



**INFORME FINAL  
PRÁCTICA SUPERVISADA**

**“ANÁLISIS DE AGUAS PARA EL  
CONSUMO DE ANIMALES DE  
PRODUCCIÓN GANADERA”**

**ALUMNA: CEREZO, CAROLINA**

**FECHA: NOVIEMBRE 2019**

## **INTRODUCCIÓN**

En animales ganaderos, el consumo de alimentos es directamente proporcional al consumo de agua. En la medida en que no se dispone de la calidad y cantidad de agua suficiente se limitará el consumo de materia seca y se puede dañar seriamente la salud de los animales. En cualquiera de los casos se afectará la producción de carne o leche. De ahí que es imprescindible conocer la calidad tanto de los alimentos como del agua que consumirán los animales de ganadería.

En este informe se desarrollarán análisis fisicoquímicos para conocer la calidad del agua para las producciones animales tradicionales (producción de carne y leche bovinas).

## **CALIDAD DE AGUA Y GANADERÍA**

La calidad de agua es un factor determinante de la producción de especies animales debido a su relación con los requerimientos nutricionales de cada especie. Si bien el vacuno tolera peor calidad de agua que los humanos, si las concentraciones de algunos compuestos químicos están en niveles no adecuados, los animales pueden verse también muy afectados. Muchas veces, la regular o mala calidad del agua no causa la muerte de los animales, incluso a veces tampoco se observan signos clínicos de enfermedad, pero sí se ven afectados algunos indicadores productivos (crecimiento, engorde o lactación) o reproductivos (preñez, peso de los terneros al nacer, etc.), en diferentes magnitudes en función de los niveles y tipo de sales presentes. En todos los casos causa importantes pérdidas económicas al productor.

Los criterios que habitualmente se consideran para la determinación de la calidad del agua de bebida son sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas, la presencia de compuestos tóxicos y de bacterias patógenas, y el exceso de minerales. La forma de expresar los valores encontrados en el agua puede ser: partes por millón (ppm), gramos por litros de agua (g/l) o miligramos por litro de agua, (mg/l). Las equivalencias son: 10 g/litro = 10.000 mg/l = 10.000 ppm = 1%.

En producción ganadera, el agua se utiliza fundamentalmente para el aprovisionamiento de los animales, siendo los requerimientos muy variables en función de la especie animal, las condiciones ambientales y los distintos sistemas de producción.

La producción lechera es, entre las actividades ganaderas, una de las que demanda mayor cantidad de agua, no sólo para bebida animal, sino también para la higiene del tambo, de la máquina de ordeño y para el enfriado de la leche. Los animales en ordeño requieren una elevada disponibilidad de agua de bebida de buena calidad, con relación al peso corporal, (el consumo puede superar los 150 litros por día) debido a que el agua representa un 87% de la composición final de la leche producida.

## **ZONA GEOGRÁFICA DE MUESTREO**

En Argentina, el desarrollo de la ganadería está íntimamente ligado a la disponibilidad y calidad del agua utilizada para el abastecimiento de los animales y, en el caso particular de la producción de leche, al agua utilizada para la limpieza de instalaciones y maquinarias. Existen regiones en las cuales las actividades ganaderas sufren limitaciones debido a la calidad del agua. Los principales problemas son la salinidad y la presencia de elementos tóxicos que pueden ser de origen antrópico, como los nitratos, o de origen natural, como el arsénico y el flúor.

## **DETERMINACIONES A REALIZAR**

### ***pH (nivel de acidez del agua)***

El pH del agua de bebida puede variar de 6 a 8 y se sabe que las ligeramente alcalinas (pH 7 a 7,5) son las mejores. Las que excedan aquellos límites hacia abajo (pH menos de 6) o hacia arriba (pH más de 8) tienen efectos corrosivos sobre instalaciones y posibles efectos adversos en la digestión de los bovinos.

