

CARACTERIZACIÓN DE PROBLEMAS DE SALINIDAD EN SUELOS Y AGUAS – AYLLU PIRUCA

Ing. Carmen Rosa Marca
Arq. Amparo Rodríguez
Lic. Elizabeth López Canelas layka72@hotmail.com
Ing. Eva Garnica Bahoz evagarnica@hotmail.com
Ing. Ángela Cuenca Sempertegui angjefa@hotmail.com
Egr. Silvana Lafuente Tito silvana_lafuente@hotmail.com
Ing. Katharina Geistlinger katharina.geistlinger@hotmail.com

RESUMEN

La presente investigación responde a diversas denuncias y reclamos realizadas por mujeres pastoras que habitan en las comunidades de Pata Pata, Choro Choro y Tres Cruces ubicadas en el ayllu Piruca, provincia Saucari municipio de Toledo, las mismas consideran que los niveles de salinidad de los suelos se han incrementado en los últimos diez años, lo que influye directamente en el rendimiento y productividad de las pasturas naturales, y en consecuencia en la producción ganadera que es parte de principal actividad económica. Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio en suelos y aguas indican que las aguas usadas para consumo animal y riego en dichos sectores poseen una baja concentración de sales, sin embargo las aguas del río Matar Jahuirá que a su vez son usadas para el riego presentan una mayor concentración de sales y metales pesados que producen problemas de salinidad. La caracterización de suelos indica que en el sector Río Matar Jahuirá predominan los suelos salinos sódicos, y que en las zonas de pastoreo alejadas a este presentan características salinas. De manera concluyente se recomienda implementar un plan de recuperación de praderas, con la incorporación de nuevas especies en el ecosistema resistentes a la salinidad, ya que esta es una zona potencial para la crianza de ganado ovino y vacuno.

Palabras claves

Salinidad, La salinidad es el contenido de sal disuelta en un cuerpo de agua. Dicho de otra manera, es válida la expresión Salinidad para referirse al contenido salino en suelos o en agua.

Conductividad eléctrica, es una medida que sirve para conocer el estado de suelos y aguas respecto a la cantidad de sales.

Sodicidad, Está relacionado a la excesiva cantidad de sodio intercambiable en el suelo lo cual produce un deterioro de la permeabilidad y de la estructura del suelo.

Toxicidad, Algunos solutos tienen efecto tóxico sobre los cultivos.

1. INTRODUCCION

La zona que describiremos, es el ayllu Piruca de la comunidad Tres Cruces ubicado en el cantón Toledo distrito II del Municipio de Toledo perteneciente a la Segunda sección municipal de la Provincia Saucari del Departamento de Oruro a 35 km de la ciudad.

La principal actividad económica de la zona es la crianza de ganado ovino, aprovechando para ello las praderas cubiertas de pastos nativos de la región y su colindancia con el río Matar Jahuirá que nace de los desbordes del río Desaguadero¹.

Durante los últimos diez años se ha recibido una serie de denuncias con relación a la elevada mortandad de animales, que no han sido debidamente registrados ni diagnosticados por los organismos correspondientes como el Servicio Departamental de Ganadería o el Servicio Nacional de Seguridad y Salubridad Agropecuaria u otros.

¹ El río Desaguadero es la principal fuente de agua dulce del Altiplano Central, es parte de la cuenca del sistema Titicaca, Desaguadero, Poopó y Salares y esta bajo el manejo del Acuerdo Binacional Perú – Bolivia.

Sin embargo, lo que parece fácil de explicar desde un diagnóstico rural rápido, para las pastoras no es totalmente cierto. Según sus testimonios en los últimos 10 años han observado una serie de cambios físicos en los suelos y aguas, que han repercutido en la pérdida de zonas de pastoreo.

Además, se ha establecido la presencia de metales pesados al borde de todo el río Matarjawira, recordemos que esta agua son las que pasan por la empresa Inti Raymi y son usadas tanto para el ganado, como en muchos casos para el consumo humano.

