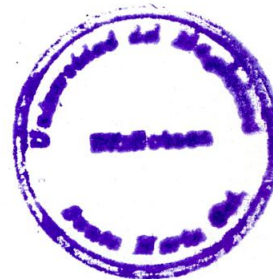


**CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS DE LA ZONA BANANERA DEL
DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA DE ACUERDO CON LA POSICIÓN
FISIOGRÁFICA.**



**RENZO RENE BARRERA VILLARREAL
PEDRO ANTONIO JIMENEZ YAÑEZ**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA
SANTA MARTA
1997.**

**CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS DE LA ZONA BANANERA DEL
DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA DE ACUERDO CON LA POSICIÓN
FISIOGRÁFICA.**



**RENZO RENE BARRERA VILLARREAL
PEDRO ANTONIO JIMENEZ YAÑEZ**

**Memoria de Grado para optar al título de
Ingeniero Agrónomo**

**Director
REYNALDO LOBATO PERTUZ
I.A. M.S.C.**

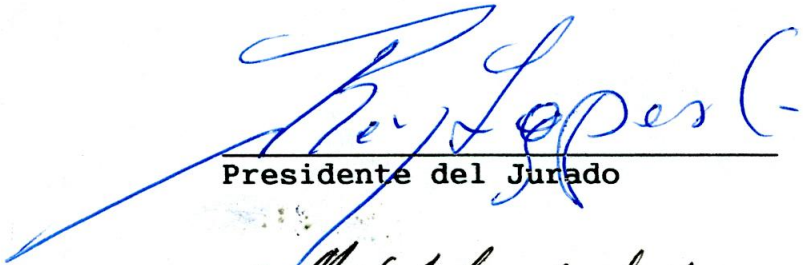
**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA
SANTA MARTA
1997.**

Los jurados examinadores del presente trabajo de grado no son responsables de los conceptos e ideas emitidos por los aspirantes al título.



T
IA
00472

Nota de aceptación



Presidente del Jurado



Jurado

Jurado

Santa Marta, D.T.C.H., 15 de diciembre de 1997

024883

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1. REVISIÓN DE LITERATURA	4
1.1. ORIGEN DE LAS SALES	7
1.2. SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS	7
1.3. SALES MAS IMPORTANTES	10
1.4. DIRECTRICES SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO	12
1.5. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS PARA RIEGO	15
1.5.1 Clasificación por nivel de salinidad	15
1.5.2 Clasificación del agua de riego por la RAS	17
1.5.3 Clasificación por el Carbonato Sódico Residual (C.S.R.)	22
1.5.4 Clasificación de Richard	24
1.5.5 Clasificación del Comité de Consultores U.C.	24
1.5.6 Clasificación de la F.A.O.	25
1.6. PROBLEMAS EN LAS AGUAS DE RIEGO	26
1.6.1 Problemas de salinidad	26
1.6.2 Problemas de toxicidad	32
1.6.3 pH anormal	40

2.	MATERIALES Y MÉTODOS	41
2.1.	MATERIALES	41
2.1.1	Generalidades	41
2.1.2	Localización y Extensión	41
2.1.3	Población	42
2.1.4	Hidrografía	42
2.1.5	Formaciones vegetales	43
2.1.6	Clima	44
2.2	MÉTODOS	45
2.2.1	División del área	45
2.2.2	Técnicas de muestreo	46
2.2.3	Métodos de laboratorio	47
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
3.1.	COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA PARA RIEGO DENTRO DE LOS TRANCEPTOS O ZONAS MUESTREADAS	49
4.	CONCLUSIONES	63
	RESUMEN	
	SUMARY	
	GLOSARIO	
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Directrices para interpretar la calidad de las aguas de riego	13
Tabla 2.	Análisis de laboratorio necesarios para evaluar las aguas de riego	14
Tabla 3.	Clasificación anterior de las aguas de riego de acuerdo a la salinidad según U.S.D.A.	15
Tabla 4.	Clasificación actual de las aguas de riego en función de la salinidad	17
Tabla 5.	Clasificación de las aguas para riego en función del Sodio	18
Tabla 6.	Tabla para calcular el RAS ad	20
Tabla 7.	Clasificación de la FAO según el RAS	22
Tabla 8.	Clasificación de las aguas para riego de acuerdo con el contenido de C.S.R.	24
Tabla 9.	Clasificación de las aguas para riego según Richards	24
Tabla 10.	Clasificación de las aguas para riego según Comité de Consultores	25
Tabla 11.	Clasificación de las aguas para riego según FAO	25
Tabla 12.	Clasificación de las aguas para riego por Toxicidad	26
Tabla 13.	Tolerancia de algunos cultivos a la salinidad	31
Tabla 14.	Tolerancia al Cloro de algunos patrones y frutales	35
Tabla 15.	Tolerancia relativa de algunos cultivos a Sodio intercambiable	37
Tabla 16.	Tolerancia relativa de algunos cultivos al Boro	39
Tabla 17.	Resultados de los análisis de agua para riego en el trancepto 1 (Aguja)	53

Tabla 18. Resultados de los análisis de agua para riego en el traucepto 2 (Riofrío) 56

Tabla 19. Resultados de los análisis de agua para riego en el traucepto 3 (Sevilla) 66

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo agradecen la valiosa colaboración para la culminación del mismo a las siguientes personas:

Dr. REYNALDO LOBATO P. Ingeniero Agrónomo, Presidente

Dr. ROBERTO ACOSTA T. Ingeniero Agrónomo, Jurado

Dr. MAXIMO GALLARDO M. Ingeniero Químico, Jurado

Dr. LEONARDO DELGADO. Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Dr. ANTONIO RODRIGUEZ. Ingeniero Agrónomo, Doctorado en Frutas Tropicales,
Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Dr. LUZMILIO TOLOSA FERNANDEZ, Geólogo Máster en Ciencias Geológicas
Universidad Estatal de Moscú R.N.S.I.L., COLPOZOS S.A.

Dr. RICARDO DURAN. Ingeniero Químico, Director de Laboratorio de Suelos Aguas
C.I. CORPOICA. Motilonia (Codazzi).

Dr. ELIECER CANCHANO N. Ingeniero Agrónomo, Profesor de la Universidad del
Magdalena.

Dr. OSWALDO PEREZ MOLINA, Ingeniero Pesquero, Ex-rector Universidad del
Magdalena.

A los trabajadores de la Zona Bananera del Magdalena, y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron para la culminación de este trabajo.

DEDICATORIA

Dedico a :

Dios y a la Santa Virgen María porque siempre iluminan mi camino cuando este se hace oscuro.

Mis padres Rodolfo y Enilda por sembrar en mí el deseo de superación y porque han sido siempre el mayor soporte sobre el cual me he apoyado.

Mis hermanos Roicer, Rocio, Rodolfo, Alberto, Lisbeth y Rossana porque siempre creyeron en mí y me ayudaron incondicionalmente para que pudiera culminar hoy esta meta.

Mi tía Angela, por brindarme siempre ese calor de hogar en los momentos en los que más lo necesitaba.

Mi tío Alberto por forjar en mí, los ideales de honestidad, humildad y perseverancia para alcanzar las metas.

Mis primos Orlando y Roberto por la colaboración y el apoyo incesante que me brindaron siempre.

Mi compañero Pedro quien ha sido como mi hermano

Mis amigos Carlos, Earle, Neffer, Robert, Alex, Rey, Mandi, Javier, Freddy, Oscar, Jairo, Juan, Edwin, Canchano, Alfred y Edson que me acompañaron a lo largo de toda mi carrera.

La memoria de mi amigo y siempre hermano Ronald Alberth Egan-Wyer Diaz Granados porque aunque se haya ido, nunca dejará de estar con nosotros.

RENZO RENE BARRERA VILLAREAL

DEDICATORIA

Dedico a:

- Dios, La virgen y los ángeles
- Mi Papá
- Mi Mamá
- Mis hermanos y entre ellos esta Rony.
- Mi Novia
- Mis Amigos(as).
- Y muy especialmente a Rosa Matilde

Pepe

INTRODUCCIÓN 3

El agua es uno de los factores más importantes para la producción de cultivos. El riego constituye el principal factor de salinidad y alcalinidad del suelo cuando no es manejado correctamente, haciendo improductiva muchas regiones agrícolas ricas en recurso suelo, en la zona bananera del Magdalena, existen aproximadamente unas 10.000 hectáreas, dedicadas al cultivo del Banano lo cual indica la importancia del conocimiento de la calidad de las aguas utilizadas para riego en dicha explotación.

En la generalidad de los casos no se tiene en cuenta la calidad del agua para el riego, la tendencia es utilizar toda agua disponible. La calidad de las aguas es un factor limitante para su utilización en el riego de las zonas agrícolas, y está determinada por la composición y concentración de los constituyentes disueltos en ella.

En varias partes del mundo, donde se usan aguas superficiales y subterráneas para riego han ocasionado problemas serios de salinidad y alcalinidad, debido a la baja calidad de las aguas.

Las características más importantes que determinan la calidad de agua son, concentración total de sales solubles, concentración relativa de Sodio con respecto a otros cationes, concentración de Boro u otros elementos que puedan ser tóxicos; y bajo ciertas

condiciones la concentración de carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y nitratos con relación a la concentración de calcio más magnesio.

La agricultura de regadío depende tanto de la cantidad como de la calidad del agua. No obstante, el aspecto de la calidad ha sido descuidado debido a que en el pasado las fuentes de agua, por lo general, han sido de abundante cantidad, de buena calidad y de fácil utilización.

Esta situación, sin embargo, está cambiando en muchos lugares. El uso intensivo de prácticamente todas las aguas de buena calidad, implica que tanto los proyectos nuevos como los antiguos que requieren aguas suplementarias, tienen que recurrir a aguas de inferior calidad. Para evitar problemas consecuentes, debe haber una planificación efectiva que asegure el mejor uso posible de estas aguas de acuerdo a su calidad.

En la Costa Atlántica y especialmente en la zona Bananera del Departamento del Magdalena son escasos los estudios sobre las aguas para riego, además de que no existe un método práctico para el uso racional del agua, debido a que se descuida la relación que hay entre la salinidad y sodicidad del suelo y su consecuente deterioro con el aporte que a éste proceso está ocasionando el riego.

El uso descuidado de los riegos trae como consecuencia en muchas zonas agrícolas, un desequilibrio en las sales, lo cual repercute en la producción y esterilidad de los suelos. Uno de los problemas serios a que se ven enfrentados los productores agrícolas en la zona

bananera del Magdalena es el manejo de grandes extensiones del suelo afectados en diferentes grados y magnitud por sales y sodios. Estas sales provienen del desalojo de las ciénagas y de aguas subterráneas contaminadas por interferencia de la cuña marina que ha sido perforada en determinados sitios.

A esto se le unen la condición geomorfológica de la zona que con periodos marcados de intensa precipitación y sequías prolongadas, hacen que el desalojo de la recarga en el tiempo requerido por los cultivos susceptibles a inundaciones y niveles freáticos altos demande la adecuación con drenajes intensivos. Además el uso del agua es un factor determinante del manejo, unido a practicas de recuperación y mantenimiento de las condiciones de suelo con base en los requerimientos de los cultivos.

La calidad del agua es una consideración importantísima para la investigación de las condiciones de salinidad, contenido de sodio y riesgo de toxicidad en cualquier zona de riego.

La presente investigación pretende dar a conocer la calidad de las aguas de pozos profundos y algunas fuentes superficiales que se usan para riego en la Zona Bananera del Magdalena, de tal manera, que ayude a realizar un mejor manejo de las mismas y por ende permita una mayor y mejor conservación del recurso suelo, debido a que en la actualidad no existen programas de conservación de las zona bananera, basados en el uso del riego, de lo cual se desprende la imposibilidad en la delimitación de las áreas que poseen peligros de alcalinidad y salinidad.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

El agua puede entrar a la rizosfera desde arriba, en la forma de precipitación natural o artificial, o bien, como flujo superficial; la entrada por arriba está regida por el índice de infiltración del suelo que se trate. (38).

El agua es el elemento más abundante en la tierra y es indispensable para todas las formas de vida, pero desafortunadamente es distribuida por las lluvias en forma desigual. Por consiguiente es función del riego humedecer el suelo y servir como disolvente y vehículo para suministrar a las plantas todas las sustancias minerales y orgánicas. (30).

El agua de riego tan importante para los cultivos, se puede volver un enemigo para nuestros suelos si no sabemos su contenido de sales y/o minerales, debido a que el agua es uno de los factores de mayor peligro para la salinización y alcalinización de suelos irrigados, siendo necesario el análisis químico, llevando a un laboratorio especializado muestras de agua que permitan determinar su calidad (16).

No todas las aguas son igualmente adecuadas para el riego algunos no se pueden emplear totalmente, otras deben ser empleadas con particulares precauciones para evitar que se produzcan daños tanto en el suelo como en los cultivos. (15)

Desde el punto de vista absoluto hay dos clases de agua bien definidas: las de buena calidad, que pueden usarse sin limitaciones en cualquier suelo, en todos los cultivos y con cualquier método; y las no recomendables o de mala calidad que contienen material en solución en cantidad y calidad que reducen la productividad de los cultivos. Los peligros que ofrece para ser usada en el riego dependen: de los materiales en suspensión, de la cantidad de sales solubles (peligrosidad salina), de la clase de sales, de la concentración absoluta y relativa de sodio (peligrosidad sódica), y de la presencia de elementos tóxicos (toxicidad específica) (22).