*Valor de referencia: 7 < pH < 7,5*

## ***Sólidos Totales Disueltos***

Se compone por la suma de todos los compuestos solubles del agua. El agua de pozo que contiene menos de 1,5 g/l de sales totales, demanda suplementación mineral tanto en vacas de cría, tambo o invernada y es común que se definan como aguas "poco engordadoras". Mientras las que poseen entre 2 y 4 g/l de sales totales no requieren suplementación mineral (salvo que haya excesos de Sulfatos). Éstas se definen como "aguas engordadoras".

Con valores entre 4-8 g/l puede haber reducción en el consumo de agua, excepto aquellos animales que se hayan adaptado a esas altas concentraciones de sales, como la vaca de cría. No obstante ello se puede afectar, seriamente, la producción (carne o leche). Cuando los niveles exceden los 8 g/l no se debe usar ni siquiera con vacas de cría.

## ***Alcalinidad total***

La alcalinidad mide la habilidad del agua para neutralizar un ácido. Niveles de alcalinidad superiores a 500 mg/l pueden causar diarreas. Al aumentar el nivel de alcalinidad disminuye el de sulfato.

## ***Conductividad***

La conductividad es la capacidad de una sustancia para conducir la corriente eléctrica. Es una variable que depende de la cantidad de sales disueltas presentes en un líquido y es inversamente proporcional a la resistividad del mismo.

La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemens/cm (S/cm), con una magnitud de 10 elevado a -6, es decir microSiemens/cm ( $\mu\text{S/cm}$ ), o en 10 elevado a -3, es decir, miliSiemens (mS/cm).

En el caso de medidas en soluciones acuosas, el valor de la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto, cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad. La

relación entre conductividad y sólidos disueltos se expresa, dependiendo de las aplicaciones, con una buena aproximación por la siguiente regla:

*grados ingleses*

*grados americanos*

1.4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  = 1ppm o 2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  = 1 ppm (partes por millón de  $\text{CaCO}_3$ )

donde 1 ppm = 1 mg/L es la unidad de medida para sólidos disueltos.

### **Carbonatos y Bicarbonatos**

No se conocen efectos negativos para la producción animal, pero su combinación con el calcio y el magnesio definen la dureza del agua formando incrustaciones en las cañerías. La dureza se define como la concentración total de iones de calcio y magnesio expresados en forma de carbonatos de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en g/l.

### **Magnesio**

El magnesio es muy necesario en la alimentación del ganado bovino, sin embargo en muchas aguas subterráneas se encuentra en exceso y más si está combinado con sales de sulfato (sabor amargo).

Se consideran valores máximos:

- Vacas lecheras de 250 mg/l,
- Terneros destetados 400 mg/l
- Vacunos adultos 500 mg/l.

### **Calcio**

Para calcio no existen límites de toxicidad, aunque como se vio antes le otorga dureza al agua.

## **Cloruros**

Los cloruros son generalmente de sodio, magnesio, calcio y potasio. En las aguas subterráneas los niveles de estas sales, difícilmente superen los 2 o 3 g/l.

El cloruro de sodio es una sal beneficiosa, aunque confiere sabor salado. Muchas veces, se definen como "aguas engordadoras" con niveles de  $\pm 2$  g/l, siempre y cuando, los sulfatos no estén en exceso. Los cloruros de calcio y de magnesio le dan gusto amargo y provocan diarrea.

*Valor de referencia:  $[Cl] < 2000\text{mg/L}$*

## **Sodio**

El cloruro de sodio con niveles adecuados ( $\pm 2$  g/l) y bajos de sulfatos ( $< 1$  g/l) es beneficioso, siempre y cuando no supere los 8 g/l, que provoca efectos negativos aún con animales adaptados sobre el consumo, la producción y reproducción (vacas de cría).

## **Sulfatos**

Los sulfatos se encuentran generalmente formando sales solubles de sodio o magnesio, producen efectos negativos sobre la producción de carne o leche. En el organismo animal, los sulfatos actúan sobre el equilibrio ácido-base al modificar la concentración sérica de calcio y fósforo; este desbalance afecta la fertilidad de los animales con la consecuente disminución en el porcentaje de pariciones. Los sulfatos tienen además un efecto laxante que altera el proceso digestivo y el aprovechamiento de nutrientes con la consecuente disminución en la producción láctea.

