloruros que hay de forma experimental?
- ¿Y la cantidad de cada tipo de cloruro por separado?

➤ **Anexo:**

Medidas de seguridad

Cloruro de Potasio:

- **Frases H**
 - No Clasificado.
- **Frases P**
 - No Clasificado.
- **Pictograma de peligro**
 - No Clasificado.

Nitrato de Plata:

- **Frases H**
 - H272: Puede agravar un incendio; comburente.
 - H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
 - H318: Provoca lesiones oculares graves.
 - H400: Muy tóxico para los organismos acuáticos.
 - H410: Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
- **Frases P**
 - P210: Manténgase alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficie caliente. No fumar.
 - P280: Llevar guantes, prendas, gafas y máscara de protección.
 - P370+P378: En caso de incendio: Emplear para apagarlo.
 - P301+P330+P331: EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuáguese la boca. NO provoque el vómito.
 - P391: Recoger la sustancia derramada.
 - P501: Elimínense esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida de eliminación residuos especiales o peligrosos, conforme a la reglamentación local, regional, nacional y/o internacional.
- **Pictograma de peligro**



Agua destilada:

- **Frases H**
 - No Clasificado.
- **Frases P**
 - No Clasificado.
- **Pictograma de peligro**
 - No Clasificado.

Cromato de Potasio:

- **Frases H**
 - H340: Puede provocar defectos genéticos.
 - H319: Provoca irritación ocular grave.
 - H315: Provoca irritación cutánea.
 - H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
 - H335: Puede irritar las vías respiratorias.
 - H350i: Puede provocar cáncer por inhalación.
 - H400: Muy tóxico para los organismos acuáticos.
 - H410: Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos
- **Frases P**
 - P280: Llevar guantes, prendas, gafas y máscara de protección.
 - P273: Impida que se libere al medio ambiente.
 - P302+P352: EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.
 - P308+P313: En caso de exposición manifiesta o presunta: consulte a un médico.
 - P332+P313: En caso de irritación cutánea: Consulte a un médico.
 - P501: Elimínense esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida de eliminación residuos especiales o peligrosos, conforme a la reglamentación local, regional, nacional y/o internacional.
- **Etiquetado especial**
 - Reservado exclusivamente a usuarios profesionales. (Sustancias que figuran en el anexo VI, parte 3, del Reglamento (CE) nº 1272/2008)
- **Pictograma de peligro**



➤ Referencias bibliográficas