



Universidad Nacional del Nordeste



Facultad de Ciencias Agrarias

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

MODALIDAD PASANTÍA

Caracterización de aguas para distintos usos en chacras de Las Breñas - Chaco

Alumna: Mónica Frías Laso

Asesora: Ing. Agr. (Mgter.) María Yfran Elvira.

AÑO: 2016

Caracterización de aguas para distintos usos en chacras de Las Breñas - Chaco

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es un parámetro importante que afecta a todos los aspectos de los ecosistemas y al bienestar humano, como la salud de una comunidad, el alimento que se ha de producir, las actividades económicas, la salud de los ecosistemas y la diversidad biológica (Utrera Caro, 2014).

No existe una definición única de buena calidad del agua, sino que existen distintas exigencias para la calidad en función de los diversos usos del recurso y para cada uno se establecen guías de calidad (Corbalán *et al.*, 2005).

La calidad del agua puede proporcionar información acerca del ambiente a través del cual circuló el agua y del impacto de las prácticas de manejo en el ecosistema. La calidad del agua para riego es importante para alcanzar una adecuada producción de cultivos (Baccaro *et al.*, 2006).

Las Breñas es una ciudad cabecera del departamento Nueve de Julio, en el sudoeste de la provincia del Chaco, Argentina, donde se destaca la producción porcina y caprina, granos y cereales, siendo algunas de las principales actividades (Delssin *et al.*, 2014).

Muchos productores utilizan abonos en sus chacras, si bien éstos, mejoran las propiedades químicas y físicas suministrando materia orgánica y nutrientes al suelo, esta práctica puede también causar contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, especialmente cuando la dosis de fertilizante excede los requerimientos nutricionales de los cultivos. La contaminación con fósforo y en menor medida con nitrógeno de las aguas superficiales conduce al deterioro de los ecosistemas acuáticos debido al crecimiento excesivo de algas, pérdida de oxígeno, mortandad de algunas especies acuáticas y una menor biodiversidad, provocando procesos de polución y eutroficación. Los fosfatos orgánicos se forman principalmente en procesos biológicos, y van a parar al agua como residuos domésticos. El fósforo es esencial para el crecimiento de los organismos, incluso su falta puede implicar la inhibición de dicho organismo en el agua (Lavie *et al.*, 2010). Por su parte, el nitrógeno en el agua para consumo humano afecta la salud y puede producir una enfermedad en los infantes llamada metahemoglobinemia, y más recientemente se ha observado que puede generar cáncer (Ward, *et al.*, 1996).

Además de incorporar nutrientes, se demostró que con la aplicación de abonos se agregan al suelo bacterias y virus patógenos (Elliot y Ellis, 1977), y es un grave riesgo sanitario para la comunidad. Las concentraciones de los nitratos en aguas superficiales se deben a diferentes orígenes, se libera cuando la materia orgánica se descompone por las bacterias del suelo y por disolución de rocas y de efluentes industriales. Por otro lado, la principal fuente de nitratos es la agricultura, donde se utilizan como componente de abonos y fertilizantes nitrogenados. La presencia natural de nitratos y nitritos en el medio ambiente es una consecuencia del ciclo del nitrógeno, por lo tanto las alteraciones de este ciclo por causas antropogénicas o naturales, tendrán como resultado una modificación en la presencia y concentración de dichos iones en el ambiente (Espinosa y Rodríguez, 2016).

Con respecto a la presencia de nitratos en aguas superficiales y subterráneas constituye un factor de peligro a la salud de animales y humanos, especialmente niños. El Servicio de Salud Pública de EE.UU. estableció que el agua para consumo humano no debe exceder los $10 \text{ mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$, que es equivalente a $45 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ (APHA, 2005). Una concentración similar de $11 \text{ mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ o $50 \text{ mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ recomendó la Comunidad Europea para agua de consumo humano y con riesgo potencial del nitrógeno en la eutrofización de las aguas superficiales (European Community, 1991). Según el Código Alimentario Argentino (CAA) los límites máximos son de 45 mg L^{-1} de nitrato en aguas para consumo (CAA, 2010).

El agua para consumo no debe presentar contaminantes objetables (microorganismos, sustancias químicas o agentes infecciosos, entre otros) en su composición química. Estos contaminantes pueden tener efectos nocivos en las personas, convirtiendo al agua en un peligro, de ahí la necesidad de su potabilidad (Ramos *et al.*, 2003). Por todas estas razones, el conocimiento de la calidad del agua es fundamental y, con más razón, de aquella destinada al consumo humano (Castellanos *et al.*, 1997).

El exceso de sales solubles perjudica el crecimiento de los cultivos, ya que dificulta la absorción de agua debido a un efecto de potencial osmótico. No sólo es importante la concentración de sales en el agua, sino también la composición de ésta en cuanto al tipo de cationes y aniones presentes (Lamz Piedra y González Cepero, 2013).

Aguas con alto contenido de sodio tienden a aumentar el nivel de sodio (Na^+) intercambiable en el suelo. Con estas condiciones, los suelos se dispersan, decreciendo la conductividad hidráulica o la permeabilidad, lo cual interfiere con el drenaje y el normal suministro de agua, y la aireación requerida para el crecimiento del cultivo (Levy, 2000). La relación de absorción de sodio (RAS) es un parámetro que refleja la posible influencia del ión sodio sobre las propiedades del suelo, ya que tiene efectos dispersantes sobre los coloides del suelo y afecta a la permeabilidad. Sus efectos no dependen sólo de la concentración en sodio sino también del resto de cationes (Mujeriego, 1990). Los consumos elevados de sodio se han correlacionado con presión arterial elevada y edema (inflamación en células y tejidos causada por acumulación excesiva de agua). La presión sanguínea alta (hipertensión), afecciones coronarias, irritabilidad, retención de líquidos, sobre carga de trabajo para los riñones, son algunos de los problemas que podrían provocarnos el exceso de sodio. En condiciones normales de salud, los riñones tienen la capacidad de regular la concentración de este mineral, y provocar mayor producción de orina, haciendo que esta sea más diluida (Alexander, 2010).

Las aguas pueden presentar otros cationes como calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), generalmente cantidades menores de potasio (K^+), aniones como cloruro (Cl^-), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) y sulfato (SO_4^{2-}). El exceso de Cl^- puede ser tóxico para algunas plantas (Bernstein, 1964), mientras que el HCO_3^- tiende a precipitar con los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} , bajo la forma de CO_3^{2-} (Letey *et al.*, 1985). Esto resulta en un aumento de la concentración relativa de Na^+ intercambiable y en la dispersión del suelo.

Los cloruros son una de las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua y de drenaje. Los cloruros aparecen en todas las aguas naturales en concentraciones que varían ampliamente, el sabor salado del agua, producido por los cloruros, es variable y dependiente de la composición química del agua, cuando el cloruro está en forma de cloruro de sodio (NaCl), el sabor salado es detectable a una concentración de 250 mg L^{-1} de NaCl . Cuando el cloruro está presente como una sal de calcio o de magnesio, el típico sabor salado de los cloruros puede estar ausente aún a concentraciones de 1000 ppm (Annual book of Standards 1994). Los cloruros en concentraciones razonables no son peligrosos para la salud y son un elemento esencial para las plantas y los animales. En concentraciones encima de 250 mg L^{-1} producen un sabor salado en el agua, el cual es rechazado por el consumidor. Sin embargo, hay áreas donde se consumen aguas con 2000 mg L^{-1} de cloruros, sin efectos adversos gracias a la adaptación del organismo (APHA, 2005).