En niveles relativamente bajos ( $\pm 0,5$  g/l) se producen interferencias con la absorción de cobre y tal vez con el calcio, magnesio y fósforo. Sin embargo, animales adaptados pueden tolerar hasta 4 g/l. Además, cuando el agua contiene hasta 1 g/l de sulfato de sodio se favorece la digestión de la fibra y el consumo de alimentos.

*Valor de referencia: [sulfatos] < 1000mg/L*

### **Nitratos**

La presencia de nitratos en el agua es indicio de contaminación con materia orgánica o compuestos nitrogenados, ocasionada generalmente por un deficiente manejo de efluentes o de utilización de fertilizantes. La toxicidad se produce cuando los nitratos se reducen en el rumen a nitritos y son absorbidos en elevada concentración, pudiendo producir alteración en el transporte de oxígeno.

*Valor de referencia: [nitratos] < 150 mg/L*

### **Arsénico**

La presencia de arsénico en el agua subterránea utilizada para bebida humana o animal, es uno de los problemas sanitarios más importantes a nivel mundial. El arsénico es un elemento ampliamente distribuido en la naturaleza y de elevada toxicidad para los seres vivos. La llanura Chaco - Pampeana, en Argentina, es considerada la región más extensa del mundo (1 x10 km), afectada por la presencia de arsénico en aguas subterráneas (siendo Gral. Villegas y alrededores una de las zonas más afectadas).

Las sales de arsénico son muy solubles en agua. La presencia de arsénico en el agua tiene 3 posibles orígenes:

1. Contaminación natural del agua subterránea (geología de los suelos).
2. Contaminación con agroquímicos.
3. Contaminación por desechos industriales.

*Valores de referencia: [Arsénico] < 0.05 mg/L (0,05 ppm)\**

\*valor propuesto a nivel internacional por el NRC.

### **Flúor**

El flúor es un contaminante muy serio en algunas partes del país. Su presencia natural se relaciona con la presencia de un tipo de ceniza volcánica con altos niveles de este mineral. Es necesario para mantener la dureza de dientes y huesos, sin embargo, las concentraciones excesivas producen alteraciones en

la salud del ganado. El nivel normal en el agua de bebida para mantener la dureza de los dientes está entre 0.8 y 1.5 mg/L

*Valor de referencia: [Fluor] <1.5 mg/L (1,5 ppm)*

Nota:

El **potasio** se encuentra en muy pequeña cantidad a no ser que el agua contenga sedimentos de nitrato de potasa (fertilizante de origen natural), en ese caso el agua es muy tóxica por el nitrato y el exceso de potasio.

## **DETERMINACIONES Y MÉTODOS UTILIZADOS**

### ***pH : Método Potenciométrico***

Consiste en la medición de un potencial en una celda electroquímica. El instrumental necesario comprende un electrodo de referencia, un electrodo indicador y un dispositivo de medida de potencial.

El electrodo de referencia utilizado es el electrodo de *Calomel* (mercurio, cloruro de mercurio) y electrodo indicador es de *membrana de vidrio*. Ambos se sumergen en la disolución de la muestra de agua a analizar. Se fabrica el electrodo de vidrio sellando un bulbo de vidrio delgado y sensible al pH, al extremo de un tubo de vidrio de paredes gruesas. Se llena el bulbo resultante con una solución de ácido clorhídrico 0,1 M saturada con cloruro de plata. Se sumerge un alambre de plata en la solución, que se conecta a través de un cable externo a una terminal de un dispositivo para la medida del potencial. Se conecta entonces el electrodo de calomel a la otra terminal.

A continuación se registra el valor obtenido que se lee.