Salinidad

Todos los suelos contienen sales, pero normalmente en concentraciones que no son perjudiciales para el ecosistema circundante. El movimiento de estas sales en el suelo esta en íntima relación con el movimiento del agua. Las sales se mueven verticalmente hacia el subsuelo por medio de la percolación del agua, cristalizándose las mismas cuando la solución del suelo queda saturada o de lo contrario, continúan hasta llegar al agua subterránea. Por medio de fuerzas capilares y evaporación las sales se transportan verticalmente hacia arriba a través del perfil del suelo. Al evaporarse el agua hacia la atmósfera, las sales se acumulan en la superficie del suelo (Lindaren y Scharp 1988).

El agua de lluvia hace que las sales bajen otra vez a través del perfil del suelo, de esta manera se produce una variación cíclica en la concentración de las sales en la capa fértil del suelo en las diferentes épocas del año. Esto quiere decir que las sales son transportadas de la superficie del suelo hacia abajo durante el periodo de lluvia y hacia arriba durante el período seco volviéndose a acumular en la superficie del suelo (Lindaren y Scharp 1988).

Las sales que comúnmente están presentes en exceso en las tierras salinas son cloruro de sodio, sulfato de sodio, carbonato de sodio o sales de magnesio (Lindaren y Scharp 1988, Pozo Cornejo 1988). Concentraciones altas de sodio (más de 15% de los cationes intercambiables) traen como consecuencia dispersión de las partículas del suelo deteriorado así se forma una costra dura que impide el nacimiento de las plantas, como demostraron los estudios realizados por (Foth 1984, Sheik y Mahmood 1986).

Además de los problemas que surgen en las propiedades físicas de los suelos, la presencia de ciertas sales puede disminuir la actividad microbiológica, provocando una disminución de la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Lindgren y Sharp 1988).

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica, es una medida que sirve para conocer el estado de suelos y aguas respecto a la cantidad de sales, el cálculo de la estimación de la salinidad se realiza mediante la conductividad eléctrica, el cual indica la velocidad con la que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina, proporcional a la concentración de sales en la solución.

Origen de las sales,

La salinidad de los suelos, compuestos por sales, tanto las de Ca, Mg, K como las de Na, proceden de muy diferentes causas:

a) Causas naturales:

Debido al material original, ya que algunas rocas, como por ejemplo las sedimentarias, contienen sales como minerales constituyentes. En otros casos, el material original no contiene estas sales, se pueden dar en el suelo debido a la alteración de los minerales originales de la roca madre.

Sales disueltas en las aguas de escorrentía, ya que, se acumulan en las depresiones y al evaporarse la solución se forman acumulaciones salinas.

Los suelos normalmente toman las sales de mantos freáticos superficiales (menos de 3m). Estas capas freáticas suelen poseer sales disueltas en menor o mayor proporción. La existencia de estos mantos freáticos suelen darse en las depresiones y tierras bajas. En las regiones áridas, como son los sitios de pastoreo, las sales pueden ascender por capilaridad, por ese motivo es que durante la época seca que coincide con el otoño, invierno incluso parte de la primavera se observan en los suelos afloraciones salinas de color blanquecino y en otras estas afloraciones son oscuras.

La capacidad de percolación del agua es muy mala, lo que trae como consecuencia inundaciones en el periodo lluvioso. Durante el periodo seco los suelos aumentan su concentración salina como refiere (Lorini et. al. 1984), debido a la escasa precipitación pluvial y porque las sales afloran a la superficie por capilaridad.

Por otra parte, el viento en las zonas áridas arrastra gran cantidad de partículas en suspensión, tales como, carbonatos, sulfatos y cloruros, depositándose en los suelos. Los ventarrones son muy frecuentes en la planicie cerca de Toledo motivo por el que los suelos reciben por este medio partículas que contribuyen a la salinización de los suelos.

b) Causas por actividades antrópicas:

Debido a un manejo inadecuado por parte del hombre.