El término salinidad representa la cantidad y el tipo de sales disueltas en el agua de riego y su valor se determina mediante la medida de la Conductividad Eléctrica (CE) de la solución y es uno de los parámetros más importantes para evaluar la calidad de agua para riego. Altos valores de conductividad son causa de problemas para las plantas en la toma de agua, y junto con ésta, los nutrientes presentes en el suelo. Esto es debido a que aumenta el potencial osmótico del agua al encontrarse ésta con alta concentración de sales en solución (Báez, 2002).

La alta concentración de sales solubles afecta adversamente el rendimiento de los cultivos, a través de un efecto osmótico que limita la habilidad de las plantas para absorber agua. Este efecto de la salinidad en las plantas se observa cuando la CE supera un valor crítico, el cual varía con los cultivos e incluso con las variedades en una especie particular (Maas, 1990).

El sulfato contribuye a la salinidad del agua de riego junto con el Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- y HCO_3^- . Además, el sulfato contribuye a la conductividad y sólidos disueltos del agua, parámetros de calidad de aguas que si están regulados en la normativa internacional (Catalán La Fuente, 1990). El principal efecto nocivo de los sulfatos está relacionado con el gusto, al conferir al agua el típico y molesto sabor sulfuroso. Efectos fisiológicos más importantes en la población adulta -diarreas, deshidratación, irritación gastrointestinal, exigen altas concentraciones, en cualquier caso muy superiores a las aceptadas como admisibles (Beamonte *et al.*, 2002).

Es recomendable realizar un análisis del agua antes de su utilización, tanto de regadío como así también para consumo, para asegurarnos que la calidad de la misma es apropiada.

Es importante realizar un control de los estándares de calidad de manera frecuente para evitar o prevenir problemas asociados.

OBJETIVO

- Caracterizar las aguas desde el punto de vista físico-químico, de chacras ubicadas en Las Breñas, provincia del Chaco.

Objetivos Particulares

- Adquirir destreza en las Técnicas de Laboratorio utilizadas para la determinación de calidad de agua para riego.
- Interpretar los resultados de los análisis para poder clasificar las aguas empleando valores de referencia de uso universal.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

TRABAJO DE CAMPO

TOMA DE MUESTRAS

Se realizaron 26 muestreos de fuentes de agua de perforaciones de pequeños productores de la ciudad de Las Breñas, provincia del Chaco, República Argentina. Las muestras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21 pertenecen a la Colonia Necochea distribuida entre las secciones 4ta, 5ta, 6ta, 7ma, 8va y 14; las muestras de agua 18 y 19 fueron realizadas en la Colonia Juan Lavalle; y las muestras 22, 23, 25 y 26 pertenecen a la ciudad de Las Breñas, y la 24 ubicada en zona aledaña a Charata.

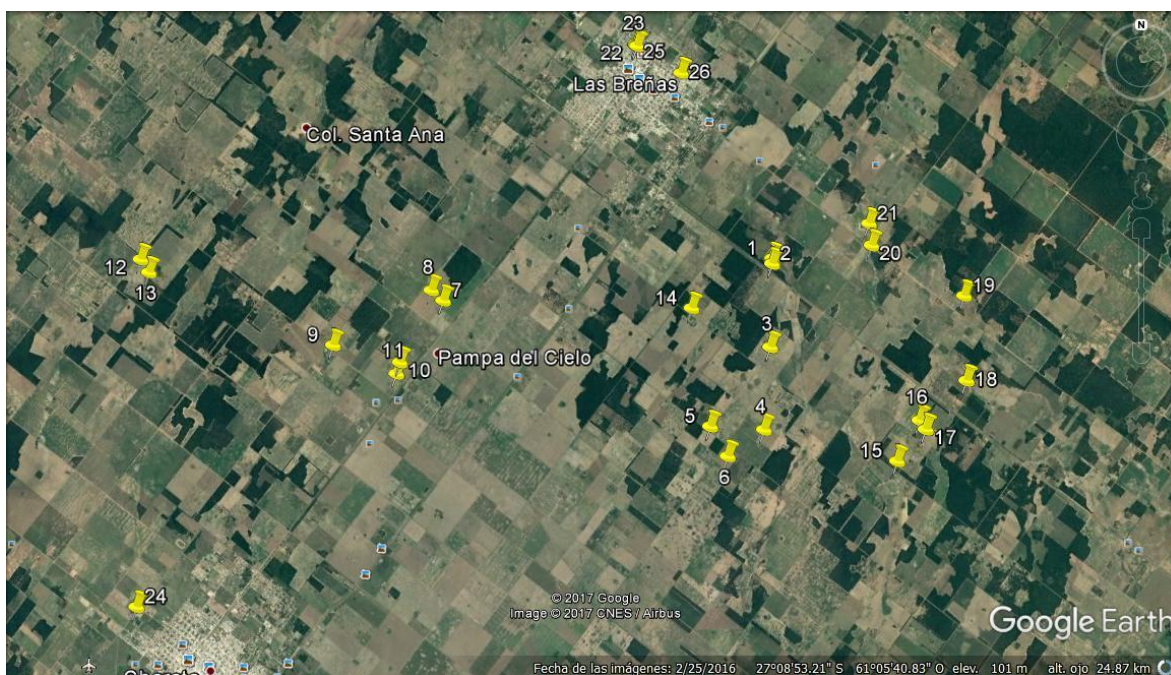


Figura Nº 1: Sitios de muestreo, Las Breñas-Chaco-Arentina.

Las muestras fueron recolectadas en botellas de plástico transparentes, procediéndose de la siguiente manera: antes de sacar la muestra se puso en funcionamiento la bomba unos 10 minutos, el recipiente se enjuagó con el agua de la perforación tres veces, y luego se lo llenó completamente evitando presencia de aire en su interior.

Se determinaron 'in situ':

- ✓ Temperatura la que se registró con un termómetro de Mercurio con bulbo, formado por un capilar de vidrio de diámetro uniforme, con escala Celsius.
- ✓ pH: que se midió con un pHmetro Portátil "Adwa" AD101 Standard Pocket Tester pH, basado en microprocesador, con calibración automática y compensación automática de temperatura.
- ✓ Conductividad Eléctrica (CE): se midió con un conductímetro Portátil "Adwa" AD203 Standard Pocket Teste, con compensación automática de temperatura.