Si el agua de riego es de buena calidad puede producir una mejoría en la tierra en que se aplica, debido al calcio que contiene y al efecto benéfico derivado del desleimiento o lavado de cualquier exceso de sales de la tierra, pero si la calidad del agua es inapropiada la tierra puede deteriorarse hasta quedar imposibilitada para producir cosechas satisfactorias (8).

Las aguas de riego consideradas peligrosas, tienen un contenido actual de sales que pueden ser perjudicial para el cultivo. Los daños se ocasionan cuando esa agua una vez en el suelo, concentra su salinidad a medida que el suelo se seca debido a la evapotranspiración produciendo alteraciones en la solución del suelo y/o complejo de cambios con aspectos nocivos a las plantas y al suelo (13).

El contenido de sales de una fuente de agua puede incrementarse mediante: el riego excesivo, corriente arriba, en cultivos con fuertes aplicaciones de fertilizantes, mediante la evaporación de los depósitos, el reciclaje y la reutilización de aguas entre otras (38).

La variación de la concentración de sales en el agua del suelo bombeada de los pozos puede ser mucho mayor que la de las aguas superficiales. El agua de pozos cercanos puede ser diferente en concentración de sales y en su composición. (8).

La calidad del agua para riego depende principalmente de su contenido de limo y de su contenido de sales. La presencia de sales en el agua de riego afecta la salinidad del suelo, lo cual contribuye a incrementar los problemas y por ende los costos de manejo del recurso suelo (30).

Todas las formas de salinidad reducen la productividad de los suelos y los cultivos a través de los efectos adversos sobre el crecimiento y el rendimiento por medio del incremento en el potencial osmótico del agua, de la absorción y acumulación de algunos iones a niveles tóxicos para las plantas y de la inducción a desbalances nutricionales (12).

En los suelos con problemas de alcalinidad se presentan deficiencias que generan condiciones desfavorables para la disponibilidad de algunos nutrientes tales como Fósforo y Potasio. (23).

En las zonas en donde se riega, especialmente en las áridas y semiáridas la aplicación inadecuada del agua puede con un altísimo riesgo, llevar al suelo a la salinización; prueba de ello son las numerosas experiencias que se remontan en la antigüedad. El agua que se aplique es un determinante en el supuesto proceso de salinización. (20).

En general, las aguas con alto contenido de sales no deben usarse para el riego de aquellos suelos con bajo poder de infiltración o con drenaje deficiente. A mayor contenido de sales presentes en el agua, mayor cantidad de esta debe pasar a través del suelo para así mantener las sales solubles a un nivel crítico o debajo de este. (9)

1.1 ORIGEN DE LAS SALES

Las sales solubles del suelo consisten principalmente en varias proporciones de los cationes sodio, calcio y magnesio ; y de los aniones cloruro y sulfato, el catión potasio y los aniones carbonato, bicarbonato y nitrato se encuentran generalmente en cantidades menores (9) en suelos salinos.

Las sales suelos salinos proceden de la meteorización de los minerales y rocas que constituyen la corteza terrestre, la cual contiene entre otros los siguientes elementos: Oxígeno, Aluminio, Hierro, Calcio, Sodio, Magnesio, Potasio, Cloro, etc. (14)

La meteorización de las rocas por sí solas, rara vez ha ocasionado que se acumulen grandes cantidades de sal en un lugar, lo que ocurre es que estas sales una vez formadas, son transportadas por el agua que las conduce al mar o a depósitos continentales, los cuales de esta manera se salinizan (26).

1.2 SALINIZACION DE LOS SUELOS

Polinov y *Kovda* clasifican los elementos en cinco categorías según su capacidad de emigración:

1. Prácticamente no lavables	Si (cuarzo)
2. Poco lavables	Fe, Al, Si
3. Lavables	Si, P, Mn
4. Bastante lavables	Ca, Na, K, Mg, Cu, Co, Zn
5. Muy lavables	Cl, Br, S, C

Los elementos de las categorías 4 y 5 son los que forman parte de las sales que salinizan el suelo: ClNa , SO_4Na_2 , $\text{Cl}_2 \text{Mg}$, SO_4Mg , SO_4Ca , $\text{CO}_3 \text{Na}$, CO_3Hna , CO_3Mg . Las aguas cargadas con estas sales se acumulan en las depresiones, bien subterráneamente constituyendo mantos freáticos salinos, o bien superficialmente dando lugar a charcas, lagunas, lagos, etc. estos se ven facilitados por el hecho de que con frecuencia las depresiones tienen mal drenaje natural, por sus condiciones topográficas y porque en las áreas bajas suelen acumularse arcillas arrastradas por el agua de escorrentía (21).

La mineralización progresiva de las aguas salinas depende de factores climáticos y edafológicos. Los lavados con agua de lluvia eliminan sales de la zona superficial, la evaporación y transpiración, consumen grandes cantidades de agua, pero no afectan prácticamente a las sales disueltas, por lo que aumenta la concentración salina de las aguas.

En áreas en donde predominan los factores salinizantes (evaporación y transpiración) frente a los de lavado, las aguas freáticas se irán paulatinamente mineralizándose. Por esta razón, la mayor parte de las áreas que presentan problemas de salinidad, están localizadas en regiones de clima árido (25).

Aunque la formación y acumulación de las sales en los suelos se debe a ciertos procesos geoquímicos de los estratos superiores, los mismos no acumulan suficientes sales comunes para formar suelos salinos, estos generalmente se encuentran en áreas que reciben sales de otros sitios, siendo el agua su principal transporte la cual actúa como frente de sales cuando se emplea en el riego, además el agua puede adicionar sales a los suelos de zonas bajas, cuando se aplica riego a zonas adyacentes cuyas aguas de drenaje descienden a las partes bajas (27).

Otro proceso de salinización es el que ocurre donde el agua es escasa, allí se riega con láminas pequeñas, por lo cual no puede garantizarse una percolación suficiente. De esta manera las sales aportadas por las aguas de riego se acumulan en la zona radicular.

El caso contrario, o sea el sobreriego debido a una baja eficiencia del riego o al agua de lavado en donde no existe un drenaje adecuado puede promover un ascenso de las aguas freáticas potencialmente salinas por capilaridad, es decir los resultados negativos son equiparables. (32)

Según Arias (1981), las causas reales de salinización se encuentran en el empleo de aguas con cierto nivel de salinidad, en el ascenso de aguas freáticas salinas y en la existencia de sistemas de drenaje deficientes. Al respecto, las aguas de riego pueden aportar anualmente grandes cantidades de sales por ejemplo, un agua de riego de buena calidad con un contenido de sales solubles de 0.5 gramos por litro equivalentes a una CE, aproximada de 0.75 mmhos/cm. Si el volumen anual de riego es de 10.000 M³ /Ha, una Hectárea regada

recibirá anualmente cinco toneladas de sales aportadas por el agua de riego, esto implica que si las sales que se acumulan en la zona radicular no son eliminadas de la misma, el suelo se tornará salino a no ser que se practiquen lavados de mantenimiento periódico y se disponga de un excelente drenaje tanto superficial como subsuperficial.

1.3 SALES MAS IMPORTANTES

Las sales más nocivas son las que tienen elevada solubilidad, ya que dan lugar a soluciones salinas muy concentradas; en cambio las poco solubles precipitan antes de alcanzar los niveles perjudiciales (26).

Según Pizarro (1990), las sales más importantes en relación con su solubilidad son:

Sulfato Magnésico: Se presentan en aguas freáticas y lagos salinizados. Debido a su alta solubilidad (262 g/l.), es una de las sales más perjudiciales. Nunca se acumula en los suelos en forma pura sino en combinación con otras sales muy solubles.

Sulfato de Sodio: Es también un componente típico de agua freáticas y lagos salinizados. Su toxicidad es dos a tres veces menor que la de (sulfato de magnesio) Su solubilidad varía mucho con la temperatura puede alcanzar desde los 45g/l, a 0 °C hasta los 430 g/l, a 40 °C.

Cloruro Sódico: Junto con los sulfatos de Sodio y de Magnesio es la sal más frecuente en los suelos salinos. Su toxicidad para las plantas es excepcionalmente alta, así como su

solubilidad, que es de 318 g/l. Su toxicidad es tan elevada, que incluso con 0,1% del CLNa, las plantas se resienten y con 2 - 5% los suelos se vuelven improductivos.

Carbonato Sódico : Se encuentra con frecuencia en aguas y suelos con problemas de salinidad, su solubilidad es elevada y varía mucho con la temperatura llegando hasta los 441 g/l a 40° C. para el $\text{CO}_3 \text{Na}_2$ y 121 g/l para el $\text{CO}_3 \text{HNa}$ por sus elevadas solubilidad y alcalinidad estos carbonatos son muy tóxicos para las plantas. En los suelos incluso con cantidades de 0.05 - 0,1% ocasiona disgregación de las arcillas con pérdida de la estructura del suelo, disminución de la permeabilidad etc.

Cloruro de Magnesio : Debido a su elevada solubilidad (353 g/l) es una de las sales más perjudiciales de las plantas. Se presentan en suelos salinos, aguas freáticas y lagos salinizados.

Otras sales que se pueden presentar en aguas con problemas de salinidad: Carbonato Cálcico y Carbonato Magnésico.

El carbonato Cálcico es una sal muy poco soluble (0.0131 g/l) por lo que no es nociva para las plantas - cuando las aguas freáticas calcáreas se aproximan a la superficie y se exponen a la evaporación y transpiración, grandes cantidades de $\text{CO}_3 \text{Ca}$ pasan a los horizontes del suelo, llegando a veces a constituir el 80% del mismo, así se forman unos horizontes bien simentados, impermeables e impenetrables para la raíces.

El carbonato de Magnesio es mucho más soluble que el calcio, sin embargo rara vez ocurre acumulación de $\text{CO}_3 \text{Mg}$. en los suelos debido a la adhesión del Mg por las arcillas.

Cloruro Potásico : Las propiedades químicas del ClK , son muy parecidas a la del ClNa . sin embargo no está tan extendido porque el Potasio es consumido por los organismos del suelo y adsorbidos irreversiblemente por las arcillas.

Nitratos : Los Nitratos son sales de muy elevada solubilidad (681g/l para el NO_3Na y 279g/l para el NO_3K a 20°C .) son más tóxicos que los cloruros.

1.4 DIRECTRICES SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

Las directrices para evaluar la calidad del agua de riego, se presentan en la tabla 1. dichas directrices se refieren sobre todo a los efectos a largo plazo de la calidad del agua sobre la producción de cultivos, las condiciones del suelo y el manejo agrícola.

Las directrices tienen un carácter práctico y han sido utilizadas con éxito en la agricultura bajo riego, para evaluar los componentes del agua superficial, agua subterránea, agua de drenaje, afluyente de desagüe y otras aguas residuales.

Cuando se utiliza agua con valores menores, a los correspondientes a ninguna restricción de uso de la Tabla 1, por lo general, no se presentan o no se identifican problemas en los cultivos o en el suelo. En el caso de restricción ligera a moderada, se requiere de cuidado

gradualmente mayor en la selección de los cultivos y de las alternativas de manejo para alcanzar el potencial máximo de rendimiento. La restricción severa, implica la aparición de problemas de suelo y de cultivos y/o reducción en los rendimientos, y la necesidad de contar, para lograr rendimientos aceptables, un manejo hábil efectivo además de un plan de operación específicamente adaptado a la calidad de agua que ha de emplearse. (4).

Tabla 1

DIRECTRICES PARA INTERPRETAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS PARA RIEGO

Problema Potencial	Unidades	Grado de Restricción de uso		
		Ninguna	Ligera a Moderada	Severa
Salinidad (afecta disponibilidad de agua para el cultivo)				
ECa	mmhos/cm	<0.7	0.7 - 03	>3
(o)				
TSS	mg/l	<450	450 - 2000	>2000
Infiltración (reduce Infiltración : evaluar usando a la vez la ECa y el RAS)				
RAS = 0 - 3 y ECa		>0.7	0.7 - 02	<0.2
3 - 6		>1.2	1.2 - 0.3	<0.3
6 - 12		>1.9	1.9 - 0.5	<0.5
12 - 20		>2.9	2.9 - 1.3	<1.3
20 - 40		>5.0	5.0 - 2.9	<2.9
Toxicidad de Iones específicos (Afecta cultivos sensibles)				
Sodio (Na)				
riego por superficie	mc/l	<3	3 - 9	>9
riego por aspersión	mc/l	<3	<3	
Cloro (Cl)				
riego por superficie	mc/l	<4	4.0 - 10	>10
riego por aspersión	mc/l	<3	>3	
Boro (B)				
Oligoelementos				
Varios (Afecta cultivos sensibles)				
Nitrógeno (NO ₃ - N)	mg/l	<5	5.0 - 3.0	>30
Bicarbonato (HOC ₃ - N)				
(aspersión foliar únicamente)	mc/l	<1.5	1.5 - 8.5	>8.5
pH			Amplitud normal 6.5 - 8.4	

Fuente : Universidad de California 1974

Según esto el empleo de la Tabla 1 permitirá realizar ajustes de manejo, para un mejor uso de las aguas de baja calidad. Por otro lado se debe evitar las conclusiones basadas únicamente en el uso de dicha tabla y en resultados de laboratorio sin efectuar comprobaciones de campo mediante ensayos o experimentos.

En la tabla 2 se presentan los análisis de laboratorios necesarios y los valores normales de las aguas utilizadas para riego.