- La actividad agraria y el riego, ha provocado procesos más o menos graves de salinización, por las sales usadas en el riego sin control alguno, o debido a un descenso del nivel freático, llevando a cabo la intrusión de aguas salinas. Aspecto que se observa en el altiplano central que cuenta con agua para riego, situación que no se da en Tres Cruces ni Pata Pata.
- Por la movilización de las tierras, provocando la aparición de rocas salinas en el terreno, provocando la contaminación del suelo y una acumulación en los suelos de las depresiones cercanas por la acción de las aguas de escorrentía. La movilización de las tierras suele ocurrirse con poca frecuencia, salvo para formar "vigiñas"
- El uso de fertilizantes en cantidades excesivas, especialmente de los más solubles, llevando a cabo la contaminación de los acuíferos, influyendo después en las aguas de riego. En vista que en la zona la actividad agrícola es muy reducida, no se utilizan fertilizantes, por lo que puede descartarse esta causa en la zona de estudio.
- La actividad industrial, provocando daños en zonas que se encuentren bajo su influencia, y además por medio de la contaminación atmosférica o mediante las aguas que se encuentran en la cuenca hidrográfica donde se encuentran instaladas

Los suelos salinos se encuentran en zonas de climas áridos y secos, en los que la evaporación es mayor que la precipitación. Los suelos salinos no suelen encontrarse en climas cálidos y húmedos. La precipitación anual promedio alcanza apenas a 300 mm./ año por lo tanto, los índices de evaporación son altos en toda la región y más propiamente en Tres Cruces y Pata Pata.

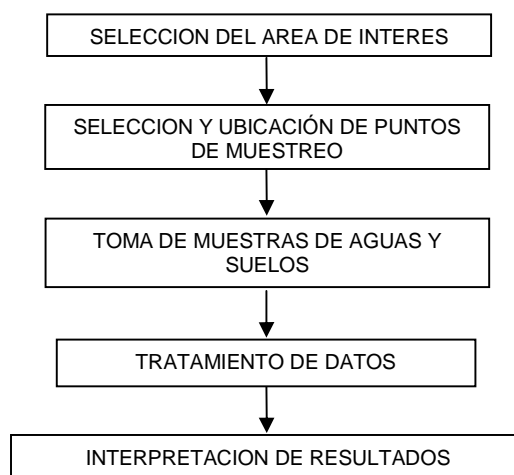
Un estudio realizado por (Bustamente y Ruíz 1988), revela que en las pampas de Caracollo, colindantes con la zona de estudio, los niveles salinos llegan hasta 3.6 gramos por kilo de suelo entre 0-5 cm. de profundidad y 10 gramos por kilo de tierra entre 10-15 cm. lo que significa que a mayor profundidad mayor es la concentración de sales.

Las sales que se encuentran en los suelos salinos proceden de la meteorización de los minerales y rocas de la superficie de la corteza terrestre. Estas sales son arrastradas por el agua y se van depositando en los suelos y depresiones, haciendo que se produzcan mantos freáticos salinos. En particular en la cuenca endorreica cerrada en la que se encuentra la zona de estudio, esta situación afecta de manera permanente y los suelos se encuentran cada vez con más altas concentraciones.

Todas las aguas de riego poseen sales solubles en mayor o menor medida, provocando la salinización de los suelos y provocando dificultades en el desarrollo de los cultivos. Los agricultores de la zona ribereña al río Desaguadero, ven con preocupación como los suelos se hacen salinos.

2. METODOLOGIA

El presente trabajo consistió en la evaluación de la calidad de suelos y aguas de las comunidades de Pata Pata y Tres Cruces. El siguiente diagrama muestra un esquema general de la metodología utilizada.



3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE AGUAS

Tabla 1. Comparación entre agua de clase C y la vigiña 1

Parámetros	Unidades	Cancerigeno	Vigiña 1	Parámetros permisibles ley 1333	Observaciones
pH		No	7.6	6 -9	Dentro el limite permisible
Conductividad	µS/ cm		1130		
Antimonio	mg / l	No	<0.002	0.01 c. Sb	Dentro el limite permisible
Arsénico	mg / l	Si	0.008	0.05 c. Sb	Dentro el limite permisible
Cadmio	mg / l	No	<0.02	0.005	Dentro el limite permisible
Hierro	mg / l	No	0.05	1.0 c. Fe	Dentro el limite permisible
Plomo	mg / l	No	<0.1	0.05 c. Pb	Dentro el limite permisible
Sodio	mg / l	No	175.38	200	Dentro el limite permisible
Zinc	mg / l	No	0.013	0.5 c. Zn	Dentro el limite permisible
Cianuro libre	mg / l		<0.002		