TRABAJO DE LABORATORIO

Se trasladaron las muestras de agua al laboratorio del Dpto. de Física y Química, Cátedra de Química Analítica y Agrícola, de la Facultad de Ciencias Agrarias (U.N.N.E), para realizar los siguientes análisis físicos y químicos:

- ✓ Alcalinidad Total: por Volumetría de Neutralización (APHA, 2005).
- ✓ Calcio y Magnesio: por Volumetría de Formación de complejos (APHA, 2005).
- ✓ Dureza Total: por Volumetría de Formación de complejos (APHA, 2005).
- ✓ Sodio y Potasio: por espectrometría de absorción atómica (APHA, 2005).
- ✓ Cloruros: por Volumetría de precipitación, Método de Mohr (APHA, 2005).
- ✓ Sulfato: por Turbidimetría (Método ASTM D 516-90) (Annual book of Standards 1994).
- ✓ Fósforo: por Espectrofotometría de Absorción molecular: método del azul de molibdeno (APHA, 2005).
- ✓ Nitrato: por Espectrofotometría de Absorción molecular: por el método del salicilato de sodio (Rodríguez *et al*, 2005).

RESULTADOS

pH

El pH es la concentración de iones hidrógeno de una solución y se utiliza para medir la acidez o la alcalinidad del agua. El pH es un importante parámetro operativo de la calidad del agua y en muchos casos nos indica cuales son los problemas que tiene el agua.

El pH influye en la asimilabilidad de los nutrientes por la planta. Con un pH inferior a 5 pueden presentarse deficiencias de nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y con valores superiores a 6,5 se disminuye la asimilabilidad de hierro (Fe), fósforo (P), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), y cobre (Cu) (Agustí, 2012).

El intervalo más satisfactorio para el agua de riego se encuentra entre 5,6 a 7,3 intervalo adecuado para la mayoría de los cultivos por la máxima disponibilidad de nutrientes (Álvaro García, 2012).

El pH aceptable para agua potable varía entre 6.5 a 8.5 como valor guía (CAA, 2010). Según Galvín (2003), para las aguas de consumo humano, los valores extremos pueden causar irritación en las mucosas, irritación en órganos internos y hasta procesos de ulceración.

En la Figura 2 puede observarse que los valores de pH se encuentran dentro del rango óptimo tanto para consumo como para riego.

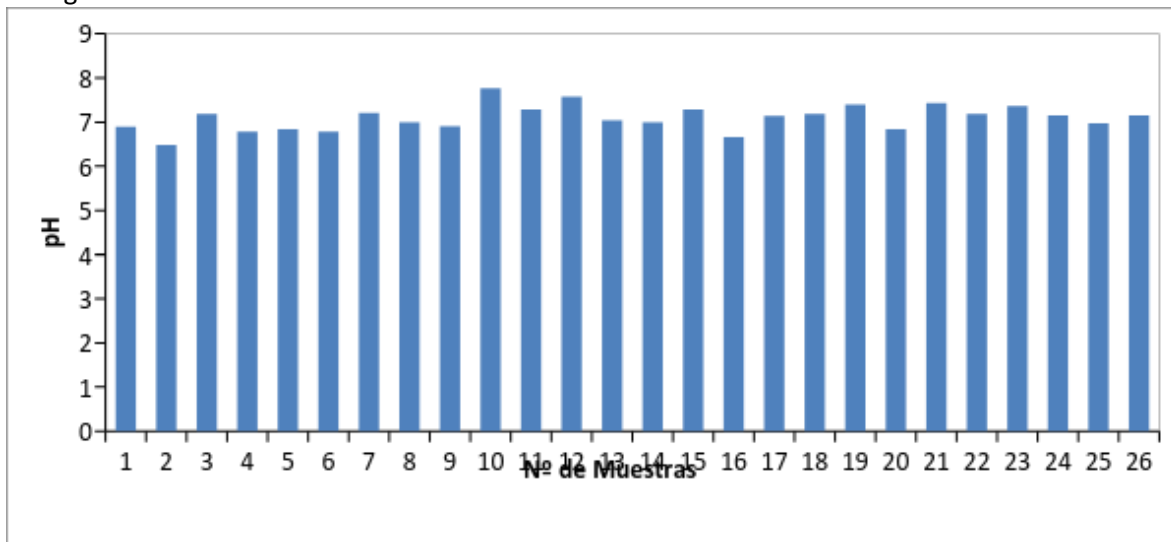


Figura 2: Valores de pH de las muestras analizadas.

Alcalinidad

La alcalinidad expresa la capacidad que tiene el agua de mantener su pH a pesar de recibir una solución ácida o alcalina. Corresponde principalmente a los hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de los iones Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} y

NH_4^+ , los más comunes son los de calcio y magnesio. La alcalinidad se determina mediante la titulación con un ácido y el resultado se expresa como $\text{mg de CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$. El principal efecto de la alcalinidad es su reacción con ciertos cationes en el agua, lo que conduce a la formación de precipitados (Jiménez, 2001). Según el CAA la alcalinidad del agua potable no debe exceder los $400 \text{ mg de CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$.

Se debe tener presente que el riego con aguas alcalinas pueden limitar el desarrollo vegetal, causado por la elevación excesiva del pH del suelo o del medio (Kevern, 1989).

El rango de alcalinidad para aguas de riego según Kevern, se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Valores de referencia de alcalinidad (Kevern, 1989)

Rango	Alcalinidad (mg.L^{-1})
Baja	< 75
Media	75 - 150
Alta	> 150

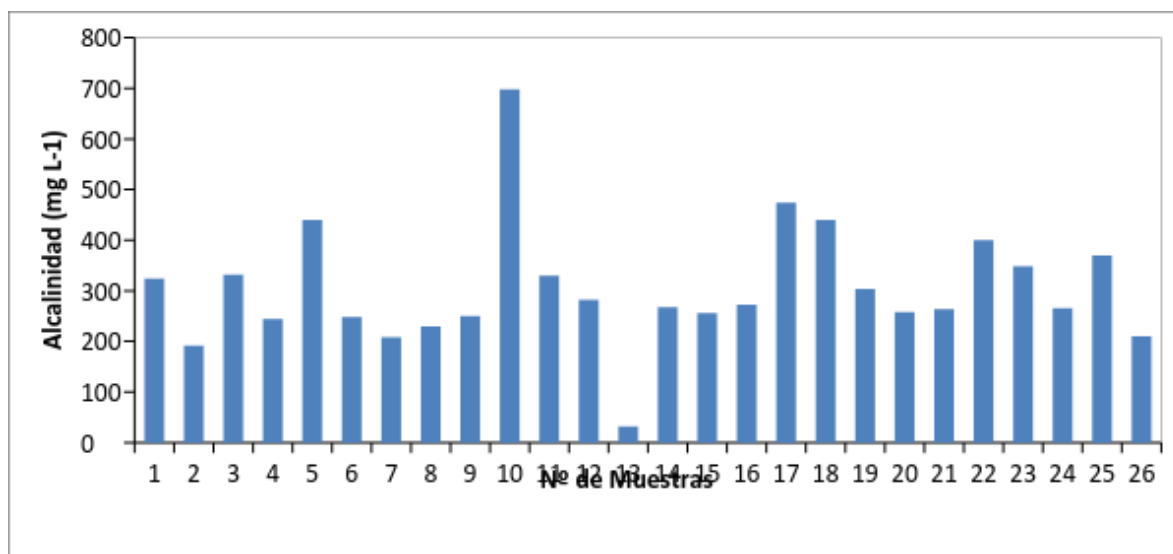


Figura 3: Valores de Alcalinidad de las muestras analizadas.