Tabla 2

ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA EVALUAR LAS AGUAS DE RIEGO

PARAMETROS	Símbolo	Unidad	Valores normales en agua de riego
SALINIDAD			
<u>Contenido de Sales</u>			
Conductividad Eléctrica (o)	ECa	mmhos/cm	0 - 3
Total Sólidos en Solución	TSS	mg/l	0 - 2000
<u>Cationes y Aniones</u>			
Calcio	Ca ⁺⁺	meq/l	0 - 20
Magnesio	Mg ⁺⁺	meq/l	0 - 5
Sodio	Na ⁺	meq/l	0 - 40
Carbonatos	CO ₃ ⁻⁻	meq/l	0 - 0.1
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	meq/l	0 - 10
Cloro	Cl ⁻	meq/l	0 - 30
Sulfatos	SO ₄	meq/l	0 - 20
NUTRIENTES			
Nitrato - Nitrógeno	NO ₃ ⁻ N	mg/l	0 - 10
Amonio - Nitrógeno	NH ₄ ⁻ N	mg/l	0 - 5
Fosfato - Fósforo	PO ₄ ⁻ P	mg/l	0 - 2
Potasio	K ⁺	mg/l	0 - 2
VARIOS			
Boro	B	mg/l	0 - 2
Acidez o Basicidad	pH	1 - 14	6 - 8.5
Relación de Absorción de Sodio	RAS	meq/l	0 - 15

Fuente : FAO 1987

1.5 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS PARA RIEGO

1.5.1 Clasificación por nivel de Salinidad. Es la salinidad de la solución del suelo la que afecta directamente los cultivos y no la calidad del agua aplicada. Cuando el drenaje es adecuado la relación entre la calidad del agua y la concentración de sales en la solución depende de la cantidad de excesos de agua por encima de la consumida (por Evapotranspiración).

En la Tabla No. 3 se presenta la clasificación inicial de las aguas para riego en función de la salinidad. Esta clasificación se emplea universalmente en combinación con la de porcentaje de sodio intercambiable (21).

Tabla 3

CLASIFICACION ANTERIOR DE LAS AGUAS PARA RIEGO EN FUNCION DE LA SALINIDAD (USDA, Laboratorio de Salinidad).

Código	Clasificación	CE a 25°c umhos/cm	Concentración de Sal (g/l)
C 1	Agua de baja salinidad	0-250	<0,2
C 2	Agua de salinidad media	250-750	0,2 -0,5
C 3	Agua altamente salina	750-2250	0,5 - 1,5
C 4	Agua muy altamente salina	2225-5000	1,5 -3,0

Fuente: RICHARDS 1954.

Las clases indicadas en la Tabla 3 se caracterizan así.

C1 Agua de salinidad baja: Puede usarse para riego en la mayoría de los cultivos, en casi cualquier tipo de suelos, con muy poca probabilidad que se desarrolle salinidad. Se necesita algún lavado pero se logra en condiciones normales de riego, excepto en suelos de muy baja permeabilidad.

C2 Agua de salinidad media: Puede utilizarse siempre y cuando exista una lixiviación adecuada. En casi todos los casos, y sin necesidad de practicas especiales de control de la salinidad, se pueden sembrar cultivos medianamente tolerantes a la sal.

C3 Agua altamente salina: No debe emplearse en suelos cuyo drenaje sea deficiente. Aún con un adecuado puede requerirse practicas especiales de control de la salinidad, debiéndose, por lo tanto seleccionar aquellas especies tolerantes.

C4 Agua muy altamente salina: No es apropiada para el riego bajo condiciones normales, pero puede usarse muy ocasionalmente en circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser muy permeables, el drenaje adecuado, efectuar aplicaciones con un elevado exceso de agua y seleccionarse cultivos muy tolerantes..

A continuación se presenta la Tabla .4 la cual indica una clasificación más actualizada y ajustada de los niveles de salinidad del agua para riego. Tanto para esta clasificación, como para la inicial debe tenerse en cuenta que la concentración salina del agua para riego es diferente a la de la solución del suelo, esta generalmente es mayor que la de aquella. Más

aun, no deben confundirse los valores de la salinidad del agua para riego con los límites de tolerancia relativa de los cultivos.

Tabla 4

CLASIFICACIÓN ACTUAL DE LAS AGUAS PARA RIEGO EN FUNCION DE LA SALINIDAD

Clasificación	CE A 25°C ($\mu\text{mhos/cm}$)
Salinidad baja	< 250
Salinidad Moderada	250-750
Salinidad Media	750-2250
Salinidad alta	2250 -4000
Salinidad muy alta	4000-6000
Salinidad excesivamente alta	> 6000

Fuente: Pizarro 1990

1.5.2 Clasificación del agua de riego por la RAS. La acción del sodio se evalúa con base en la RAS, la cual expresa la posibilidad de que el agua de riego provoque sodificación del suelo, lo que depende de la proporción de sodio presente con respecto a los demás cationes pero el efecto potencial de una RAS dada también se encuentra en función de la concentración total de sales solubles en el agua y obviamente de la solución del suelo, el riesgo aumenta al incrementarse la concentración de sales.

Los valores de RAS que permiten clasificar el agua para riego en sus distintas clases, dependen de la conductividad eléctrica de dicha agua tal como se ilustra en la Tabla 5. en esta se observa que los valores de RAS para una misma clase sódica son diferentes para dos concentraciones salinas distintas.

Tabla 5

CLASIFICACION DE AGUA PARA RIEGO EN FUNCIÓN DEL SODIO

Código	Clase	RAS para	
		CE = 100 umhos/cm	CE = 750 umhos/cm
S1	Agua baja en Sodio	0-10	0-6
S2	Agua media en Sodio	10-18	6-12
S3	Agua Alta en Sodio	18-26	12-18
S4	Agua muy alta Sodio	> 26	> 18

Fuente: Pizarro 1990

Las clases sódicas indicadas en la tabla 5 se caracterizan así :

S1 Agua baja en Sodio: Puede usarse para riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de P.S.I.. No obstante, algunos frutales como el aguacate son sensibles a este nivel de sodicidad.

S2 Agua media en Sodio: En suelos de textura fina, el sodio presenta un peligro considerable; más si dichos suelos tienen una alta capacidad de intercambio catiónico, escasa capacidad de lavado y carencia de yeso. Esta agua solo debe emplearse en suelos de textura gruesa o en orgánicos de permeabilidad adecuada.

S3 Agua alta en Sodio : Puede producir niveles tóxicos de PSI en la mayoría de los suelos, por lo que requieren prácticas especiales de manejo, buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica. Puede necesitarse enmiendas para sustituir el sodio intercambiable; sin

embargo, la aplicación de correctivos al suelo debe ser periódica, especialmente si la salinidad del agua es elevada.

S4 Agua muy alta en Sodio : Es inadecuada para el riego, excepto cuando su salinidad es baja y la disolución del Calcio y/o la aplicación de correctivos no las torna pesadas.

Pizarro (1990) establece que un alto contenido de sodio en el agua de riego puede inducir elevados valores de P.S.I. en el suelo, con sus efectos consiguientes de pérdidas de estructuras por dispersión é hinchamiento. La posibilidad de que un agua ocasione estos problemas intentó evaluarse por medio del índice RAS, ya definido anteriormente y cuya expresión es :

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

Según Pizarro vale anotar que dicho RAS no tiene en cuenta la posibilidad de precipitación de sales, fenómeno que puede aumentar el riesgo de sodicidad, ya que los cationes son: el Ca (en forma de $\text{CO}_3 \text{Ca}$ y $\text{SO}_4 \text{Ca}$) y el Mg (en forma de $\text{CO}_3 \text{Mg}$).

El inconveniente del índice RAS de no reflejar el efecto de los precipitados dio lugar a que en 1968 Bower et al, crearan una modificación del índice RAS , el RAS ad; el cual ha sido recogido por Ayers y Wescot (1976). El RAS ajustado (RAS ad) se define según:

$$\text{RASad} = \frac{\text{Na}}{\frac{\sqrt{\text{Ca} + \text{Mg}}}{2}} \left[1 + (8,4 - \text{pHc}) \right]$$

O sea, igual al RAS multiplicado por un factor de ajuste que depende del pHc. el cual a su vez viene dado por la expresión : $pHc = (pK'_2 - pK'_c) + p(Ca + Mg) + p(Alk)$

de donde : $(pK'_2 - pK'_c)$ es función de $(Ca + Mg + Na)$ en meq/l

$p(Ca + Mg)$ es función de $(Ca + Mg)$ en meq/l

$p(Alk)$ es función de $(CO_3 + CO_3 H)$ en meq/l.

El valor de pHc se puede calcular usando la tabla :

Tabla 6

Suma de concentraciones (meq/l)	$pK'_2 - pK'_c$	$p(Ca + Mg)$	$p(Alk)$
,05	2,0	4,6	4,3
,10	2,0	4,1	4,0
,15	2,0	4,1	3,8
,20	2,0	4,0	3,7
,25	2,0	3,9	3,6
,30	2,0	3,8	3,5
,40	2,0	3,7	3,4
,50	2,1	3,6	3,3
,75	2,1	3,4	3,1
1,00	2,1	3,3	3,0
1,25	2,1	3,2	2,9
1,50	2,1	3,1	2,8
2,00	2,2	3,0	2,7
2,5	2,2	2,9	2,6
3,0	2,2	2,8	2,5
4,0	2,2	2,7	2,4
5,0	2,2	2,6	2,3
6,0	2,2	2,5	2,2
8,0	2,3	2,4	2,1
10,0	2,3	2,3	2,0
12,5	2,3	2,2	1,9
15,0	2,3	2,1	1,8
20,0	2,4	2,0	1,7
30,0	2,4	1,8	1,5
50,0	2,5	1,6	1,3
80,0	2,5	1,4	1,1

Fuente : Pizarro (1990)

Para una mejor comprensión del RAS ad daremos un ejemplo :

Muestra de agua del pozo de la finca VIJAGUAL I.

Ca	1,40
Mg	0,09
Na	2,20
Cl	1,40
SO ₄	0,00
CO ₃ + CO ₃ H	3,50

$$\text{RAS} = \frac{2,20}{\frac{\sqrt{1,40 + 0,09}}{2}} = 2,55$$

$$\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} = 3,69 \text{ meq/l} : \text{pK}'_2 - \text{pK}'_c = 2,2$$

$$\text{Ca} + \text{Mg} = 1,49 \text{ meq/l} : \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) = 3,1$$

$$\text{CO}_3 + \text{CO}_3 \text{ H} = 3,5 \text{ meq/l} : \text{p}(\text{Alk}) = 2,5$$

$$\text{pHc} = 2,2 + 3,1 + 2,5 = 7,8$$

$$\text{RAS ad} = 2,55 [1 + (8,4 - 7,8)] = 4,08$$

El CO₃ Ca en agua destilada da un pH = 8,4 por eso en la formula del RAS ad aparece (8,4 - pHc). Según Ayers, cuando este término es positivo indica tendencia a precipitar el CO₃Ca del agua aplicada; cuando es negativo indica tendencia a disolver el CO₃ Ca del suelo.

La clasificación de la FAO, relaciona el riesgo de pérdida de estructura no sólo con el RAS ad sino también con la CE del agua de riego (tabla 7)

Tabla 7

CLASIFICACIÓN PARA AGUAS SEGÚN EL RAS ad Y LA CE

	Sin problema	Problema creciente	problema grave
CE (mmhos/cm	> 0,5	0,5 -0,2	0,2
RAS ad	< 6	6 - 9	9

Fuente Pizarro (1990).

1.5.3 Clasificación por el Carbonato Sódico Residual (CSR). El efecto de los bicarbonatos se evalúa de acuerdo con el Carbonado de Sodio Residual (CSR). En las aguas con contenidos altos de bicarbonato, existe la tendencia a que el Calcio y el Magnesio se precipiten como carbonatos, reduciendo las cantidades solubles de Ca y Mg, y elevando por consiguiente la RAS.