Tabla 2. Comparación entre agua de clase C y la vigiña 2

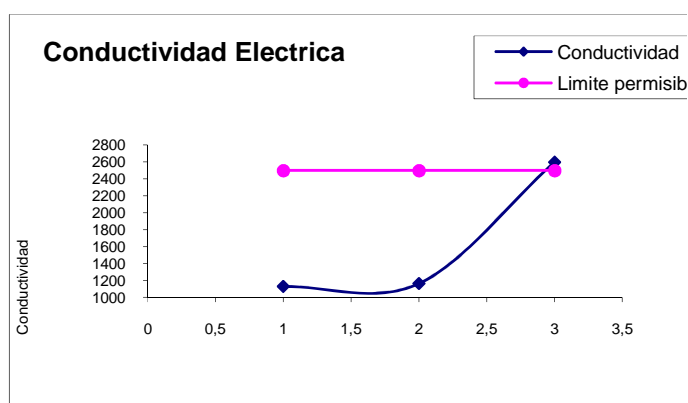
Parámetros	Unidades	Cancerigeno	Vigiña 2	Parámetros permisibles ley 1333	Observaciones
pH		No	8.4	6 -9	Dentro el limite permisible
Conductividad	µS/ cm		1165		
Antimonio	mg / l	No	<0.002	0.01 c. Sb	Dentro el limite permisible
Arsénico	mg / l	Si	0.474	0.05 c. Sb	9.5 veces sobre el limite permisible
Cadmio	mg / l	No	<0.02	0.005	Dentro el limite permisible
Hierro	mg / l	No	0.04	1.0 c. Fe	Dentro el limite permisible
Plomo	mg / l	No	<0.1	0.05 c. Pb	Dentro el limite permisible

Sodio	mg / l	No	162.23	200	Dentro el limite permisible
Zinc	mg / l	No	0.020	0.5 c. Zn	Dentro el limite permisible
Cianuro libre	mg / l		<0.002		

Tabla 3. Comparación entre agua de clase C y el Rio Mathar Jahuira

Parámetros	Unidades	Cancerigeno	Rio Mathar Jahuira	Parámetros permisibles ley 1333	Observaciones
pH		No	8.3	6 -9	Dentro el limite permisible
Conductividad	μS/ cm		2600		
Antimonio	mg / l	No	<0.002	0.01 c. Sb	Dentro el limite permisible
Arsénico	mg / l	Si	0.286	0.05 c. Sb	6 veces sobre el limite permisible
Cadmio	mg / l	No	<0.02	0.005	Dentro el limite permisible
Hierro	mg / l	No	0.26	1.0 c. Fe	Dentro el limite permisible
Plomo	mg / l	No	<0.1	0.05 c. Pb	Dentro el limite permisible
Sodio	mg / l	No	395.19	200	1.9 veces sobre el limite permisible
Zinc	mg / l	No	0.009	0.5 c. Zn	Dentro el limite permisible
Cianuro libre	mg / l		<0.002		