Nuestros resultados exponen que solo la muestra 13 presentó baja alcalinidad, mientras que el resto de las muestras evaluadas presentaron alta alcalinidad (Figura 3). Las aguas bicarbonatadas sódicas son malas para riego, debido a la fijación del Na en el terreno y creación de un medio alcalino. La alta alcalinidad en bicarbonato, en función del pH y dureza, indica que se trata de aguas con gran tendencia a la incrustación o aguas agresivas (Álvaro García, 2012).

Tabla 2: Clasificación de las muestras analizadas según su alcalinidad.

Alcalinidad	Muestras
-------------	----------

Baja	13
Media	-
Alta	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26

Para consumo humano, según el CAA que establece 400 mgL^{-1} ; las muestras 5, 10, 17 y 18 calificarían como no apta para ese fin.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)

La conductividad define la facilidad con que una corriente eléctrica pasa a través del agua. Este concepto se utiliza para la medición de la salinidad del agua en términos de conductividad eléctrica. Cuanto más elevado sea este parámetro, mayor será el contenido en sales (APHA, 2005).

Para clasificar las muestras según su riesgo de salinización se tomaron los valores según Cánovas Cuenca:

Tabla 3: Valores de Conductividad eléctrica y de Sólidos disueltos
(Cánovas Cuenca, 1986)

0-250	bajo
250-750	medio
750-2250	alto
>2250	muy alto

Los resultados indican que gran parte de las muestras analizadas, excepto la 13, presentaron valores en rangos medio a alto riesgo de salinidad del agua en términos de CE y las muestras 22 y 23 presentaron valores que la categorizan como muy alto riesgo (Figura 4). Los riesgos de un agua de riego con alta Conductividad Eléctrica son:

- Precipitación de sales: en la solución de riego con obstrucción de los goteros
- Daño al cultivo: por una solución demasiado concentrada en sales que produce interferencias en la absorción radical. Normalmente la concentración de sales es mayor dentro de la célula que en el agua del suelo. Si esto no ocurre, no se produce absorción de agua y la planta se marchita.
- Salinización del suelo (Álvaro García, 2012).

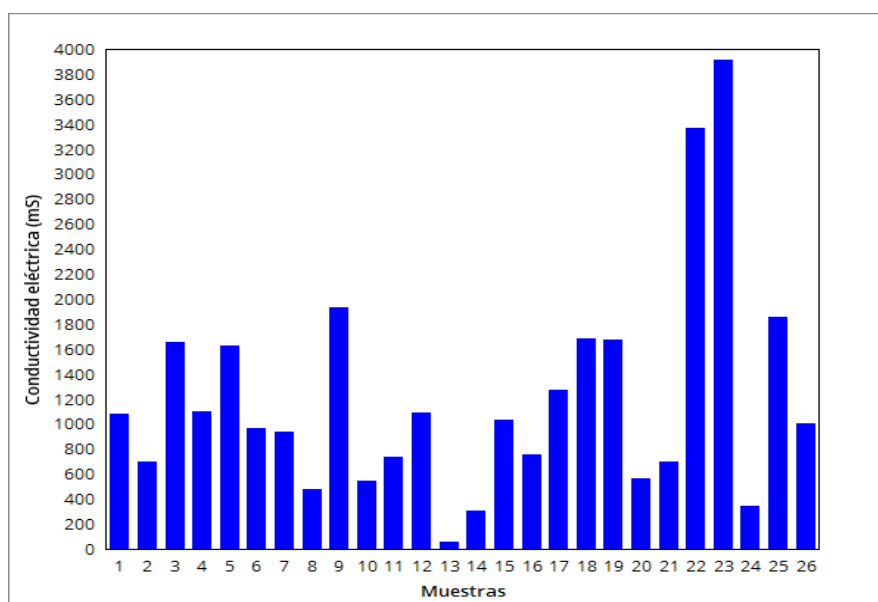


Figura 4: Valores de Conductividad Eléctrica (CE) de las muestras analizadas.

En cuanto a su calificación para agua de consumo, sólo la muestra 13 es apta; según el CAA.

SODIO-RAS

Los criterios más comúnmente utilizados para analizar la aptitud del agua para riego los recoge la FAO, y se refiere en primer término a los riesgos de salinización y de reducción de la capacidad de infiltración en función de la conductividad de esta y la Relación de Absorción de Sodio (RAS) respectivamente. Además, los criterios de FAO incluyen información sobre otros problemas potenciales derivados de la toxicidad de determinados iones específicos y oligoelementos, el exceso de nitrógeno y bicarbonato y la magnitud del pH (FAO, 2009)

El Laboratorio de salinidad de Riverside (U.S.) clasifica la peligrosidad de sodificación del suelo por el agua de riego en función de su índice RAS, que se calcula con la siguiente fórmula:

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Donde las concentraciones se expresan en meq/L.

Y la clasificación propuesta es la siguiente:

Tabla 4: Clasificación del agua para riego según su peligrosidad sódica (U.S. Soil Salinity Laboratory Staff, 1954):

CLASE	CLASIFICACIÓN	RAS
S1	BAJA peligrosidad sódica.	0 – 10
S2	MEDIANA peligrosidad sódica.	10 – 18
S3	ALTA peligrosidad sódica.	18 – 26
S4	MUY ALTA peligrosidad sódica.	Mayor a 26

Con respecto a estos dos parámetros antes mencionados (CE y RAS), el laboratorio de Riverside hace una clasificación relacionándolos para evaluar la calidad del agua:

NORMAS RIVERSIDE:

Establecen una relación entre la conductividad eléctrica ($\mu\text{mhos cm}^{-1}$) y el índice RAS (Figura 5). Según estos dos índices, se establecen categorías o clases de aguas enunciadas según las letras C y S afectadas de un subíndice numérico (Tabla 5) (Blasco y de la Rubia, 1973).

Tabla 5: Normas de Riverside: Clasificación para evaluar la calidad de las aguas de riego en función de la CE y el RAS.

Clasificación de las aguas según las normas Riverside	
Tipos	Calidad y normas de uso
C 1	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas en suelos de muy baja permeabilidad.
C 2	Agua de salinidad media, apta para el riego. Utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C 3	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego en suelos con buen drenaje.
C 4	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje.
C 5	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
C 6	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S 1	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S 2	Agua con contenido medio de sodio, y por tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina y de baja permeabilidad.
S 3	Agua con alto contenido de sodio y gran peligro de acumulación del sodio en el suelo.
S 4	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general,

Según lo propuesto por las normas de Riverside podemos agrupar nuestras muestras en los tipos:

C1-S1: la muestra N°: 13; agua de baja salinidad y de bajo contenido de sodio, aptas para riego.

C2-S1: las muestras N°: 2, 8, 10, 14, 20 y 24; son aguas de salinidad media y contenido bajo de sodio, apta para riego, sin embargo se debería controlar porque de presentarse algún problema, debería hacerse uso de cultivos tolerantes a la salinidad.