En la Tabla 8, se indican los límites del CSR. Un valor alto es perjudicial debido a que produce un pH muy alto, por lo general arriba de 9, el cual es inadecuado para una gran mayoría de cultivos. El CSR se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{CSR} = (\text{Carbonatos} + \text{bicarbonatos}) - (\text{Calcio} + \text{Magnesio})$$

En la ecuación todos los términos se expresan en meq/l

CLASIFICACION DEL AGUA DE RIEGO

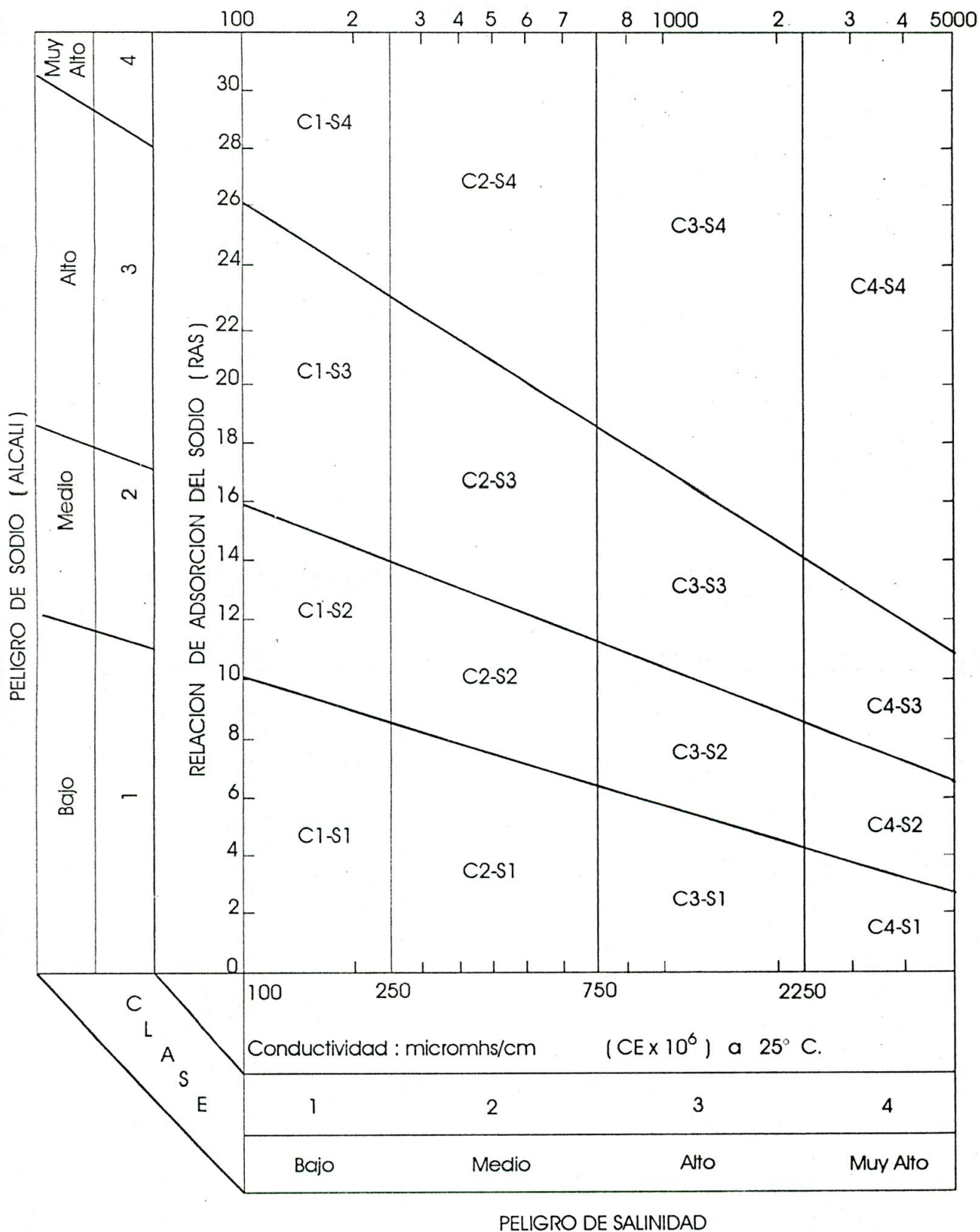


Tabla 8

**CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS PARA RIEGO DE ACUERDO CON EL
CONTENIDO DE C.S.R.**

CLASE	CONTENIDO DE CSR (meq/l)
Buena	menos de 1,50
Condicionada	de 1,50 - 2,50
No recomendable	más de 2,50

Fuente: Arias 1981.

1.5.4 Clasificación de Richard. En 1954, Richards, del U.S. Salinity Laboratory (Riverside California). estableció la siguiente clasificación del agua de riego en función de su CE:

Tabla 9

INDICE DE SALINIDAD	CE (umhos/cm)	RIESGO DE SALINIDAD
1	100-250	Bajo
2	250- 750	Medio
3	750-2.250	Alto
4	> 2.250	Muy alto

Fuente : Pizarro 1990

1.5.5 Clasificación del Comité de Consultores U.C. La experiencia demostró que la clasificación anterior era muy conservadora y el propio Richards la modificó posteriormente. En 1972, el comité de consultores de la Universidad de California propuso la siguiente clasificación :

Tabla 10

INDICE DE SALINIDAD	CE (umhos/cm)	RIESGO DE SALINIDAD
1	< 0,75	Bajo
2	0,75 - 1,50	Medio
3	1,5 - 3,0	Alto
4	> 3,0	Muy alto

Fuente Pizarro 1990.

1.5.6 Clasificación de la FAO. En 1976 Ayers y Westcot, establecieron la clasificación de la FAO, que en realidad es la misma del comité de consultores de la U.C. pero agrupando los niveles 2 y 3 en uno solo:

Tabla 11

INDICE DE SALINIDAD	CE (umhos/cm)	RIESGO DE SALINIDAD
1	< 0,75	Sin Problemas
2	0,75 - 3,0	Problemas crecientes
3	> 3,0	Problemas serios

Fuente :Pizarro 1990

Según Pizarro 1990 esta clasificación quizá simplifica excesivamente el problema ya que reunir en un mismo grupo las aguas del intervalo de 0,75 - 3,0 umhos/cm parece algo excesivo. En su opinión es preferible la clasificación del comité de consultores de la tabla 10.

Hay que tener en cuenta que no hay que confundir la CE aceptable de un agua de riego con la CE que toleran los cultivos: la segunda es la CE del agua del suelo y se expresa

normalmente por la CEE, es decir, la correspondiente al extracto de saturación. Ya que por ejemplo, una salinidad definida por 1,5 mmhos/cm es baja si se trata de la CEE; en cambio empieza a ser alta para agua de riego.

Para evaluar el riesgo de inducir toxicidad de un agua de riego, seguimos la clasificación de la FAO (Ayers y Westcot. 1976) en cuanto al Sodio, Cloruros y Boro (Tabla 12)

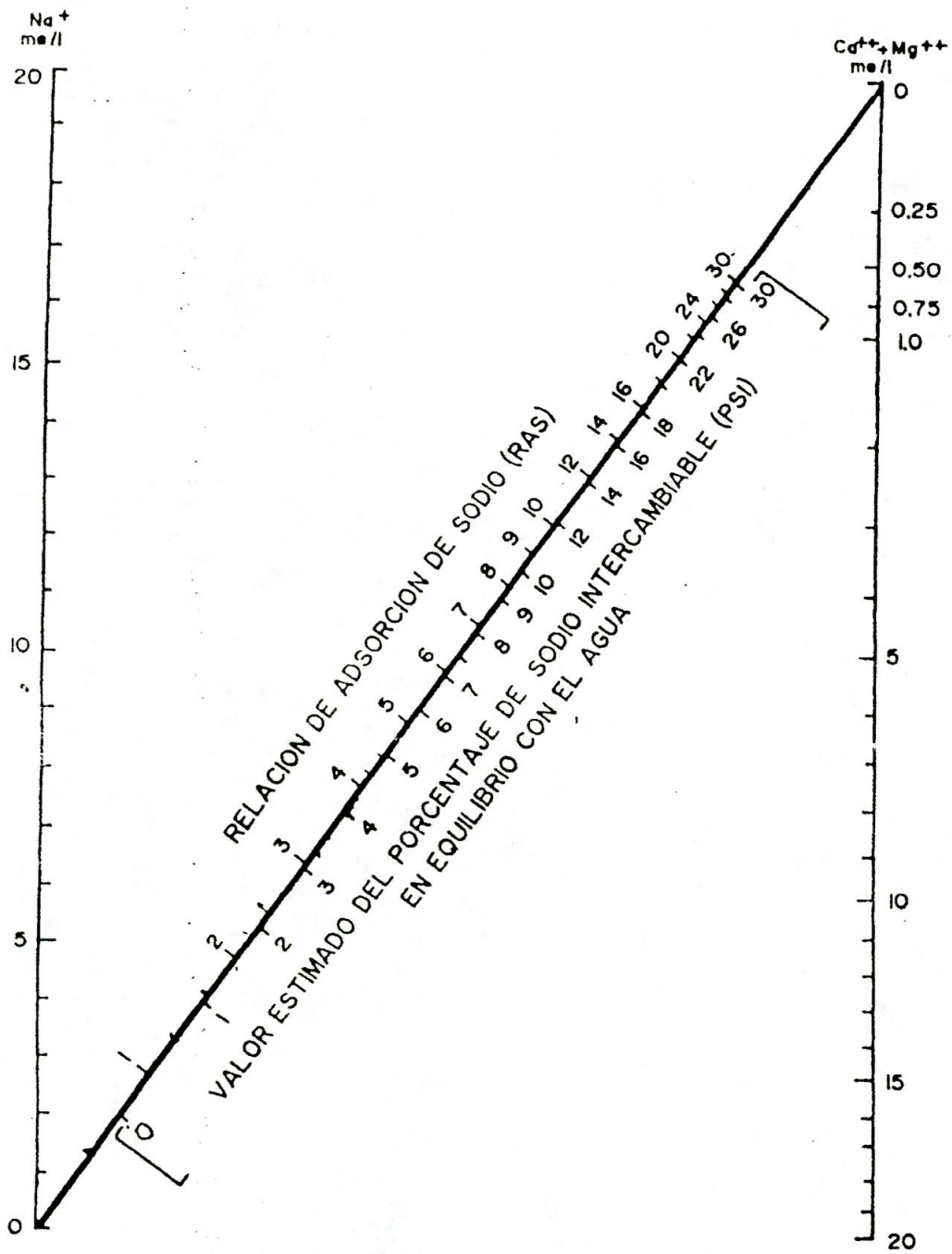
Tabla 12

Ion	Inexistentes	Crecientes	Graves
Na (meq/l)	< 3	3 - 9	> 9
Cl (meq/l)	< 4	4 - 10	> 10
B (mg/l) ppm.	<0,7	0,7 -2,0	> 2,0

Fuente : Pizarro 1990.

1.6 PROBLEMAS EN LAS AGUAS DE RIEGO

1.6.1 Problemas de Salinidad. Según Ayers y Westcot (1987) Las aguas de riego contienen una mezcla de sales de origen natural. Consecuentemente los suelos regados con esas aguas contienen una mezcla similar pero generalmente a concentraciones más elevadas que en el agua de riego. La magnitud de la acumulación de sales en el suelo depende de la calidad del agua, del manejo del riego mismo y de la eficiencia del drenaje. Para prevenir las pérdidas de rendimientos, que ocasiona la acumulación excesiva de sales, estas tienen que ser mantenidas a una concentración inferior a aquella que afectaría el rendimiento de los cultivos.



Nomograma para determinar el RAS de las aguas de riego y para estimar el valor correspondiente del PSI del suelo en equilibrio con el agua (Richards 1954).

En su mayoría, las aguas de riego son de buena a excelente calidad y no presentan impedimentos serios en cuanto a salinidad. A medida que la calidad del agua empeora, el control de la salinidad se hace mas difícil. Por lo tanto, a medida que la salinidad aumenta, se debe tomar mayor cuidado en lixiviar las sales de la zona radicular, ante que alcancen concentraciones peligrosas y provoquen pérdidas en los rendimientos. Se debe considerar además la utilización de cultivos tolerantes a la salinidad prevista para la zona radicular (7).

Las sales son agregadas a la zona radicular del suelo junto con las aguas de riego y su concentración aumenta a medida que los cultivos consumen por evapotranspiración gran parte del agua almacenada, quedando todas las sales en el volumen remanente de agua del suelo, cada vez más pequeño. Estas sales pueden llegar a reducir los rendimientos cuando alcanzan concentraciones peligrosas para los cultivos (27).

Con cada riego se añaden más sales y para evitar su excesiva acumulación en la zona radicular, una parte debe ser eliminada por lexicivación con una determinada cantidad de agua (34).

Efectos de la salinidad en los cultivos : El objeto principal del riego es proporcionar a los cultivos, en el momento oportuno, la cantidad de agua necesaria para su óptimo crecimiento y así evitar la disminución de los rendimientos, provocados por la falta de agua durante las etapas de desarrollo sensibles a la escasez de la misma. Con los riegos, sin embargo, las sales contenidas en el agua se acumulan en la zona radicular, disminuyendo la disponibilidad del agua y acelerando su escasez. (4).

Las plantas extraen el agua del suelo cuando las fuerzas de imbibición de los tejidos de las raíces son superiores a las fuerzas de retención del agua ejercida por el suelo. A medida que es extraída el agua del suelo, las fuerzas que retienen el agua restante se hacen mayores. Cuando el agua del suelo es retenida con una fuerza superior a las fuerzas de extracción, se inicia un estado de escasez en la planta.

La presencia de sales en la solución del suelo hace que aumenten las fuerzas de retención por su efecto de ósmosis y, por lo tanto, la magnitud del problema de escasez de agua en la planta. Por ejemplo, si dos suelos idénticos y con el mismo contenido de agua, difieren únicamente en que uno está exento de sales y el otro no, la planta extraerá y consumirá más agua del suelo sin sales que del otro. En general se puede decir que debido a la afinidad de las sales por el agua, las plantas tienen que ejercer una mayor fuerza de imbibición para extraer del suelo una unidad de agua con sales, que para extraer otra relativamente exenta de ellas (4).

La energía requerida para absorber agua de una solución de suelo salina, es adicional a la energía requerida para absorber agua de una solución de suelo sin ellas. Este efecto acumulativo, hace que la disponibilidad de agua para el cultivo disminuya a medida que la salinidad aumenta. Por ello, los efectos de salinidad y los de sequía son prácticamente homólogos y provocan un estado de escasez de agua en la planta y reducción de su crecimiento. Sin embargo, los efectos consecuentes, tales como paralización del crecimiento, daños en las hojas y necrosis, o heridas en los tejidos, aparecen después que los cultivos han estado expuestos a condiciones de alta salinidad por un tiempo prolongado (5).