Evaluación de resultados de las muestras de aguas

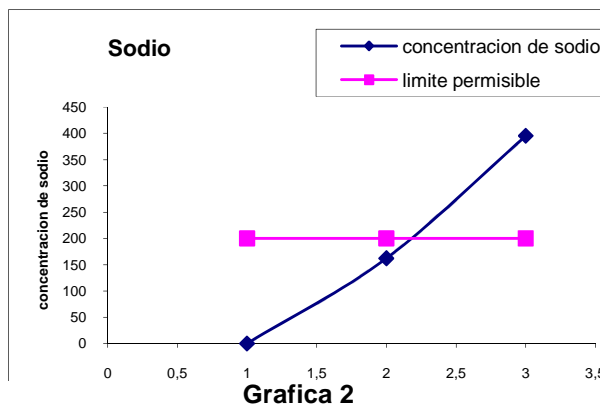


Grafica 1

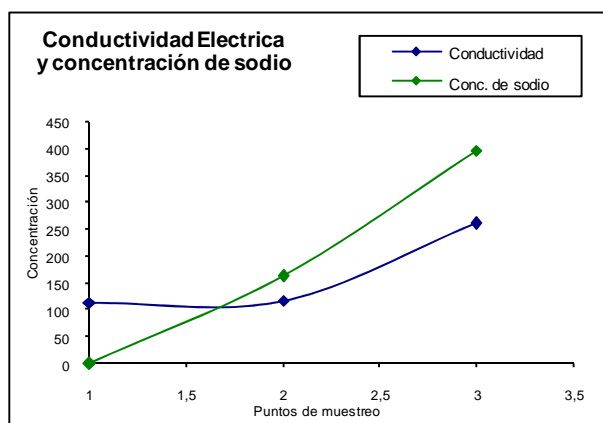
La conductividad en los puntos 1 y 2 son bajos en relación al punto 3 tomado del río Mathar Jahuira los detalles de esta diferencia se pueden observar en la grafica 1.

Por otra parte, es muy preocupante que sobrepase un poco, precisamente el límite permisible, lo que significa que debe considerarse estos aspectos antes de decidir utilizar esta agua para riego. Respecto del consumo por el ganado, todos los hatos suelen dotarse de este líquido elemento incluso caminando grandes distancias junto a sus cuidadores.

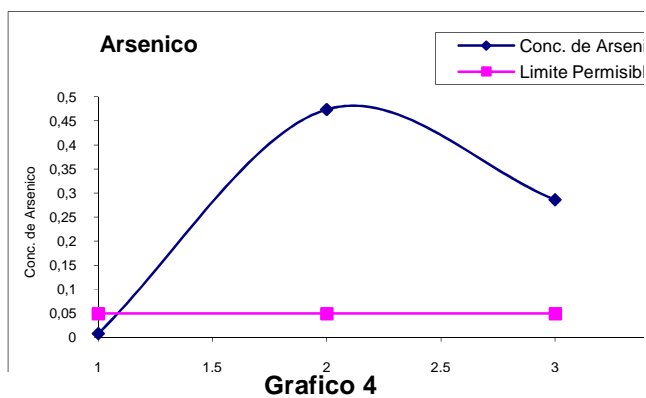
Las recomendaciones al respecto señalan que este tipo de aguas deben ser sujetas de permanentes tratamientos antes de su consumo, lo que normalmente no ocurre entre las pastoras y sus familias.

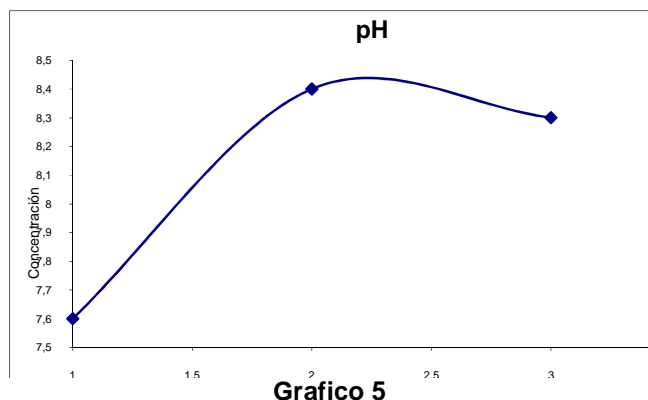


La relación que presenta la concentración del sodio mostrada en la grafica 2 coincide con el observado respecto a la conductividad eléctrica. Estos datos sirven para afirmar que la cantidad de sodio presente en el agua, ratifica el riesgo de sodicidad en los suelos, que por demás es evidente en todo el área de estudio, tanto para suelos como para las aguas. Lamentablemente las comunidades que se encuentran río arriba las utilizan en actividades agrícolas con el consiguiente perjuicio no sólo de los suelos sino también de las actividades económicas que se realizan en la zona, considerando que existen procesos irreversibles cuando se dañan los suelos.



En la grafica 3 se puede apreciar que los valores muestran las concentraciones de sodio, respecto de la conductividad eléctrica, los mismos que van en aumento, superando ambos en el punto tres el limite permisible.





Observando las graficas 4 y 5 puede afirmarse que el comportamiento entre el pH y la concentración de arsénico es parecido de donde se concluye que en las aguas con pH encima del neutro son básicas, y existe mayor posibilidad de que estas contengan arsénico lo que quiere decir que la concentración de arsénico es directamente proporcional al pH.