C3-S1: las muestras N°: 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 25 y 26; son aguas de salinidad alta, lo que las hace aptas para riego en suelos con muy buena permeabilidad y al tener bajo contenido en sodio, podría usarse para riego usando cultivos tolerantes a la salinidad.

C4-S1: la muestra N°: 22 y 23; Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje.

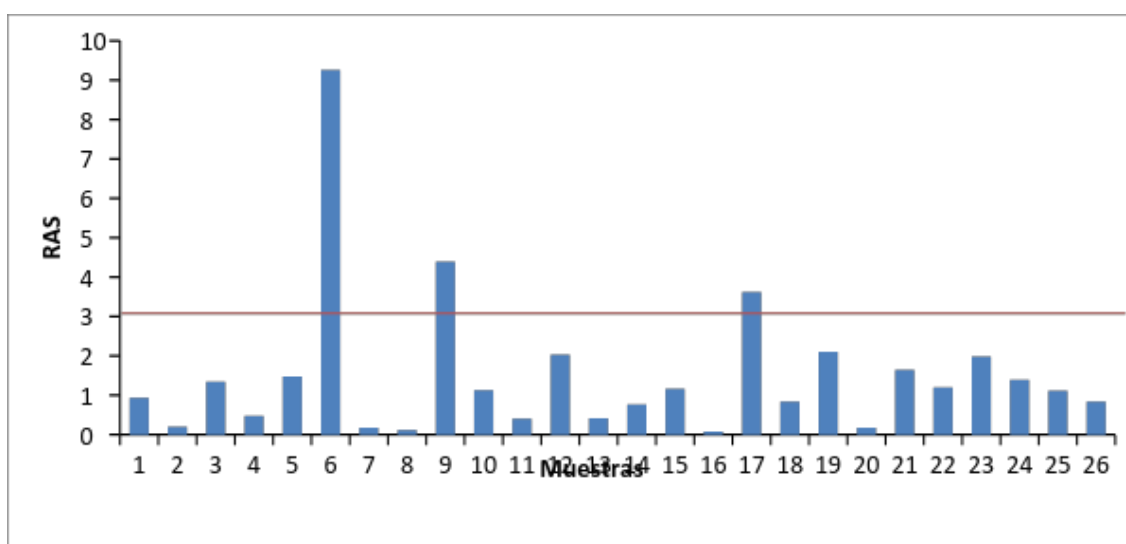


Figura 5: Valores de RAS de las muestras analizadas.

En relación a los resultados de Na obtenidos, como se puede observar en la Fig. 6, las muestras analizadas presentaron valores por debajo de 200 mg L^{-1} de Sodio excepto las muestras 6, 10, 23 y 24 que presentaron contenidos superiores a este valor. El consumo de aguas que superen 150 mg L^{-1} de Na tendrá que considerarse ya que pueden ser peligrosas para la salud (CAA, 2010).

Además de la concentración de sales, también la composición iónica del agua, tanto para consumo y/o riego, son de suma importancia en la calidad de aguas.

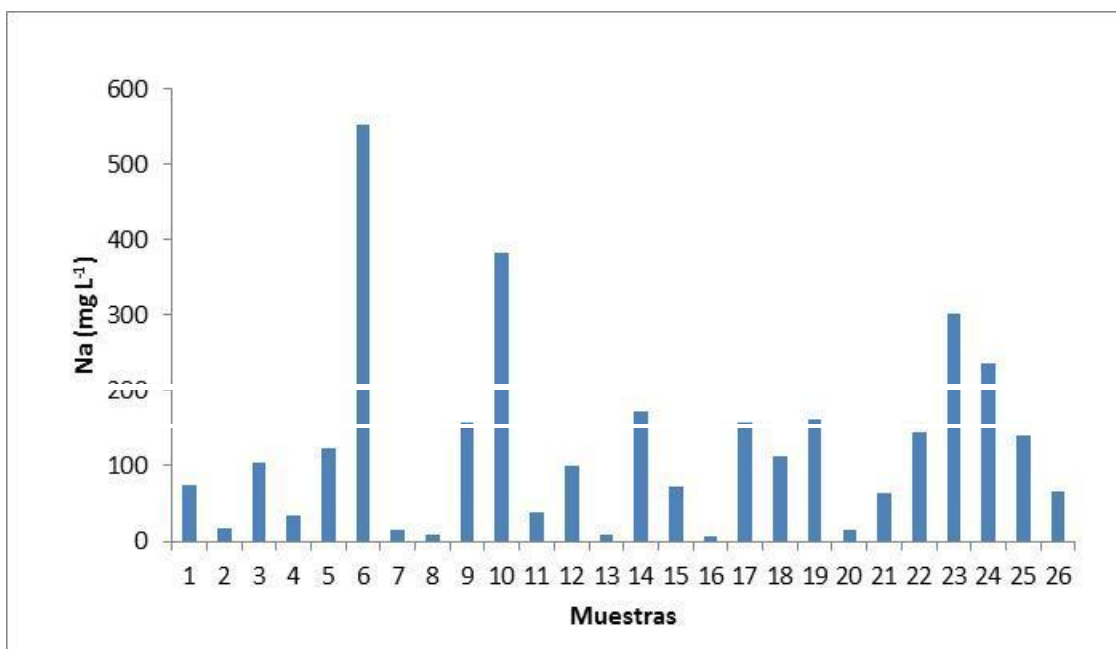


Figura 6: Contenido de Sodio en las muestras analizadas.

Valor límite obligatorio para consumo según CAA, 2010.
Valor límite obligatorio para riego según FAO, 2009.

NITRATOS:

De las muestras analizadas, el 54% registró niveles de N-NO_3^- superiores al valor umbral anteriormente mencionado, por lo tanto, dichas aguas no son seguras para la salud humana (Figura 7).

En cuanto al riego no hay valores máximo establecidos para dicho parámetro, sin embargo es importante tener este dato a la hora de decidir la fertilización de cultivos.

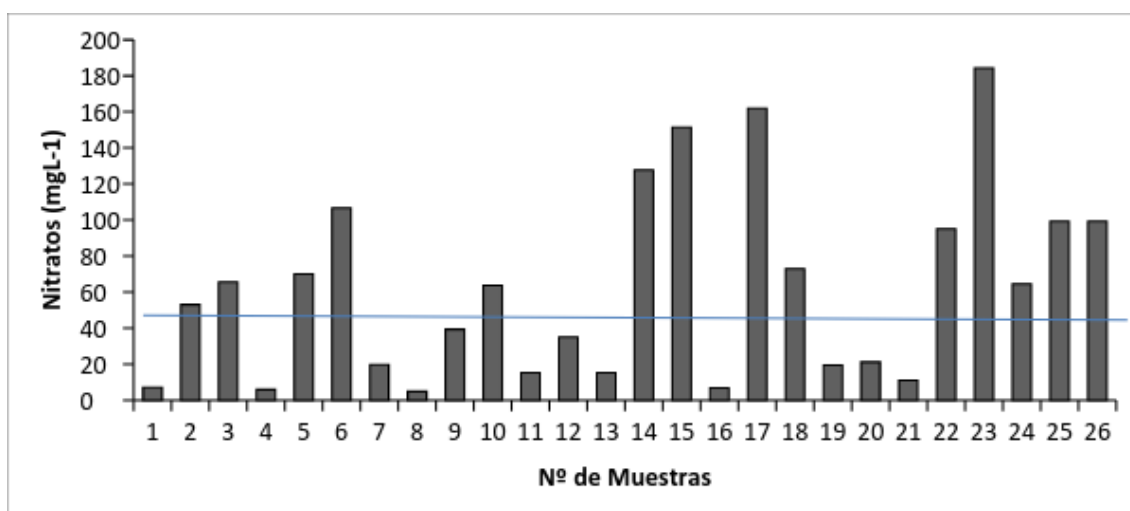


Figura 7: Contenido de nitrato en las muestras evaluadas.