### ***Sólidos Totales Disueltos: Sólidos Totales secados a 105°C***

Para realizar la medición se utiliza: Baño María, Horno de secado a 105°C y Balanza analítica. Para comenzar, se acondiciona la muestra a analizar a temperatura ambiente, se agita vigorosamente y rápidamente se toma una

alícuota de 100ml con probeta. Se registra el volumen obtenido. A continuación se coloca la muestra a baño María precalentado a la temperatura de ebullición del agua. Una vez evaporada el agua, se deja secar en horno a una temperatura de 105°C. Se procede a registrar el peso y se realizan el cálculo para obtener el valor de los sólidos con la siguiente ecuación:

$$ST = \frac{(A - B)1000}{V}$$

Donde:

- ST: Sólidos Totales (mg/L)
- A: Peso final de la cápsula con el residuo seco (g)
- B: Peso inicial de la cápsula tarada (g)
- V: Volumen de la muestra desecada (L)

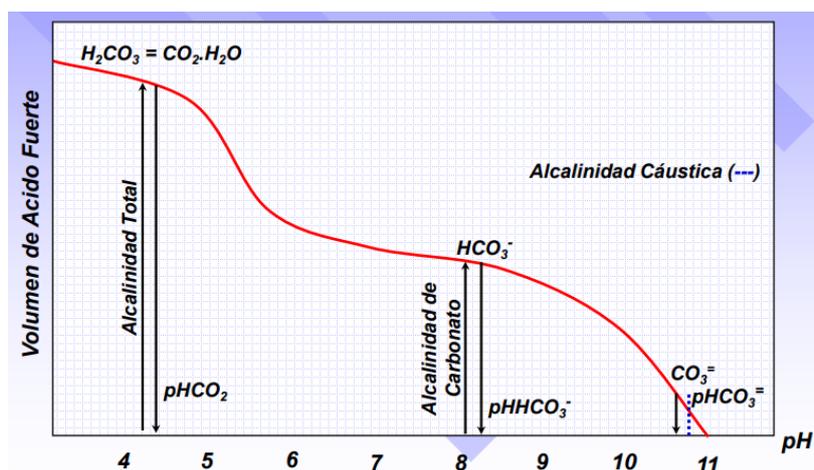
### ***Conductividad: Conductímetro***

Se utilizó un Conductímetro Hanna EC 124. La muestra de agua a analizar se vierte en un recipiente plástico de no menos de 10 cm de altura. Luego se coloca la sonda del conductímetro dentro del recipiente, asegurándose que la misma esté sumergida en la disolución por lo menos 5cm. Se espera 5 segundos hasta que se estabilice la medición, antes de registrar la medición que se lee en la pantalla del dispositivo.

### ***Alcalinidad de Carbonatos y Bicarbonatos: Titulación***

La alcalinidad se determina en forma volumétrica utilizando el principio de neutralización, con un ácido fuerte como el ácido sulfúrico, el cual aporta los protones necesarios para la titulación. Como los productos de la neutralización son sales inorgánicas incoloras, se hace uso de indicadores de color, a fin de poder detectar en forma visual el punto final de la titulación.

En primer lugar se realiza una titulación con indicador *Fenolftaleína* para determinar la presencia de carbonatos en la muestra. Luego se procede, con indicador *Anaranjado de Metileno* a determinar la cantidad de bicarbonatos presentes. Ambos indicadores son ácidos orgánicos débiles, que cambian de color a valores de pH característicos.



Se prepara:

- una solución de ácido sulfúrico 0,02N
- una solución de tiosulfato de sodio 0,1N
- una solución estándar de carbonato de calcio 2.5 g/L

A continuación se realizan la valoración del ácido sulfúrico.

Luego, se procede a la titulación de la muestra. Se toma una alícuota de la misma, se agregan 2 gotas de tiosulfato de calcio y 2 gotas de indicador fenolftaleína. Se titula. Si no hay cambio de color, entonces la alcalinidad a la fenolftaleína es igual a 0 y no hay bicarbonatos ni hidróxidos. Esto significa que el agua es ácida o solo presenta bicarbonatos.

Se agregan 2 gotas de anaranjado de metileno, y se titula nuevamente. Si la muestra cambia a anaranjado o rojo, la alcalinidad total es igual a 0. El agua es ácida y no hay carbonatos, bicarbonatos ni hidróxidos. Si la muestra cambia a amarillo brillante, se registra el final de la titulación y se anota el volumen gastado.