4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELOS

Tabla 5. Resultados del análisis de suelos

Parámetros	Unidades	Suelo 1	Suelo 2	Suelo 3
Sodio	%	0.225	0.241	0.311
Magnesio	%	0.56	0.39	1.26
Calcio	%	0.88	0.82	0.56
Arsénico	ppm	15.7	22	78.4
Cadmio	ppm	0.41	0.22	0.39
Cobre	ppm	23.5	16.2	42
Plomo	ppm	23.7	19.3	36.8
Bario	ppm	323	268	261
Molibdeno	ppm	0.7	0.65	1.04

Medida de la sodicidad: PSI y RAS

La concentración de Na se puede medir bien en la solución del suelo o bien en el complejo de cambio. En el primer caso se denomina **Razón de Adsorción de Sodio** (RAS) y en el segundo se habla del **Porcentaje de Sodio Intercambiable** (PSI).

En los suelos es muy importante determinar que tipo de cationes predominan en el complejo adsorbente (si es el Ca⁺⁺ o por el contrario es Na⁺). Es importante conocer esta información debido a que concentraciones muy elevadas de estos minerales tienden a ocasionar serios problemas de contaminación ya sea de suelos y sobre todo de aguas.

El porcentaje de Na⁺ respecto a los demás cationes adsorbidos se denomina porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

$$PSI = 100 \times Na / CIC$$

El símbolo CIC significa (Capacidad de Intercambio Catiónico) que mide la capacidad de intercambio de cationes (en ocasiones llamada capacidad de cambio de cationes y esta representada por CCC). Se considera que un suelo puede empezar a sufrir problemas de sodificación y dispersión de la arcilla cuando el PSI > 15%.

Otra manera de determinar la sodicidad de un suelo es evaluar la concentración de Na⁺ en la solución del suelo en vez de medir su concentración en el complejo adsorbente como hace el PSI. Para estimar así el grado de sodificación, Richards et al., (1954) proponen la razón de adsorción de sodio (RAS), calculada a partir de las concentraciones de Na, Ca y Mg en mmol / lt de las soluciones salinas:

$$RAS = \frac{|Na|}{\sqrt{\frac{|Ca| + |Mg|}{2}}} \text{----- (1)}$$

A partir del RAS se puede calcular el porcentaje de sodio intercambiable (PSI):

$$PSI = \frac{100 * (-0.0126 + 0.01475 * RAS)}{1 + (-0.0126 + 0.01475 * RAS)} \text{----- (2)}$$

Se puede relacionar, así mismo, la presión osmótica OP con la conductividad eléctrica del extracto ECs, mediante la siguiente ecuación:

$$OP = 0,36 \times ECs \text{ (mmhos/cm)}$$

De esta forma se evalúan los suelos sódicos, cuando la CE_s es menor de 4 dS/m a 25°C y el PSI es mayor de 15%, los suelos son salino-sódicos porque tienen un a CE_s mayor de 4 dS/m a 25°C y un PSI mayor de 15%.

Quedan por consiguiente establecidas las siguientes categorías de suelos

- Suelos Normales: CE_s < 4 dSm⁻¹ a 25°C y PSI < 15%
- Suelos Salinos: CE_s > 4 dSm⁻¹ a 25°C y PSI < 15%
- Suelos Sódicos: CE_s < 4 dSm⁻¹ a 25°C y PSI > 15%
- Suelos Salino-Sódicos: CE_s > 4 dSm⁻¹ a 25°C y PSI > 15%

La FAO pone de manifiesto la importancia climática en la formación de estos suelos. Consideran que existe un alto riesgo de salinización de suelos cuando el índice P/ETP es inferior de 0,75.