Las fuerzas de absorción de las plantas actúan a través de toda la profundidad radicular y extraen el agua de donde se encuentre más fácilmente disponible (lugares de menor resistencia a la absorción o de mayor potencial). Por lo general la menor resistencia a la absorción se encuentra en la parte superior de la zona radicular. Esta parte es la más frecuentemente mojada por las lluvias o por los riegos y por ella pasa una mayor cantidad de agua, siendo mejor lixiviada y menos afectada por la salinidad, que las partes más profundas (28).

Según Ayers (4) cuando la parte superior de la zona radicular está bien abastecida de agua, la salinidad de la parte inferior es menos importante. Sin embargo, esta salinidad llega a ser crítica cuando el cultivo debe extraer, de la parte inferior de la zona radicular, una parte significativa de sus requerimientos hídricos, sobre todo si en la parte final de un intervalo largo entre riegos se presentan períodos de alta demanda de agua, como en días calurosos y con vientos secos. Además, si el periodo de déficit de agua es lo suficientemente prolongado, pueden producirse daños y pérdidas de rendimientos en la mayoría de los cultivos.

La salinidad reduce la disponibilidad del agua en forma similar para todos los tipos de plantas; sin embargo, no todos los cultivos son igualmente afectados por el mismo nivel de salinidad. Algunos cultivos producen rendimientos aceptables a niveles altos de salinidad y otros son sensibles a niveles relativamente bajos. Esta deficiencia se debe a la mejor capacidad de adaptación osmótica que tienen algunos cultivos, los que les permite absorber, bajo condiciones de salinidad, una mayor cantidad de agua. Esta capacidad de adaptación es



muy útil y permite la selección de cultivos más tolerantes y capaces de producir rendimientos económicamente aceptables, cuando no se puede mantener la salinidad del suelo al nivel de tolerancia de las plantas que se cultivan.

La tolerancia a la salinidad de algunos cultivos puede alcanzar valores ente 8 a 10 veces la tolerancia de otros. La amplitud de esta tolerancia relativa, permite un mayor uso de las aguas, de salinidad moderada y aumenta el rango aceptable de las aguas salinas consideradas adecuadas para el riego.

En la tabla 13 se presentan agrupados los cultivos de acuerdo a la tolerancia relativa a la salinidad.

Tabla 13

TOLERANCIA DE ALGUNOS CULTIVOS A LA SALINIDAD

TOLERANTES		MODERADAMENTE TOLERANTES	
<u>Cultivos de fibra, semilla o azúcar</u>		<u>Cultivos forrajeros y ramas</u>	
Algodón	<u>Gossypium hirsutum</u>	Trebol de cuernos	<u>Lotus corniculatos</u>
Cebada	<u>Hordeum vulgare</u>	Loto común	<u>Arvenis sp</u>
Jojoba	<u>Simmondaia chinensis</u>	Trigo forrajero	<u>Triticum aestivum</u>
Remolacha azucarera	<u>Beta vulgaris</u>		
<u>Hortalizas</u>		<u>Hortalizas</u>	
Esparrago	<u>Asparrugus officinalis</u>	Alcachofa	<u>Helianthus tuberosus</u>
		Vetarraga	<u>Beta vulgaris</u>
		Calabaza, zapatillo italiano	<u>Cucurbita pepo</u>
<u>Cultivos frutales</u>		<u>Cultivos frutales</u>	
Palma datil	<u>Phoenix dactylera</u>	Piña	<u>Ananas comosus</u>
		Granado	<u>Punica granatus</u>
		Higuera	<u>Ficus carica</u>
		Olivo	<u>Olea europea</u>
		Papaya	<u>Carica papaya</u>

MODERADAMENTE SENSIBLES		SENSIBLES	
Cultivos de fibra, semilla o azúcar		Cultivos de fibra, semilla o azúcar	
Arroz	<u>Oriza sativa</u>	Ajonjolí	<u>Sesamun indicum</u>
Caña de azúcar	<u>Saccharum officinarum</u>	Frijoles	<u>Phaseolus vulgaris</u>
Girasol	<u>Heliantus annuus</u>	Guayule	<u>Parthenium sp</u>
Habas	<u>Vicia faba</u>		
Maíz	<u>Zea mays</u>		
Maní	<u>Arachis hypogaea</u>		
Hortalizas		Hortalizas	
Apio	<u>Apium graveolens</u>	Cebolla	<u>Allium cepa</u>
Batatas, Camote	<u>Ipomoea batatas</u>	Frijol	<u>Phaseolus vulgaris</u>
Berengena	<u>Solanum melongena</u>	Zanahoria	<u>Daucus carota</u>
Brócoli	<u>Brassica oleracea botrytis</u>		
Calabaza	<u>Cucurbita pepo</u>	Cultivos Frutales	
Col de Bruselas	<u>B. oleracea gemifera</u>	Aguacate	<u>Persea americana</u>
Repollo	<u>B. oleracea capitata</u>	Albaricoquero	<u>Prunus armeniaca</u>
Coliflor	<u>B. oleracea botrytis</u>	Almendro	<u>Prunus dulcis</u>
Colinabo	<u>B. oleracea gongylode</u>	Cerezo	<u>Prunus besseyi</u>
Espinaca	<u>Spinacea oleracea</u>	Guinda	<u>Prunus avium</u>
Lechuga	<u>Latuca Maya</u>	Chirimoya	<u>Anona chirimola</u>
Maíz	<u>Zea mayz</u>	Ciruelos	<u>Prunus domestica</u>
Melón	<u>Cucumis melo</u>	Fresa	<u>Fragaria sp</u>
Nabo	<u>Brassica rapa</u>	Lima	<u>Citrus limon</u>
Papas	<u>Solanum tuberosum</u>	Mandarina	<u>Citrus reticulata</u>
Pepino	<u>Cucumis satibus</u>	Mango	<u>Mangifera indica</u>
Pimiento, Aji	<u>Capasicum annum</u>	Manzano	<u>Malus sylvestris</u>
Rábano	<u>Raphanus sativus</u>	Mclocotonero	<u>Prunus persica</u>
Sandía	<u>Citrus lanatus</u>	Naranja	<u>Citrus sinensis</u>
Tomate	<u>Lycopersicum esculentum</u>	Níspero	<u>Eriobotrya Japonica</u>
		Peral	<u>Pyrus communis</u>
		Pomelo	<u>Citrus maxima</u>
		Toronja	<u>Citrus paridisi</u>
Cultivos Frutales			
Vid	<u>Vitis sp</u>		

Fuente : Maas 1984

1.6.2 Problemas de Toxicidad. El problema de toxicidad según Pizarro (1990) es diferente al de salinidad. La toxicidad es un problema que ocurre internamente en la planta y no es provocada por la falta de agua. La toxicidad normalmente resulta cuando ciertos cationes, absorbidos por la planta con el agua del suelo, se acumulan en las hojas durante la transpiración en cantidades suficientes como para provocar daños a las plantas. Los daños

pueden reducir significativamente los rendimientos y su magnitud depende del tiempo, concentración de los iones, sensibilidad de las plantas y el uso de agua por los cultivos. Los iones tóxicos contenidos comúnmente en las aguas de riego son el Cloro, el Sodio y el Boro, y los daños pueden ser provocados individualmente o en combinación.

Los iones Sodio y Cloro pueden, además ser absorbidos directamente a través de las hojas cuando estas se mojan durante el riego por aspersión y, sobre todo, durante periodos de altas temperaturas y baja humedad. La absorción foliar acelera la velocidad de acumulación del ión tóxico en la planta y es, muchas veces, la fuente principal de toxicidad (13).

- **Cloro.** La toxicidad más frecuente es la provocada por el Cloro, contenido en el agua de riego. El Cloro no es retenido ni absorbido por las partículas del suelo, por lo cual se desplaza fácilmente con el agua del suelo, siendo así absorbido por las raíces y traslocado a las hojas en donde se acumula por la transpiración. Si su concentración excede la tolerancia de la planta, se producen daños con sus síntomas característicos, como necrosis o quemaduras en las hojas. Normalmente los daños se presentan en las puntas de las hojas, lo que es característico de su toxicidad para luego desplazarse, a medida que progresa la toxicidad, a lo largo de los bordes. Una necrosis excesiva va acompañada generalmente por una defoliación temprana. En cultivos sensibles, estos síntomas se manifiestan cuando se alcanzan concentraciones de 0,3 a 1,0% de Cloro, con base en el peso seco de las hojas. La sensibilidad de estos cultivos varía; por ejemplo, los frutales comienzan a mostrar síntomas de daño con concentraciones por encima de 0,7 % de Cloro en base seca.

La absorción del Cloro en los cultivos regados depende no solamente de la calidad del agua, sino también de la capacidad de la planta para excluir el Cloro y del contenido de Cloro en el suelo, el cual se controla con la lixiviación.

La tolerancia al Cloro no está bien documentada como la tolerancia de los cultivos a la salinidad. La Tabla 14 da para ciertos cultivos, los valores de tolerancia al cloro, medidos en el extracto de saturación y en el agua.

- **Sodio.** Según Pearsón (1960) y Abrol (1982), la toxicidad del sodio es más difícil de diagnosticar que la del Cloro, pero ha sido identificada claramente como resultado de una alta proporción de Sodio en el agua (alto Sodio o RAS). En contraste con los síntomas de toxicidad del Cloro, la cual aparece inicialmente en el ápice de las hojas, los síntomas típicos del sodio aparecen en forma de quemadura o necrosis a lo largo de los bordes de las mismas. Las concentraciones de Sodio en las hojas alcanzan niveles tóxicos después de varios días o semanas. Los síntomas aparecen primero en las hojas más viejas y en sus bordes y, a medida que se intensifica, la necrosis se desplaza progresivamente en el área intervenal, hacia el centro de las hojas.

Entre los muchos cultivos sensibles se encuentran los frutales de hojas caducas, los cítricos, los frutales de nueces, los aguacates y los frijoles. Para los cultivos arbóreos, el nivel tóxico se encuentra en concentraciones superiores a 0,25 a 0,50% de Sodio en base seca.

Tabla 14

TOLERANCIA AL CLORO DE ALGUNOS PATRONES Y FRUTALES

Cultivo	Variedad o Patrón Patrón	Máximo nivel permisible de Cloro	
		En zona radicular (Clx. me/l)	En el riego Cla. me/l
Aguacate, palto (Persea americana)	Guatemalan	6.0	4.0
	Mexican	5.0	3.3
Cítricos (Citrus spp.)	Mandarina Cleopatra	25.0	16.6
	Lima Ranphur		
	Mandarina Sunki		
	Tangelo Sanpson Lemon Rugoso Naranja agria Mandarina Poncan	15.0	10.0
Vid (vitis spp.)	Citurelo 4475	10.0	6.7
	Naranja Trifoliada		
	Naranja dulce		
	Troyer Citrange		
Frutales de hueso (Prunus spp.)	Naranja Trifoliada	10.0	6.7
	Naranja dulce		
	Troyer Citrange		
Zarzamoras (rubus spp.)	Mariana	25.0	17.0
	Lovell, Shalin	10.0	6.7
	Yunnan	7.5	5.0
Fresa, frutilla (Fragaria spp.)	Variedad		
	Boysamberry	10.0	6.7
	Indiam summer	5.0	3.3
Fresa, frutilla (Fragaria spp.)	Lassen	7.5	5.0
	Shasta	5.0	3.3

Fuente : Maas 1984

Se suelen utilizar los análisis foliares para confirmar o controlar la toxicidad del Sodio, pero para un mejor diagnóstico, estos análisis deben ir acompañados de análisis del suelo y del agua.

A menudo la toxicidad del Sodio es afectada por la disponibilidad del Calcio en el suelo. En lo que respecta a unos cuantos cultivos anuales, la toxicidad manifestada se debe más a una deficiencia de Calcio que a problemas tóxicos causados por ion Sodio para comprobar esto, los cultivos deben responder a las aplicaciones de Calcio, utilizando yeso o Nitrato de Calcio (27).

La Tabla 15, clasifica la tolerancia de varios cultivos, utilizando tres niveles de porcentaje de Sodio intercambiables (PSI).

Debido a que los efectos aparentes de la toxicidad del Sodio pueden ser producidos por una mala infiltración, las evaluaciones de su toxicidad potencial, o del RAS, deben efectuarse con sumo cuidado. Si la infiltración es adecuada, solamente los cultivos más sensibles de la tabla 15 sufren reducciones en su rendimiento como consecuencia del Sodio.

Los cultivos más tolerantes se desarrollan bastante bien con una buena infiltración y estructura del suelo y, por lo general, toleran valores más altos de PSI, cuando se mantiene estas condiciones de estructura y aireación, como en el caso de los suelos de textura gruesa.