A continuación se realizan los cálculos:

1- Normalidad del  $H_2SO_4$

$$N = \frac{[Na_2CO_3] * V_{Na_2CO_3}}{Eq - gr_{Na_2CO_3} * (V_1 + V_2)}$$

## 2- Alcalinidad a la fenolftaleina

$$\text{Alcalinidad a la fenolftaleina} = \frac{F * N * 50000}{mL \text{ muestra}}$$

Donde:

- F = Volumen de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gastado en la Titulación usando como indicador Fenolftaleina.
- N = Normalidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

## 3- Alcalinidad total

$$\text{Alcalinidad total} = \frac{T * N * 50000}{ml \text{ muestra}}$$

Donde:

- T = Volumen Total de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gastado en la Titulación (Volumen a la Fenolftaleina + Volumen al Anaranjado de Metilo)
- N = Normalidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

## 4- Hidróxidos, Carbonatos y Bicarbonatos

Cada una de las especies presentes en la muestra puede calcularse fácilmente utilizando la siguiente tabla:

Condición	Hidróxidos	Carbonatos	Bicarbonatos
<b>F = 0</b>	0	0	T
<b>2(F) &lt; T</b>	0	2(F)	T - 2(F)
<b>2(F) = T</b>	0	2(F)	0
<b>2(F) &gt; T</b>	2(F) - T	2(F) - T	0
<b>F = T</b>	T	0	0

## Dureza: Titulación con EDTA

El ácido etilendiaminotetraacético y sus sales de sodio (EDTA) forman un complejo de quelato soluble al añadirlo a las soluciones de algunos cationes metálicos. Cuando se añade EDTA al agua que contiene calcio y magnesio,

aquél se combina primero con el calcio. De acuerdo con los criterios actuales, la dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato de calcio, en miligramos por litro. La nitidez del punto final en el método volumétrico de EDTA, aumenta con los incrementos de pH. Sin embargo, el pH no puede aumentar indefinidamente debido al peligro de precipitación de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) o hidróxido magnésico,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , y porque la titulación cambia de color a pH alto. El valor de pH especificado de 10 constituye una solución satisfactoria.

Para la determinación, se realiza la preparación de EDTA y se calcula su molaridad titulándolo utilizando como indicador *negro de eriocromo*. A continuación se realiza la determinación de la dureza total tomando una alícuota de la muestra de agua. La misma se acidifica con ácido clorhídrico, se agrega como indicador *rojo de metileno* y se neutraliza con hidróxido de sodio. Luego, se añade buffer pH 10 y gotas de negro de eriocromo y se valora con solución 0,01M de EDTA hasta viraje del rojo vinoso al azul. Se registra el volumen de EDTA utilizado.

Para conocer el valor de la dureza cálcica se toma una alícuota de la muestra, se la lleva pH 12 utilizando hidróxido de sodio, se agrega indicador específico para calcio y se valora con EDTA hasta viraje a azul. Se registra el volumen de EDTA utilizado.

A continuación se realizan los cálculos:

1- Dureza total:

$$\text{ppm CaCO}_3 = \frac{V_{EDTA} * M_{EDTA}}{V_{muestra}} * 100091$$

Donde:

- ppm  $\text{CaCO}_3$  = mg/l de calcio mas magnesio expresada como  $\text{CaCO}_3$
- $V_{EDTA}$  = volumen registrado de EDTA usando negro de eriocromo (ml)
- $M_{EDTA}$  = molaridad de EDTA (mmol/ml)
- $V_{MUESTRA}$  = volumen de la muestra (ml)
- 100091 = peso atómico del carbonato de calcio (100,091 g/mol) x 1000 mg/g.