Los resultados obtenidos de estos cálculos para la zona de estudio, muestran que

Calculo del RAS y el PSI

Para el suelo 1

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

Se debe transformar la concentración de Sodio que esta en % a mmol/lt.

$$\begin{aligned} Na &= 97.8 \text{ mmol/lt} \\ Mg &= 233 \text{ mmol/lt} \\ Ca &= 220 \text{ mmol/lt} \end{aligned}$$

Reemplazando en la ecuación 1

$$RAS = \frac{|97.8|}{\sqrt{\frac{|233| + |220|}{2}}} = 9.1$$

A partir del RAS se puede calcular el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) reemplazando en la ecuación 2

$$PSI = \frac{100 * (-0.0126 + 0.01475 * 9.1)}{1 + (-0.0126 + 0.01475 * 9.1)} = 10.8$$

Con el mismo procedimiento se calculó para los suelos 2 y 3.

Suelo 2:

RAS = 7.7
PSI = 9.2

Suelo 3

RAS = 7.4
PSI = 8.8

Tabla 7. Comparación de RAS y PSI de las tres muestras.

RESULTADOS OBTENIDOS			
	Suelo 1	Suelo 2	Suelo 3
CE	1.13	1.16	2.60
RAS	9.1	7.7	7.4
PSI	10.8	9.2	9.8

La tabla muestra que la caracterización de suelos analizados indica que en el sector Río Matar Jahuira predominan los suelos salinos sódicos, y que en las zonas de pastoreo alejadas a este presentan características salinas, esta caracterización se encuentra dentro de lo propuesto por Richards et al., (1954). Sin embargo de una comparación de las tres muestras de suelos se observa que el suelo 1 tiene mayor grado de sodificación.

5. CONCLUSIONES

Las aguas del río Mathar Jahuira, contienen niveles altos de arsénico lo que lo hace no apto para consumo humano, animal y no apto para riego.

Se puede afirmar que el comportamiento entre el pH y la concentración de arsénico es parecido de donde se concluye que en las aguas con pH encima del neutro son básicas, y existe mayor posibilidad de que estas contengan arsénico lo que quiere decir que la concentración de arsénico es directamente proporcional al pH.

La relación que presenta la concentración del sodio coincide con la conductividad eléctrica. Estos datos sirven para afirmar que la cantidad de sodio presente en el agua, ratifica el riesgo de sodicidad en los suelos, que por demás es evidente en toda el área de estudio, tanto para suelos como para las aguas. Lamentablemente las comunidades que se encuentran río arriba las utilizan esta agua en actividades agrícolas con el consiguiente perjuicio no sólo de los suelos sino también de las actividades económicas que se realizan en la zona, considerando que existen procesos irreversibles cuando se dañan los suelos.

Al haber altas concentraciones salino-sódicas en la rivera del río Mathar Jahuira, y concentraciones salinas en las áreas de pastoreo, se impide una adecuada absorción del agua por medio de las raíces, lo que explica la disminución de forraje en el área de estudio.

El exceso de sales favorece la aparición de costras que ocasionan la asfixia radicular. La existencia de ion sodio ocasiona la dispersión de la materia orgánica y de las arcillas, consiguiendo así la pérdida de estructura.

6. RECOMENDACIONES

Por las características químicas de las aguas analizadas se recomienda que las mismas deban ser sujetas a permanentes tratamientos antes de su consumo, lo que normalmente no ocurre entre las pastoras y sus familias.

Los gobiernos departamentales y locales debieran implementar de manera urgente un plan de recuperación de praderas, con la incorporación de nuevas especies en el ecosistema resistentes a la salinidad, ya que esta es una zona potencial para la crianza de ganado ovino y vacuno.

7. BIBLIOGRAFIA

- GONZÁLEZ, L.M & R. RAMIREZ. Los suelos salinos y su utilización en la Producción agrícola. *Alimentaria*. 2002,
- DOUGLAS MATA R. e Ildefonso Pla Sentis' Caracterización de los problemas de salinidad de suelos y aguas en cuatro zonas de la cuenca del lago de Maracaibo, 1991
- FERNANDEZ, W. Estudio de suelos semidetallado de la Baja Guajira. Sector Carrasquero Copetamana Los Melones. Dtto. Páez. Edo. Zulia. MARNR. Zona 5. Maracaibo. Venezuela. 1980.74 p.
- PARRA, J.R. Consideraciones sobre la salinidad de los suelos de la Cuenca del Lago de Maracaibo. I Jornadas Nacionales de Ingeniería Hidráulica. Maracaibo. Venezuela.1976. 15 p (mimeo).