|

CLOURUROS:

Se puede observar (Figura 8) que las muestras presentaron valores menores a 350 mg L^{-1} de cloruros excepto las muestras 6, 10, 14, 22 y 24 que presentan un contenido de cloruros por encima del criterio establecido en el CAA, 350 mg L^{-1} de Cl^- (CAA, 2010), por lo tanto estas muestras no son aptas para el consumo humano. En cuanto al riesgo de toxicidad para los cultivos, según FAO valores normales en aguas de riego es 30 meq L^{-1} de cloruros, por lo que se debe tener cuidado en el uso de la muestra 6 que fue la única muestra con exceso de cloruros.

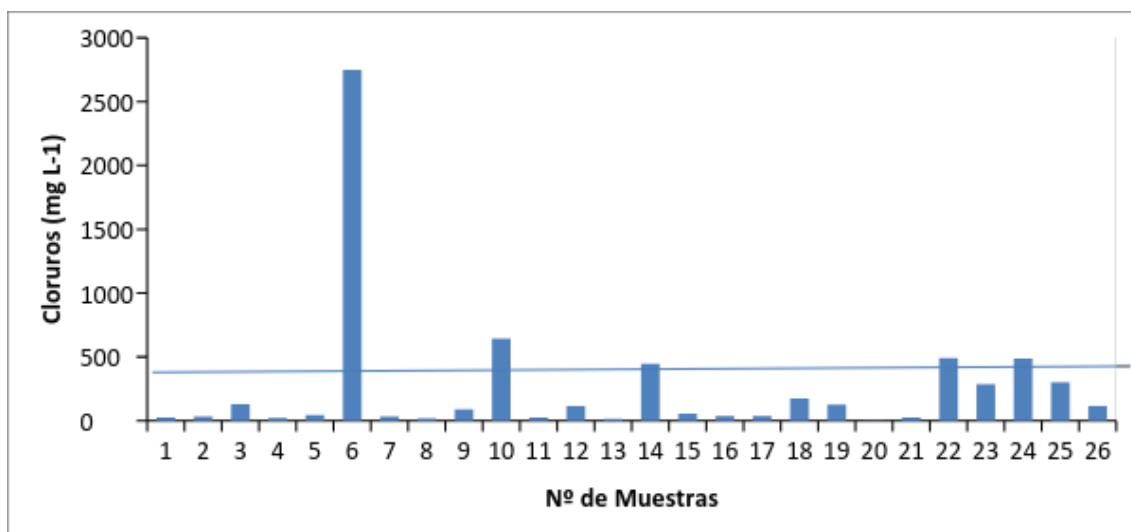


Figura 8: Valores de cloruro de las muestras analizadas.

FOSFATOS:

Al igual que el nitrato, no se establece parámetro máximo de este analito para agua de riego, sin embargo es importante a la hora de decidir la fertilización. En cuanto a agua de consumo el CAA establece un máximo de $0,05 \text{ mg L}^{-1}$, por lo que solamente las muestras 10 y 26 no estarían calificadas para el consumo (Figura 9).

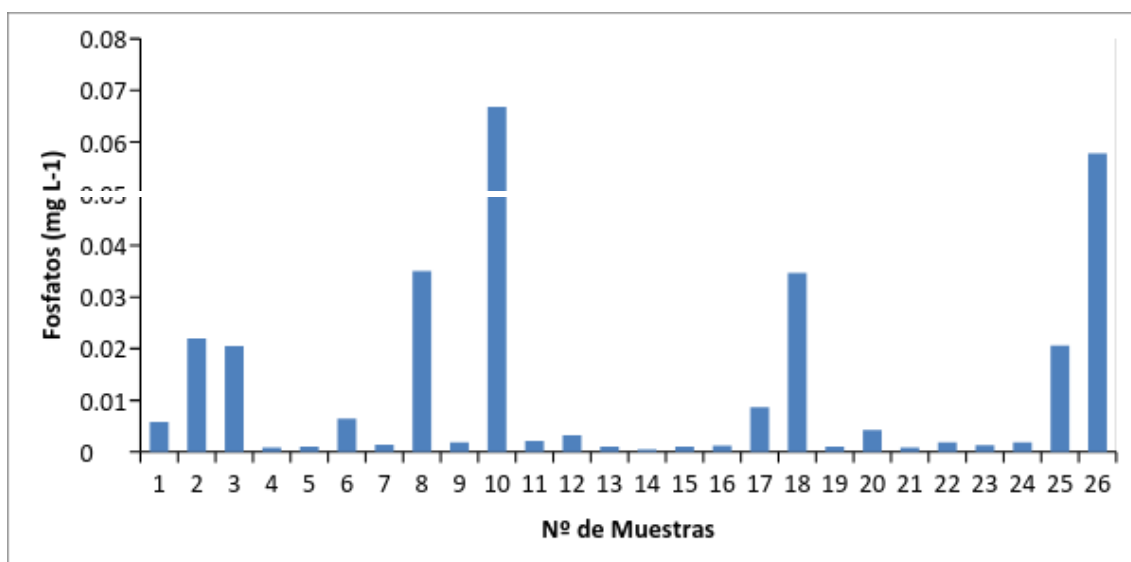


Figura 9: Concentración de fosfato en las muestras analizadas.

SULFATOS:

El sulfato, en general no está regulado en la normativa internacional sobre calidad de aguas para riego. El sulfato contribuye a la salinidad del agua de riego junto con el Na, Ca, Mg, Cl y HCO_3 . Además, el sulfato contribuye a la conductividad y sólidos disueltos del agua, parámetros de calidad de aguas que sí están regulados en la normativa internacional. Se consideran valores normales en agua de riego para sulfatos el siguiente rango de concentración 0 a 960 mg L^{-1} (FAO, 2009).

En aguas de consumo humano los niveles de referencia para contenido de sulfato es un máximo de 400 mg L^{-1} según el CAA. Considerando el contenido de sulfatos en las distintas muestras (Figura 10) y comparando con los datos de referencia se puede decir que este anión no traería problemas en las aguas para riego ya que la concentración del mismo está por debajo de los valores referenciales de restricción, en todas las fuentes de agua analizadas, excepto en la muestra 6. Para esta fuente de agua, con elevado contenido de sulfatos para evitar efectos adversos en cultivos se requiere de métodos de manejo cuidadosos, seleccionando plantas tolerantes y en suelos permeables.