Tabla 15

TOLERANCIA DE ALGUNOS CULTIVOS AL SODIO INTERCAMBIABLE

Sensibles PSI < 15	Semitolerantes 15 < PSI < 40	Tolerantes PSI > 40
Palto, aguacate (<i>Person americana</i>)	Zanahoria (<i>Daucus carota</i>)	Alfalfa (<i>Modicago sativa</i>)
Frutas caducifolias	Trébol ladino (<i>Trifolium repens</i>)	Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)
Nueces	Pasto miel, gramalote (<i>Paspulm dilatatum</i>)	Betarraga hormonal (<i>Beta vulgaris</i>)
Frijoles (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Fetisca alta (<i>Fostuca arundinacea</i>)	Remolacha azucarera (<i>Beta vulgaris</i>)
Algodón (germinación) (<i>Gossypium hirsutum</i>)	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	Gramma de Bermuda (<i>Cynodon dactylon</i>)
Maiz (<i>Zea mays</i>)	Mijo (<i>Pennisetum tephoides</i>)	Algodón (<i>Gossypium hirsutum</i>)
Guisante, arveja (<i>Pisum sativum</i>)	Caña de Azucar (<i>Saccharum officinarum</i>)	Capín, hierba de Pará (<i>Brachiaria mutica</i>)
Pomelo (<i>Citrus paradisi</i>)	Bersim, trébol de Alejandria (<i>Trifolium alexandrinum</i>)	Gramma Rhodes (<i>Cloris guyana</i>)
Naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	Meliloto, trébol dulce (<i>Melilotus parviflora</i>)	Agropiro crestado (<i>Agropyron oristatum</i>)
Melocotonero, durazno (<i>Prunus persica</i>)	Mostaza (<i>Brassica juncea</i>)	Agropiro alargado (<i>Agropyron elongatum</i>)
Mandarina (<i>Citus reticulata</i>)	Avena (<i>Avena sativa</i>)	Gramma kamal (<i>Diplachna fusca</i>)
Frijol chino (<i>Phaseolus aurus</i>)	Rábano (<i>Raphanus sativus</i>)	
Lentejas (<i>Lens culinaris</i>)	Arroz (<i>Oriza sativa</i>)	
Maní, cacahuete (<i>Archis hypogea</i>)	Centeno (<i>Secale cereale</i>)	
Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>)	Gramma de centeno (<i>Lolium multiflorum</i>)	
Caupíes (<i>Vigna sinensis</i>)	Sorgo (<i>Soghum vulgare</i>)	
	Espinaca (<i>Spinacia oleracea</i>)	
	Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	
	Veza (<i>Vicia sativa</i>)	
	Trigo (<i>Triticum vulgare</i>)	

Fuente.: FAO- UNESCO (1973), Pearson (1960) y Abrol (1982)

- **Boro.** El Boro es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas. El Sodio por lo contrario no es esencial, mientras que el Cloro lo es en cantidades tan pequeñas que a menudo es clasificado como no esencial (23).

El Boro es necesario en cantidades pequeñas y se vuelve tóxico cuando sobrepasa estos niveles. Para algunos cultivos por ejemplo, si el nivel esencial de Boro en el agua es de 0,2 mg/l, las concentraciones entre 1 a 2 mg/l son tóxicas. Las aguas superficiales rara vez contienen niveles tóxicos de Boro, pero los brotes de agua y las aguas de pozos pueden contener concentraciones tóxicas, principalmente en las cercanías de fallas y áreas geotérmicas (32).

Según Ayers y Westcot (4) los problemas de toxicidad se producen más frecuentemente a causa del Boro contenido en el agua, que del Boro del suelo. Los síntomas aparecen generalmente en las hojas más viejas como manchas amarillas y secas en los ápices y bordes de las mismas. A medida que el Boro se acumula, los síntomas se extienden por las áreas intervenales hacia el centro de las hojas. Cuando hay arboles que no muestran síntomas en las hojas, como el Almendro, y que se hallen gravemente afectados, se observa en ellos una exudación gomosa en las ramas y en el tronco.

Los síntomas de toxicidad en la mayoría de los cultivos aparecen cuando la concentración foliar excede 250 a 300 mg de Boro por kilogramo de materia seca. Los frutales de hueso (Duraznero, Ciruelo, Almendro, etc.), y algunas pomáceas (Manzano, Peral, y otros), por ejemplo no acumulan suficiente Boro en las hojas como para que el análisis foliar permita

obtener un diagnóstico confiable. En estos casos hay que confirmar la toxicidad mediante análisis del agua y del suelo, así como por medio de observaciones de los síntomas y de las características del crecimiento vegetativo.

La mayor parte de las tablas de tolerancia se basan en los experimentos realizados por Eaton (1944), utilizando técnicas de cultivo en arena. Estas tablas reflejan la tolerancia con las cuales aparecen los primeros síntomas de toxicidad y, dependiendo del cultivo abarcan de una a tres campañas de riego. Los datos originales de los experimentos de Eaton y los datos de otras muchas fuentes, han sido revisados recientemente por Maas (1984); La tabla 16 incluye esta revisión. Esta tabla no se basa en los síntomas de toxicidad, sino en la reducción de los rendimientos que provocaría una concentración de Boro en exceso de la indicada.

Tabla 16

TOLERANCIA RELATIVA AL BORO DE ALGUNOS CULTIVOS

Muy Sensibles (<0.5 mg/l)		Moderadamente Sensibles (1.0 - 2.0 mg/l)	
Limonero	Citrus limon	Pimiento , aji	Capsicum annum
Zarzamora	Rubus spp.	Guisante, arveja	Pisun sativa
		Rabanito	Raphanus sativus
<u>Sensibles (0,5-0,75 mg/l).</u>		Papas, patatas	Solanum tuberosum
		Pepino	Cucumis sativus
Aguacate	Persea americana		
Pomelo, toronja	Citrus x paradisi		
Naranja	Citrus sinensis		
Albaricoquero	Prunus armeniaca		
Melocotonero	Prunus persica		
Cerezo			

Fuente : Maas 1984

1.6.3 pH Anormal. Si según FAO 1987 El pH es un índice que caracteriza el grado de acidez, o basicidad, de un medio. En el caso de las aguas de riego, el pH normal está entre 6,5 y 8,4. Las aguas con pH anormal pueden crear desequilibrios de nutrición o contener iones tóxicos.

Las aguas de baja salinidad ($E_{ca} < 0,2$ mmhos/cm), tienen algunas veces valores de pH fuera de lo normal. Esto únicamente indica la posibilidad de un desequilibrio de iones y la necesidad de realizar un análisis químico completo, para establecer su causa. Estas aguas originan pocos problemas en los suelos, pero pueden corroer rápidamente los componentes metálicos como tuberías, aspersores, medidores, etc.

Los cambios en el pH del suelo, ocasionados por el agua, son bastante lentos. Un pH adverso puede ser corregido mediante la aplicación de enmiendas en el agua, pero esto muy rara vez resulta práctico, por lo cual se prefiere el tratamiento directo del pH del suelo.

La caliza se utiliza comúnmente para corregir un pH bajo del suelo, mientras que, para tratar un pH alto se utiliza el Azufre u otras sustancias ácidas. El yeso, por otro lado, tiene muy poco efecto en controlar un problema de acidez en el suelo, pero es eficaz para reducir un pH mayor de 8,5 causado por un alto contenido de sodio intercambiable.

El mayor peligro de las aguas con valores anormales de pH está en la deterioración del equipo de riego, el cual debe ser cuidadosamente seleccionado para regar con estas aguas.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 MATERIALES

2.1.1 Generalidades. La zona bananera del departamento del Magdalena está constituida por la región plana de los municipios de Ciénaga, Aracataca y Fundación. Limita al Norte con el Municipio de Santa Marta, al Sur con el Río Fundación, el Este con las estribaciones occidentales de la Sierra Nevada de Santa Marta, y al Occidente con la Ciénaga Grande de Santa Marta.

Presenta un relieve plano con precipitaciones de unos 1200 mm. anuales aproximadamente, que varía de Ciénaga a Sevilla aumentado en ese sentido. Una temperatura promedio de 30° C. y humedad relativa del 80%, por su topografía, por la calidad de sus tierras y por su abastecimiento de aguas para riego, es considerada como la zona potencialmente agraria de mayor interés del clima tropical de Colombia.

2.1.2 Localización y Extensión. La Zona Bananera está localizada en la parte Noroccidental del departamento del Magdalena, comprende porciones de los municipios de Ciénaga, Aracataca y Fundación. Está enmarcada entre las coordenadas geográficas siguientes:

74° 24' y 74° 27' Longitud Oeste

10° 22' y 11° 01' Latitud Norte.

En la actualidad existen unas 10.000 hectáreas sembradas con banano lo que representa solo un 20% de la capacidad total que tiene la zona.

2.1.3 Población. La población de la zona bananera del Magdalena según el censo de población y vivienda estimado por el DANE para el año de 1.997 se estima en 40.776 habitantes .

Sin embargo, cabe anotar que hoy debido a la difícil situación socio - económica y de orden público son muchas las familias que se han desplazado desde la zona bananera hacia la parte urbana, es así como pueblos rurales enteros tales como Santa Rosalía, el Salón entre otros son hoy día unos pueblos fantasmas.

2.1.4 Hidrografía. Las condiciones hidrográficas de la zona bananera del Magdalena hoy día, es realmente deprimente pues hace tan solo 20 años existían en esta área más de 30 fuentes superficiales de agua aproximadamente entre ríos y quebradas. Hoy apenas un 30% de estas fuentes se encuentran "activas", entre las cuales podemos resaltar: Río Toribio o Papare, Río Córdoba, Quebrada Mateo, Río Sevilla, Río Frío, Tucurínca, Aracataca, Río Fundación y Quebrada la Aguja; aunque esta última permanece la mayor parte del año totalmente seca debido a la escasez de lluvia que se presenta actualmente en la cabecera de dicha fuente.

A través del año se presenta variación notable en el caudal. Los caudales mínimos se presentan en los meses de Diciembre a Marzo, y los máximos en Septiembre, Octubre y Noviembre. En los meses de sequía no es posible regar las tierras de los cultivos y se presentan serios problemas entre los usuarios. Se necesita el suministro de agua de otras fuentes para sostener los cultivos, siendo las fuentes subterráneas el recurso primordial en la zona. Razón por la cual la gran mayoría de propietarios de tierras han tenido que recurrir a la construcción de pozos profundos para ser utilizados como recurso hídrico principal.

El agua es un recurso que cada vez se hace más escaso, si no se le da un uso racional y adecuado; y si no se empiezan a tomar medidas de protección de las cuencas de dichos ríos, en el futuro no solo faltará agua para regar los cultivos sino que esta se convertirá en el "privilegio" de unos pocos dentro de la población. ✓

2.1.5 Formaciones Vegetales. La zona bananera del Magdalena se encuentra ubicada en la Costa Atlántica y en los pies de la Sierra Nevada. En la parte plana de la Sierra Nevada, se presentan las siguientes formaciones vegetales:

Bosque muy seco trópic (b.ms-t)

Bosque seco trópic (b s - t)

En las zonas más altas, en general se conserva parte del bosque nativo, que ejerce funciones de protección de aguas y suelos. En la parte media se presenta los cultivos de café y otros de subsistencia. En la parte baja la mayor parte del bosque nativo ha desaparecido por completo debido a la tala indiscriminada que durante la época de los colonos, de la bonanza

marimbera y aún hoy día se sigue presentando en esta zona. Esto constituye una de las principales causas de que en un alto porcentaje hayan desaparecido las fuentes superficiales que antes abastecían a la zona bananera.

A continuación se presenta un listado de algunas especies que se encuentran en la Zona Bananera :

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Campano	<u>Albicia saman</u> (Jacq.)
Trupillo	<u>Prosopis juliflora</u> (s.w.)
Verdolaga	<u>Portulca oleracea</u> L.
Perrito	<u>Tribulus cistoides</u> L.
Pato estrella	<u>Cynodon nlemfuensis</u>
Paja Guinea	<u>Panicum maximum</u> (Jacq.)
Bledo	<u>Amaranthus dubius</u> Mart
Caracolí	<u>Anacardium excelsum</u>
Bonga	<u>Ceiba pentandra</u> L.
Pringamosa	<u>Cnidoscolus urems</u> L.
Meloncillo	<u>Cucumis</u> s.p
Guarumo	<u>Cecropia peltata</u>
Falsa caminadora	<u>Rottboellia cochinchensis</u>
Guasimo	<u>Guazuma ulmifolia</u>
Mata ratón	<u>Gliricida sepium</u> (Jacq.)
Caña flecha	<u>Gynerium sagittatum</u>

2.1.6 Clima. Según Koppen (17) la Zona Bananera del Magdalena, posee un tipo de clima Aw (Clima de sabana tropical), que se caracteriza por tener un período seco y uno de lluvia zenitales.

La cantidad de lluvia anual aumenta de Norte a Sur y de Occidente a Oriente; mientras en Pueblo Viejo, al Suroeste de Ciénaga, la lluvia es de 660 mm., en Aracataca llega hasta los 1560 mm. de precipitación promedio anual. En el área plana hay un periodo seco que dura desde Diciembre hasta mediados de Abril, y en la zona de pie de monte hasta el mes de Marzo; la temperatura promedio anual del área plana es de 35°C, en la Sierra la temperatura disminuye en función de la altura, llegando registrarse temperatura por debajo de los 5° C, aproximadamente.

2.2 METODOS

2.2.1 División del área. Para la realización del presente estudio se dividió a la zona bananera en transeptos o zonas así: Zona 1 (La Aguja- Reposo), Zona 2 (Río frio) y Zona 3 (Sevilla).

Posteriormente se seleccionaron las fincas que se muestrearán, teniendo en cuenta que estas utilizan pozos profundos, para el riego y que se encuentran ubicadas cercanas a las partes Oriental (alta), Central (media) y Occidental (baja) de los ríos que se seleccionaron.