2-Dureza cálcica:

$$ppm \text{CaCO}_3 = \frac{V'_{EDTA} * M_{EDTA}}{V_{muestra}} * 100091$$

- V' = volumen registrado de EDTA usando Calcón carboxílico (ml)

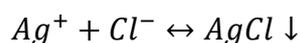
### 3- Magnesio

$$ppm \text{MgCO}_3 = (V_{EDTA} * M_{EDTA} - V'_{EDTA} * M_{EDTA}) * 84.33 \frac{mg}{mmol} * \frac{1000}{100}$$

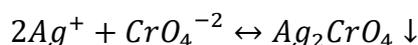
### **Cloruros: método argentovolumetría de Mohr**

Se utiliza una volumetría de precipitación, que es aquella en la que la reacción entre el analito y el agente valorante da lugar a la formación de un precipitado. El agente valorante empleado es el nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ), por lo que es una valoración por precipitación con plata. El nitrato de plata es un muy buen agente precipitante, no es patrón primario, ya que a pesar de su alta pureza, reacciona con la luz del sol produciendo óxido de plata, es decir, la droga sólida es inestable. Para conocer su concentración debe valorarse contra un patrón primario como el cloruro de sodio.

La reacción de valoración para el caso del cloruro es:



El indicador utilizado es el anión cromato  $\text{CrO}_4^{-2}$  (*Método de Mohr*), al precipitar compete con el haluro por la plata para formar un precipitado color rojo ladrillo de cromato de plata,  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ .



Para la determinación, en primer lugar se procede a la preparación del nitrato de plata y a la normalización de la solución a 0,1N. Luego se realiza la titulación de la muestra y se calcula la concentración de cloruros como se muestra a continuación:

$$ppm \text{cloruros (mg/l)} = Vc * N * 35,45 \frac{mg}{mEq} * \frac{1000}{100}$$

Donde:

- Vc = volumen corregido del ensayo en blanco (ml)
- N = normalidad del nitrato de plata

### ***Sulfatos: método turbidimétrico***

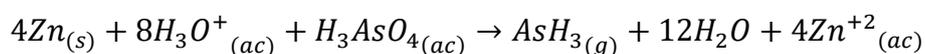
El método tiene como fundamento la formación de partículas de pequeño tamaño que causan la dispersión de la luz cuando una fuente de radiación incide sobre dichas partículas. El grado de dispersión de la luz (o turbidez de la solución) es proporcional al número de partículas que se encuentran a su paso, lo cual depende de la cantidad de analito presente en la muestra. Se agrega a un volumen de muestra, solución de cloruro de bario porque el bario en presencia de sulfatos precipita como sulfato de bario  $\text{BaSO}_4$ , formando flóculos que causan un cierto grado de turbidez en la solución y este grado de turbidez es proporcional a la concentración de sulfatos presentes. El grado de turbidez se mide en un espectrofotómetro.

Se necesita una curva de calibración que se obtiene preparando una serie de standards de 5, 10, 15, 20 y 25 ppm como sulfatos  $\text{SO}_4^{-2}$  a partir de una solución de 100 ppm. Se toman 50 ml de muestra y se colocan en un vaso de precipitados. Se le agregan 5 ml. de solución estabilizadora y 5 ml de solución de cloruro de bario al 5 %. Se agita la muestra para mezclar completamente y esta solución resultante es la que se emplea para lectura en el turbidímetro. La lectura se efectúa 5 minutos después de haber agregado los reactivos y formado el precipitado.

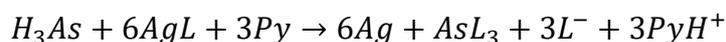
Se realiza el mismo procedimiento para la muestra de agua a analizar. Para obtener la concentración de sulfatos se lee el valor registrado con la curva de calibración para sulfatos previamente obtenida y se encuentra su valor en concentración. Si la muestra contiene una gran cantidad de sulfatos, la turbidez estará fuera del rango de la curva de calibración, por lo cual deberá diluirse la solución de muestra original hasta un valor adecuado en que pueda leerse la turbidez de la solución resultante.

### **Arsénico: método absorciométrico**

Se utilizó el método espectrofotométrico del dietilditiocarbamato de plata (DEDTCP). En este método, el arsénico se reduce a arsina por el zinc en medio ácido:



La arsina se pasa a través de un depurador conteniendo disolución de acetato de plomo para la retención de  $S^{-2}$  que pudiera introducir interferencias en la cuantificación. Después se conduce a un tubo absorbente que contiene una disolución de DEDTCP en piridina, para la formación de un complejo rojo soluble, cuya intensidad de color es proporcional al contenido de arsénico en la muestra analizada.