Desde el punto de vista de calidad del agua para consumo, las muestras 6, 10, 23 y 24 presentaron niveles superiores al máximo de 400 mg L^{-1} de sulfatos según CAA (CAA, 2010).

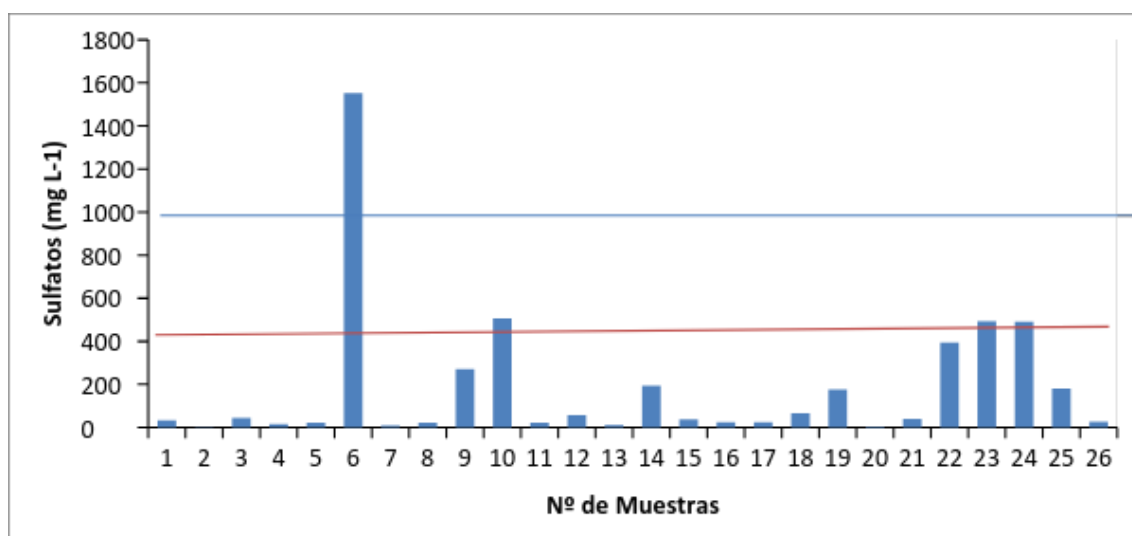


Figura 10: Concentración de sulfatos en muestras de aguas evaluadas.

Valor límite obligatorio para consumo según CAA, 2010.

Valor límite obligatorio para riego según FAO 2009.

POTASIO

El contenido de potasio normalmente se encuentran en las aguas de riego entre 0 y 30 mg L^{-1} de K (Camacho Ferre, 2003) valor que no causarían problemas en el uso destinado para riego. Sin embargo debe tenerse en cuenta a la hora de planificar el plan de abonado, ya que todas las muestras tienen la presencia de este ión en su composición como se ve reflejado en la Figura 11.

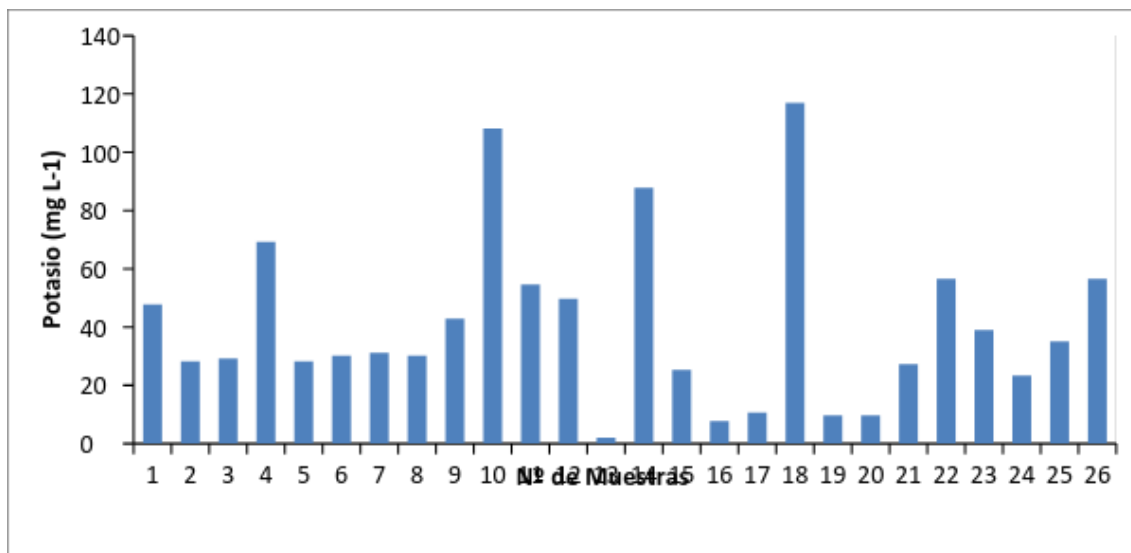


Figura 11: Concentración de Potasio en las muestras evaluadas.

COMENTARIOS

El trabajo de campo es de suma importancia, ya que todo buen análisis comienza con una excelente labor de campaña y hace que el trabajo de laboratorio se realice de la mejor manera posible, debido a que ambas tareas están relacionadas íntimamente entre sí, errores en ésta etapa se trasladan a la siguiente, esto repercute directamente en el uso al que se destina el recurso.

En lo que respecta al trabajo de laboratorio es de destacar la importancia que tiene seguir los protocolos en cuanto a acondicionamiento de las muestras para su análisis, las determinaciones tanto físicas como químicas, que en la teoría se resaltan y que en la práctica se evidencian, más en los métodos donde se debe destacar la habilidad de la persona que realiza la práctica y también la del profesional a cargo que instruye, por ejemplo en las titulaciones donde se tiene que prestar mucha atención en el viraje de los colores de los indicadores donde mínimas distracciones o la propia humanidad juegan un papel importante en no cometer errores y que el análisis se realice de la forma más precisa posible y arribar a resultados fidedignos.

En lo que se refiere a la evaluación y caracterización de la calidad fisicoquímica del agua para distintos usos, según los distintos parámetros estudiados concluimos, el pH de todas las muestras varió entre 6,48 y 7,77, encontrándose dentro del rango óptimo tanto para consumo como para riego. Todas las muestras de agua evaluadas presentaron valores altos de alcalinidad, excepto la muestra 13, mientras que para consumo las muestras 5, 10, 17 y 18 no son aptas, ya que exceden los límites máximos.

Según la clasificación del laboratorio de Riverside todas las muestras presentaron medio a alto riesgo de salinidad, excepto la 13, mientras que las muestras 22 y 23 calificaron como muy alto riesgo de salinidad lo que determina que dichas aguas no sean aptas para riego, especialmente en suelos con drenaje limitado. En cuanto a su calificación para agua de consumo, sólo la muestra 13 es apta.