Las fincas seleccionados fueron: En la Zona 1, la Reserva, Santa Mónica y los Mangos ubicadas en la margen derecha de la Quebrada la Aguja. En la zona 2, La Paola, La Solita y Ana Elvira que se encuentran a la margen izquierda del río Río frio. En el 3^{er} transecto se mostraron las fincas . San Francisco, C.I. Caribia y Vijagual I. ubicadas en la parte derecha del río Sevilla.

Todas estas fincas se encuentran dedicadas a la explotación del cultivo del banano (Musa-sapiens), excepto Ana Elvira en Río frío que en la actualidad está sembrada de mango (manguijera indica) y del C.I. Caribia en donde se encuentran dedicados al estudio de diversos frutales.

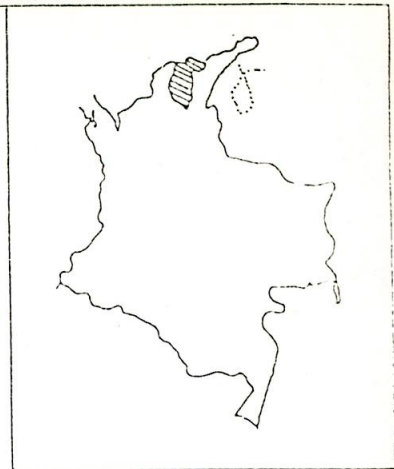
Igualmente se tomaron muestras en las partes: alta, media y baja de los ríos: Río frío, Sevilla y Tucurín. Este último sustituyó a la Quebrada la Aguja por encontrarse ésta totalmente seca a causa del fuerte verano que sacudió a esta zona antes y durante la realización de este trabajo de investigación.

2.2.2 Técnica de muestreo. Para obtener las muestras en cada una de las fincas seleccionadas, se hizo bombear agua de los pozos profundos durante unas 4 horas aproximadamente; tiempo en el cual se procedió a tomar varias submuestras, las cuales inicialmente se recolectaron en un recipiente plástico y posteriormente se depositaron en un frasco de vidrio llenándolo hasta el tope, obteniendo así una muestra de 1 lt, para remover e impedir la acumulación de aire, cada frasco fue llenado hasta el tope y herméticamente sellado para ello se recubrió la boca del frasco con teflón.

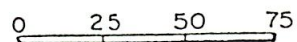
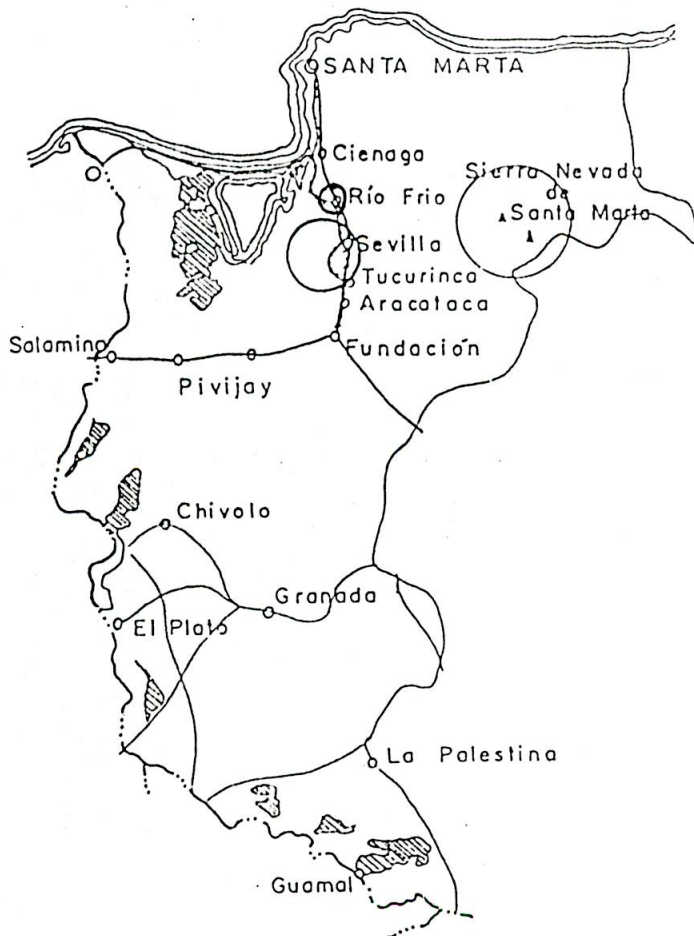
Las muestras en los ríos fueron tomadas teniendo en cuenta aspectos importantes como la de tomarlas en aguas corrientes a una profundidad media, procurando además que no se introdujera demasiado sedimento o sucios en las muestras.



AGUAS SUBTERRANEAS LTDA
CONSULTORIA INTERVENTORIA



DEPARTAMENTO
DEL
MAGDALENA



ESCALA GRAFICA

FUENTE: COLPOSOS S. A.

Cada muestra fue marcada con un rotulo que contenía la siguiente información : fecha del muestreo, localidad, fuente de agua, entidad o finca, cultivos y características de los suelos a regar.

Estas muestras se guardaron en una nevera y luego fueron llevadas hasta el laboratorio de suelos y agua del Centro de Investigación CORPOICA Motilonia en Codazzi (César) en donde se realizaron los análisis químicos requeridos para determinar la caracterización y posterior clasificación de las aguas usadas para riego en la Zona Bananera del Magdalena.

2.2.3 Métodos de laboratorio. A cada una de las muestras se le hicieron análisis para determinar: pH, CE, contenido de sólidos disueltos, Calcio, Magnesio, sodio, Potasio, Carbonatos, Bicarbonatos, Sulfatos, Cloruros, Nitratos, Carbonato-Sódico residual, RAS.

Son distintas las técnicas existentes para hacer las anteriores determinaciones, cada una tiene sus propias ventajas y limitaciones; los diferentes laboratorios de análisis escogen aquellos que conduzcan a un mayor valor diagnóstico. Las técnicas utilizadas en este trabajo, debido a que consumen poca cantidad de muestra y tiene un alto valor diagnóstico, fueron aquellas usadas por el laboratorio de análisis de suelos y aguas del centro de investigaciones Motilonia en Codazzi (César) y son:

a. pH: con un potenciómetro provisto de electrodo de vidrio y en equilibrio con el gas Carbónico de la atmósfera.

- b. C.E. utilizando un equipo de lectura directa (conductímetro).
- c. Sólidos Disueltos: por evaporación o sequedad de una alicuota.
- d. Calcio y Magnesio: con el método del Verseno: Titulación con etilendiaminotetra Acetato de Na (EDTA).
- e. Sodio y Potasio: por absorción Atómica.
- f. Carbonatos y Bicarbonato: Por titulación con ácido sulfúrico, en presencia de los indicadores fenolftaleína y metil naranja respectivamente.
- g. Sulfatos: Por el método gravimétrico: precipitación con Cloruro de Bario.
- h. Cloruros: Por titulación con Nitrato de Plata, en presencia del indicador Dicromato de Potasio.
- i. Boro: La concentración de Boro en las muestras se determina por el método colorimétrico.

Una vez obtenidas las anteriores determinaciones se utilizó el sistema del United State Salinity Laboratory Staff (9) para clasificación de aguas, descrito en el capítulo anterior.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para tener un conocimiento más preciso de como la calidad de las aguas analizadas puede afectar al suelo y a los cultivos establecidos, y puesto que la tendencia actual de evaluación de la calidad del agua, para riego evita el uso de clasificaciones rígidas, hemos decidido tratar y comparar cada zona o transecto. en forma elástica y particular.

3.1. COMPARACION DE LOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE AGUA PARA RIEGO DENTRO DE LOS TRANCEPTOS O ZONAS MUESTREADAS

Se compararon los resultados de los análisis de agua para riego de las muestras tomadas en las partes alta, media, y baja de los ríos y en los pozos de las diferentes fincas, ubicadas dentro de una misma zona o transectos así se obtuvo los siguientes resultados:

ZONA 1. (La Aguja) Ver tabla 17

a. Río Tucurínca:

pH: Se encuentra dentro de los rangos normales para las aguas de riego, sin embargo, se nota un ligero aumento que va desde la parte alta o parte Oriental con (7,4) hacia la parte

baja o parte Occidental en donde alcanza un valor de (7,8) considerándose este último como ligeramente alcalino.

CE : Se registran valores bajos (0,05 - 0,06) lo que significa que estas aguas no representan ningún peligro de salinidad al ser utilizadas para riego.

Sólidos totales: Se presenta aumento desde la parte alta con 80 mg/l. hacia la parte baja del río con 320 mg/l. pero dichos valores son considerados como bajos dentro del rango de valores para las aguas de riego.

Cationes : el mayor contenido de Na. y Mg se presenta en la parte media alcanzando apenas 0,87 y 0.4 meq/l. Todos los valores de los cationes se presentan dentro de los rangos normales para agua de riego.

Aniones : No se registra la presencia de Nitratos en las muestras obtenidas, el valor más alto de Bicarbonato se presenta en la parte media con 0,75 meq/l. los niveles de Sulfatos y Cloruros son bajos (0.25 y 0.18 meq/l.) respectivamente.

RAS : Se presenta con niveles bajos en las tres partes del río, alcanzando el mayor valor en la parte media con 1,50 meq/l. Valor este que se encuentra dentro de los normales para aguas de riego.

CSR: Al igual que la RAS también registra niveles bajos, siendo el mayor el de la parte alta con 0,36 meq/l.

Toxicidad: Los niveles de B, Na y Cl son bajos lo que indica que no existe riesgo de toxicidad aun para cultivos sensibles.

Sales: Las sales que se presentan son Bicarbonato de Sodio y bicarbonato de Calcio, dichas sales no representan ningún peligro pues sus concentraciones son demasiado bajas.

Clasificación : Según el estudio realizado y siguiendo los parámetros del Laboratorio de Salinidad de los E.E.U.U. (9), el agua del río Tucurínca se registra como clase C1- S1 ó agua de baja salinidad y baja en Sodio, lo cual indica que puede ser usada bajo riego en cualquier suelo y en la mayoría de los cultivos con muy poca probabilidad de que se desarrollen problemas de salinidad y/o sodicidad.

b. Pozos : (La Reserva, Santa. Mónica y los Mangos)

pH : Está dentro de los rangos o parámetros normales para aguas de riegos, se registra un aumento de la finca La Reserva con (6,8) hacia la Santa Mónica (7,8) y luego baja un poco en la parte Occidental (7,6) en la finca Los Mangos.

CE : Se presenta ligeramente alta con 0,69 mmhos/cm en la finca La Reserva y luego disminuye en la finca Los Mangos (0,17 mmhos/cm). Sin embargo estos valores están dentro de los valores normales en aguas de riego.

Sólidos Totales: El mayor valor se registra en la Finca La Reserva con 480 mg/l, presentándose una disminución hacia la parte occidental o sea en la finca Los Mangos en donde solo se presentan unos 40mg/l.

Cationes : El mayor contenido de Ca y Na se presenta en la finca La Reserva con (5,5 meq/l) y 0,93 meq/l) respectivamente, mientras que el menor contenido de Ca. y Na se registra en la finca Los Mangos con (0,9 y 0,56 meq/l) estos valores están dentro de los valores normales en aguas de riego.

Aniones : Los valores de los aniones son bajos y se encuentran dentro de los normales, el mayor contenido de HCO_3 se presenta en la Finca Santa Mónica con 3,2 meq/l.

RAS : Se presentan bajos, y dentro de los valores normales para el agua de riego siendo el mayor el de la finca la reserva con 0,53.

C.S.R.: Sólo se presentó la presencia de Carbonato Sódico residual en la finca los Mangos con valor de 0.45

TABLA 17

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE AGUA PARA RIEGO EN EL TRANCEPTO No. 1 (AGUJA)

NOMBRE	FUENTE	CODIGO	PH	CE	SOLIDOS	BORO	CATIONES meq/l					ANIONES meq/l					RAS	C.S.R meq/l	CLASE	
				mmhos/cm	DISUELT		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	k ⁺	Total cationes	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	CL ⁻	NO ₃ ⁻				Total Aniones
				a 25 °C	MG/L	ppm														
R. TUCURINCA	Superficial	1	7.4	0.05	80	0.11	0.3	0.20	0.18	0.04	0.72	0.0	0.65	0.0	0.1	0.0	0.75	0.36	0.15	C ₁ - S ₁
R. TUCURINCA	Superficial	2	7.4	0.05	280	0.16	0.3	0.40	0.87	0.05	1.62	0.42	0.75	0.25	0.18	0.0	1.60	1.50	0.47	C ₁ - S ₁
R. TUCURINCA	Superficial	3	7.8	0.06	320	0.09	0.4	0.02	0.23	0.07	0.72	0.0	0.5	0.1	0.1	0.0	0.70	0.50	0.08	C ₁ - S ₁

CODIGO : 1. PARTE ORIENTAL (P. ALTA)
 2. PARTE CENTRAL (P. MEDIA)
 3. PARTE OCCIDENTAL (P. BAJA)

CONTINUACION TABLA 17

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE AGUA PARA RIEGO EN EL TRANCEPTO No. 1 (AGUJA)

NOMBRE	FUENTE	CODIGO	PH	CE mmhos/cm a 25 °C	SOLIDOS DISUELT. MGL	BORO ppm	CATIONES meq/l					ANIONES meq/l					RAS	C.S.R	CLASE	
							Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	k ⁺	Total cationes	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	CL ⁻	NO ₃ ⁻				Total Aniones
LA RESERVA	Subterranea	1	6.8	0.69	480	0.2	5.5	0.6	0.93	0.08	7.11	1.05	2.9	1.20	1.48	0.2	6.83	0.53	0.00	C ₂ - S ₁
STA. MONICA	Subterranea	2	7.8	0.40	240	0.14	3.8	1.2	0.81	0.07	5.88	0.40	3.2	1.60	0.5	0.1	5.80	0.51	0.00	C ₂ - S ₁
LOS MANGOS	Subterranea	3	7.6	0.17	40	0.07	0.9	0.5	0.56	0.05	2.0	0.5	1.35	0.0	0.1	0.0	1.95	0.36	0.45	C ₁ - S ₁

Toxicidad : No existen problemas de toxicidad, en ninguna de las muestras, pues los valores de B, Cl y Na se registran bajos, siendo: 0,2 ppm , 1,48 y 0,93 meq/l. Los valores más altos para estos iones respectivamente.