Siendo  $L^-$  el dietilditiocarbamato y  $AsL_3$  el complejo cuya absorbancia se mide.

### **Fluoruros: Método espectrofotométrico**

El principio de este método se basa en la reacción entre los iones fluoruro y el complejo colorido de Zirconilo-SPADNS. El fluoruro reacciona con el Zirconilo del complejo Zr-SPANDS formando otro anión complejo incoloro ( $ZrF_6^{2-}$ ). Al aumentar el contenido de fluoruro, la intensidad del color disminuye. Siendo por lo tanto la absorbancia inversamente proporcional a la concentración de fluoruros. La reacción se lleva a cabo en medio ácido. La selección del colorante para este método rápido está regido en gran parte por la tolerancia a esos iones.

Se toma una alícuota de la muestra y se adiciona disolución Zirconilo-SPANDS, se tapa y se mezcla varias veces. Se lee inmediatamente a 570 nm y se obtiene la concentración de la muestra directamente de la curva. Si la absorbancia cae más allá del intervalo de la curva patrón, repetir usando una muestra diluida.

### ***Nitritos: Método espectrofotométrico***

El nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) se determina mediante la formación de un colorante azo de color púrpura rojizo por reacción de diazotación-copulación de sulfanilamida con NED diclorhidrato a pH entre 2,0 y 2,5. Este método es adecuado para determinar nitrito en concentraciones de 10 a 1000  $\mu\text{g NO}_2$ . La muestra se conserva a 4°C y la determinación se realiza enseguida para prevenir la posible conversión bacteriana de  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NO}_3^-$  o  $\text{NH}_3$ .

Se prepara una solución patrón, luego soluciones de trabajo de 0,01, 0,05, 0,10 y 0,20 mg N  $\text{NO}_2^-$  /L y se elabora la curva de calibración con dichos estándares.

La lectura de nitrito debe hacerse a 543 nm. Se cargan las curvas de calibración, se lee el blanco como blanco y como muestra y los estándares, como estándares y como muestras. El espectrofotómetro arroja resultados en mg N- $\text{NO}_2^-$ /L de acuerdo al factor de dilución digitado en el momento de la lectura.

- mg  $\text{NO}_2^-$  /L = miligramos de nitrito por litro.
- mg N -  $\text{NO}_2^-$  /L = miligramos de nitrógeno en la forma de nitrito por litro

### ***Nitratos: reducción de Cadmio***

El nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) es casi completamente reducido en forma cuantitativa a nitrito  $\text{NO}_2^-$  en presencia de cadmio (Cd). Este método usa gránulos de cadmio tratados con sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) e introducidos en una columna de vidrio. El  $\text{NO}_2^-$  producido de esta manera es determinado por diazotización con sulfanilamida y acomplejamiento para formar un compuesto azo fuertemente coloreado que es medido colorimétricamente. El rango aplicable de este método es 0,01 a 10 mg N- $\text{NO}_3^-$ /L.

La materia suspendida en la columna restringirá el flujo de la muestra.

Se procede a la reducción de la muestra. Tan pronto como sea posible y no más de 15 minutos después de la reducción, se agrega el reactivo de color y se



mezcla. Entre 10 min y 2 horas después, se mide la absorbancia a 543 nm contra reactivo blanco-agua destilada.

Usando la solución  $\text{NO}_3^-$ -N intermedia, se preparan estándares en el rango 0,05 a 1,0 mg  $\text{NO}_3^-$ -N/L diluyendo los volúmenes siguientes a 100 mL. Se procede a la reducción de los estándares del mismo modo que se realizó con las muestras.

Se obtiene una curva del estándar con la absorbancia de los estándares contra la concentración N- $\text{NO}_3^-$ . A modo de ejemplo se adjunta un archivo PDF con alguno de los análisis realizados.