Un alto porcentaje (54%) de los establecimientos analizados tienen agua para consumo con riesgo para la salud humana debido al exceso de nitratos. Además de presentar altos valores de cloruros (muestras 6, 10, 14, 22, y 24) y fosfatos (muestras 10 y 26). Por lo que se sugiere para el uso de estas aguas tener los cuidados necesarios, como por ejemplo, mezclar agua de comprobada calidad con agua de la perforación analizada.

Del total de muestras analizadas solo la 13 ubicada en Colonia Necochea presentó buena calidad fisicoquímica para consumo, por lo que se recomienda al productor completar el estudio bacteriológico de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M. Fruticultura. Segunda Edición, Madrid España, Ediciones Mundi Prensa, 2012, 507 pp, ISBN 978-84-8476-398-7.
- Alexander, W. (2010). American Heart Association, 2009 Scientific Sessions. Pharmacy and Therapeutics, 35(1), 50–54.
- Álvaro García, O. 2012. Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ia-ahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/\\$FILE/6%20Art.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-ahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/$FILE/6%20Art.pdf)
- American Society for testing and Materials. Annual book of Standards, (1994). Determinación de Sulfatos por turbidimetría en agua.
- American Public Health Association (APHA) 133rd Annual Meeting & Exposition in Philadelphia, PA. December 2005.
- Báez, A. 2002. Efecto de la calidad del agua de riego sobre las propiedades del suelo. Convenio Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-Ministerio de Asuntos Agrarios y Producción. Buenos Aires, Argentina.
- Baccaro, K.; Degorgue, M.; Lucca, M.; Picone, L.; Zamuner, E.; Andreoli, Y. (2006). Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar del Plata. RIA, 35 (3): 95-110, INTA, Argentina. ISSN 0325 - 8718.
- Beamonte, E., Bermúdez, J., Casino, A. y Veres, E. 2002. Calidad de las aguas: el caso de ciertas estaciones de medición de la calidad del agua prepotable. Actas de la XVI Reunión de ASEPELT-España. Madrid
- Bernstein, L. (1964). Salt tolerance of plants U.S. Department of Agriculture. Information Bulletin 283. Example of more rigorous presentation of salttolerance data. pp. 23.
- Blasco y de la Rubia. (1973). Laboratorio de suelos IRYDA, Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego. (U.S. Soil Salinity Laboratory).
- Cánovas Cuenca, J. (1986). Calidad agronómica de las agua para riego. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Camacho Ferre, F. 2003. Técnicas de producción en cultivos protegidos. Edita la Caja Rural Intermediterránea (Cajamar). Almería (España). 373 páginas.
- Castellanos, M., Pérez, R. y Rico, A. (1997). Curso de Química 1: agua y aire. México: UNAM, Colegio de Ciencias y Humanidades.
- Catalán Lafuente, J. “Química del agua” 2^{da}Ed. Bellisco Madrid (1990).
- Código Alimentario Argentino, 2010, Capítulo XII: BEBIDAS HÍDRICAS, AGUA Y AGUA GASIFICADA. AGUA POTABLE. [Fecha de búsqueda 19/05/2017], Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp
- Corvalán, C.; Hales, S. y McMichael, A. (2005). Ecosistemas y bienestar humano: Síntesis sobre salud. Un informe de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM), disponible en: <http://www.millenniumassessment.org/documents/MA-Health-Spanish.pdf#9702>;
- Delssin, E.; Rafartanton, J.F.; Loto, O.G.; Borelli, V.S. 2014. La CAME en el INTA Las Breñas hacia el fortalecimiento de la Agroindustria en el Chaco. Jornada de trabajo e integración con los miembros de la CAME (Cámara Argentina de la

Mediana Empresa); Centro Reg. INTA Chaco-Formosa; EEA INTA Las Breñas; Asoc. Cooperadora INTA Las Breñas. Disponible en: <http://inta.gob.ar/noticias/la-came-en-el-inta-las-brenas-hacia-el-fortalecimiento-de-la-agroindustria-en-el-chaco>.

Espinosa Paz, T. M. y Rodríguez, C. Determination of water quality index (WQI) of Moron river ' and Patanemo river of Carabobo state in Venezuela. Revista Ingeniería UC, Vol. 23, No. 2, agosto 2016, pp: 204 – 215.

European Community. 1991. Council directive concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. EC 91/676. Off. J. Eur. Commun. L375:1-8.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Aquastat. (2009). Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura y el Medio Rural <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/regions/lac/indexesp4.stm>

Galvín, R. (2003). Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas. Madrid: Editorial Díaz de Santos.

Jiménez, B. (2001). La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. México: UNAM y FEMISCA.

Kevern, R.N. 1989. Alkalinity water, classification systems, volume Part 1. The Michigan, 1989. Disponible en: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-alcalinidad.pdf>.

Lamz Piedra, A. y González Cepero, M.C. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *cultrop* [online]. 2013, vol.34, n.4 [citado 2017-06-15], pp. 31-42. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000400005&lng=es&nrm=iso. ISSN 0258-5936.

Lavie, E.; Bermejillo, A.; Morábito, J.A.; Filippini, M.F. 2010. Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza. Rev. FCA UNCuyo. Tomo 42. N° 1, pp 169-184.

Levy, G. J. (2000). Sodicity. p. G-27:G-55. En: Sumner M. E. (Ed.). Handbook of Soil Science, CRC Press. Boca Raton, FL.

Letey J.; Dinar, A. and Knapp, K. (1985). Crop-water production function model for saline irrigated waters. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 1005-1009.

Maas, E.V. (1990). Crop salt tolerance. p. 262-304. En: Tanji K. K. (Ed.) Agricultural Salinity Assessment and Management , ASCE Manuals Prac. No 71, Am. Soc. Of Civ. Eng., NY.

Mujeriego, R. (1990). Manual Práctico de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada. Ediciones de la Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

Ramos, O.R.; Sepúlveda, M.R. y Villalobos, M.F. (2003): «Agua en el medio ambiente. Muestreo y análisis». Universidad Autónoma de Baja California. Ed. Plaza y Valdés, México.

Rodríguez, S. C.; Fernández, J. A.; Martínez, G. (2005). Validación Interna de un método para la Determinación de Nitratos en Agua- XX Congreso Nacional del Agua. III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur. Provincia de Mendoza. República Argentina.

U.S. Salinity Laboratory Staff. L.A. Richards. Diagnosis and improvement of Saline and Alkali Soils. Ed. U.S. Dept. of Agriculture, Washington, D.C, rev. ed., 1954. VII+160 pp. Illus. 2 (Order from Supt. of Documents, GPO, Washington, D.C.

Utrera Caro, S.F. (2014). Agua, trasvases y medio ambiente: Las Cuencas Fluviales y el Nuevo Plan Hidrológico Nacional. Ed. Dykinson SL Madrid, ISBN 978-84-9031-858-4.

Ward, M. H.; Mark, S.D.; Cantor, K.P.; Weisenburger, D.D.; Correa Villaseñor, A. and Zahm, S.H. 1996. Drinking water nitrate and the risk of nonHodgkin's lymphoma. Epidemiology, 7:465-471.

.....
Srta. Mónica Frías Laso
L.U. N _____