Sales : La sal que se presenta en las aguas de estas fincas es Bicarbonato de Calcio.

Clasificación: Las aguas de los pozos en las fincas La Reserva y Santa Mónica se encuentran clasificadas como C2 S1; es decir, aguas de salinidad media y baja en Sodio lo cual puede usarse siempre y cuando exista una lixiviación adecuada. En casi todos los cultivos y suelos.

ZONA 2 Ríofrío . Ver tabla 18

a. Ríofrío

pH: Se presenta ligeramente alcalino en las partes alta y media del río (7,9) y luego disminuye su valor en la parte baja del mismo con (7,7).

C.E.: Es baja en todas las partes se nota una disminución hacia la Ciénaga, La parte media registra menor valor con 0,07 mmhos/cm y la parte alta el mayor valor con 0,41 mmhos/cm.

Sólidos Disueltos : Los valores son bajos y se registran dentro de los niveles normales para aguas de riego.

Cationes : El mayor contenido de Ca, Mg, Na y K se registra en la parte alta del río con valores de (3,1; 1,2; 0,92; 0,08 meq/l), respectivamente. Existe una tendencia a disminuir hacia la parte Occidental alcanzado estos cationes valores de (0,4; 0,04; 0,22 y 0,02 respectivamente.

Aniones : No se presentan CO_3 , los SO_4 y NO_3 solo se presentan en la parte oriental o alta del río , el Cl, disminuye a medida que se acerca a la Ciénaga.

RAS : Baja en todas las partes, su mayor valor es de 0,47 meq/l.

CSR: Se registran niveles bajos en todas las partes del río.

Toxicidad: Los niveles de B, Na y Cl se presentan bajos en todas las partes.

Sales : Las sales dominantes son Sulfatos de Calcio y Bicarbonato de Calcio, los valores que registran estas sales son bajos y no representan peligro para su uso como agua de riego.

Clasificación: La parte alta se registra como agua de clase C2 - S1, mientras que las partes media y baja se registran según (staff de Laboratory de Salinidad de USA) como C1- S1.

b. Pozos (La Paola , La Solita y Ana Elvira)

pH: Se presenta ligeramente alcalino en las fincas La Paola y La Solita (7,9) sin embargo todos los valores están dentro del rango normal de pH para aguas de riego.

C.E: El menor valor de 0,33 mmhos/cm en la finca La Solita y el mayor valor corresponde al alcanzado en la finca Ana Elvira con 1.02 mmhos/cm. Este valor indica que se pueden presentar problemas de salinidad si no se toman medidas necesarias.

Sólidos disueltos: Se presenta un aumento desde la parte alta y media con 240 hacia la parte baja en la finca Ana Elvira con 640 mg/l.

Cationes: Ana Elvira es la Finca que registra el mayor contenido de Ca. con 6,2 meq/l. y de Na. con 2,10 meq/l.

Aniones: Ana Elvira registra el mayor contenido de HCO_3 con 4,1 y de Cl con 3.5 valores aunque un poco altos se encuentran dentro de los rangos normales para agua de riego.

RAS: Se nota un ligero aumento hacia la parte occidental es decir en la finca Ana Elvira con 1,2 meq/l.

C.S.R.: No se registra la presencia de C.S.R. en ninguna de las fincas muestreadas.

TABLA 18

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE AGUA PARA RIEGO EN EL TRANCEPTO No. 2 (RIO FRIO)

NOMBRE	FUENTE	CODIGO	PH	CE mmhos/cm a 25 °C	SOLIDOS DISUELT MG/L	BORO ppm	CATIONES meq/l					ANIONES meq/l					RAS	C.S.R	CLASE	
							Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	k ⁺	Total cationes	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	CL ⁻	NO ₃ ⁻				Total Aniones
RIO FRIO	Superficial	1	7.9	0.41	240	0.13	3.1	1.21	0.92	0.08	5.3	0.12	0.60	4.00	0.40	0.10	5.22	0.32	0.00	C ₂ - S ₁
RIO FRIO	Superficial	2	7.9	0.07	40	0.15	0.4	0.10	0.16	0.04	0.7	0.0	0.6	0.0	0.1	0.0	0.7	0.32	0.10	C ₁ - S ₁
RIO FRIO	Superficial	3	7.7	0.10	80	0.10	0.4	0.04	0.22	0.02	0.68	0.0	0.60	0.0	0.11	0.0	0.71	0.47	0.16	C ₁ - S ₁

CONTINUACION TABLA 18

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE AGUA PARA RIEGO EN EL TRANCEPTO No. 2 (RIOFRIO)

NOMBRE	FUENTE	CODIGO	PH	CE mmhos/cm a 25 °C	SOLIDOS DISUELT MG/L	BORO ppm	CATIONES meq/l					ANIONES meq/l						RAS	C.S.R	CLASE
							Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	k ⁺	Total cationes	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	CL ⁻	NO ₃ ⁻	Total Aniones			
LA PAOLA	Superficial	1	7.9	0.41	240	0.13	3.1	1.21	0.92	0.08	5.3	0.12	0.60	4.00	0.4	0.10	5.22	0.32	0.00	C ₂ - S ₁
LA SOLITA	Subterranea	2	7.9	0.33	240	0.14	2.0	0.73	0.5	0.02	3.25	0.51	2.10	0.10	0.30	0.10	3.11	0.42	0.00	C ₂ - S ₁
ANA ELVIRA	Subterranea	3	7.7	1.02	640	0.24	6.2	0.04	2.10	0.02	8.36	0.30	4.10	0.10	3.50	0.10	8.10	1.2	0.00	C ₂ - S ₁

Clase: las aguas de las fincas La Paola y La Solita se registran como C2 - S1 Aguas de salinidad media y baja en Sodio, mientras que la finca Ana Elvira registra un agua como C3 - S1 (agua de salinidad alta y baja en Sodio) esto indica que no debe emplearse en suelos con drenaje deficiente. Aun con uno adecuado puede requerirse prácticas especiales de control de la salinidad, hay que sembrar cultivos medianamente tolerantes a las sales.

Sales: Bicarbonato de Calcio en las tres fincas.

ZONA 3 (Sevilla) Ver tabla 19

a. Río Sevilla

pH. Se encuentra dentro de los rangos normales para agua de riego. Los valores son bajos (7.2 en la parte alta y media) y de 7.3 en la parte baja.

C.E. : Se presenta baja en todas las partes sin embargo existe un ligero incremento hacia la parte baja, con valores que van desde 0.06 hasta 0.11 mmhos/cm.

Sólidos Disueltos : Niveles bajos (40 mg/l) en las partes bajas y altas y de 160 en la parte media.

Cationes. El Calcio y el Sodio aumentan desde la parte alta hacia la parte baja (de 0.29 a 0.42 y de 0.26 a 0.29 meq/l), aumenta cada uno de los iones respectivamente.

Aniones : No se registran Carbonatos, Sulfatos ni Nitratos en ninguna de las partes del río.

El valor más alto de Bicarbonato se presenta en la parte media con 0.72 meq/l.

RAS : Valores bajos siendo mayor el alcanzado en la parte alta con un valor 0.59.

CSR. Niveles bajos que se encuentran dentro del rango de valores normales para agua de riego.

Sales : La sal que se presentó predominante fue Bicarbonato de Calcio.

Clase : Se presenta la clase C1 - S1 agua de baja salinidad y baja en Sodio en todas las partes del río Sevilla.

b. Pozos (San Francisco, C.I. Caribia y Vijagual I)

pH : Ligeramente alcalino presenta un valor de 7,4 en las fincas San Francisco y Vijagual I ; y de 7,2 en C.I. Caribia.

CE : Se registra con valores de 0,38 ; 0,48 y 0,41 mmhos/cm en las fincas San Francisco, Vijagual I y Caribia. Valores bajos que se encuentran dentro del rango de aguas normales para riego.

Sólidos disueltos: No existe una tendencia definida pues se presenta un valor alto (560 mg/l en la finca San Francisco, disminuye en C.I. Caribia (3,20 mg/l) y luego aumenta (360 mg/l) en Vijagual I.

Cationes : El mayor contenido de Ca se presenta en la finca San Francisco con 2,3 me/l, mientras que el mayor contenido de Na se registra en la finca Vijagual I con 2,2 meq/l. Todos los valores de los iones se encuentran o corresponden a niveles bajos.

Aniones : No se presentan NO_3 , se registra un valor mayor de HCO_3 con 2,47 meq/l en la finca San Francisco, disminuye en Vijagual I con 2,2 meq/l. Sin embargo todos los valores corresponden niveles bajos.

RAS : Valores bajos, en todas las fincas siendo el mayor el alcanzado en Vijagual I, con 2,55 meq/l.

C.S.R. : Niveles muy bajos que se encuentran dentro de los normales para las aguas de riego.

Sales : En las fincas San Francisco y C.I. Caribia predomina el bicarbonato de Ca, mientras que Vijagual I se presenta el Bicarbonato de Na.

TABLA 19

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE AGUA PARA RIEGO EN EL TRANCEPTO No. 3 (SEVILLA)

NOMBRE	FUENTE	CODIGO	PH	CE mmhos/cm a 25 °C	SOLIDOS DISUELT. MG/L	BORO ppm	CATIONES meq/l					ANIONES meq/l					RAS	C.S.R	CLASE	
							Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	k ⁺	Total cationes	CO ₃ ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁺	CL ⁻	NO ₃ ⁻				Total Aniones
R. SEVILLA	Superficial	1	7.2	0.06	40	0.16	0.29	0.13	0.26	0.06	0.74	0.0	0.6	0.0	0.1	0.0	0.7	0.57	0.16	C ₁ - S ₁
R. SEVILLA	Superficial	2	7.2	0.10	160	0.20	0.33	0.15	0.26	0.06	0.80	0.0	0.72	0.0	0.10	0.0	0.82	0.53	0.24	C ₁ - S ₁
R. SEVILLA	Superficial	3	7.3	0.11	40	0.23	0.42	0.06	0.29	0.02	0.79	0.0	0.68	0.0	0.10	0.0	0.78	0.59	0.20	C ₁ - S ₁

CONTINUACION TABLA 19

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE AGUA PARA RIEGO EN EL TRANCEPTO No. 3 (SEVILLA)

NOMBRE	FUENTE	CODIGO	PH	CE mmhos/cm a 25 °C	SOLIDOS DISUELT MGL	BORO ppm	CATIONES meq/l					ANIONES meq/l					RAS	C.S.R	CLASE	
							Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	k ⁺	Total cationes	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	CL ⁻	NO ₃ ⁻				Total Aniones
SN. FCO	Subterranea	1	7.4	0.48	560	0.17	2.3	0.49	0.66	0.04	3.49	0.90	2.47	0.00	0.20	0.00	3.57	0.56	0.60	C ₂ - S ₁
C.I. CARIB	Subterranea	2	7.2	0.21	320	0.20	1.7	0.98	1.43	0.04	4.15	0.50	2.40	1.20	0.10	0.00	4.20	1.23	0.22	C ₁ - S ₁
VIJAGUALI	Subterranea	3	7.4	0.48	360	0.34	1.4	0.09	2.20	0.05	3.47	0.30	2.20	0.00	1.30	0.00	3.80	2.55	1.00	C ₂ - S ₁

Clase : La finca San Francisco y Vijagual I se registra como aguas de clase C2 -S1, mientras que el C.I. Caribia, presenta un agua de clase C1 - S1.

En términos generales y de acuerdo a los resultados anteriormente comparados, las aguas para riego en la Zona Bananera del Departamento del Magdalena, no presentan problemas de salinidad; ya que la CE más elevada se presentó en la zona 2 (Río frio) en la finca Ana Elvira con un valor de 1,02 mmhos/cm a 25°C; la cual presentó además el mayor contenido de Calcio, Bicarbonato y Cloruro con 6,2 ; 4,1 y 3,5 meq/l respectivamente tal como se observa en la tabla 18.

Los valores más altos de sodio y del RAS se registran en la finca Vijagual I, con 2,2 meq/l y 2,55 respectivamente (véase tabla 19).

En la parte alta del río Río frio, se registró el mayor contenido de Magnesio, Potasio y Sulfato con 1,21 ; 0,08 y 4,0 meq/l, respectivamente. Mientras que en las fincas la Reserva y San Francisco se registraron el mayor contenido de Carbonatos (1,05 meq/l) tablas 17 y 18.

El ión Boro se registró con mayor nivel en la finca Vijagual I (0,34 p.p.m) lo que no representa ningún peligro de toxicidad por registrarse este valor demasiado bajo y dentro de los parámetros normales para aguas de riego (4).

El carbonato de sodio residual (C.S.R.) es otro factor que permite evaluar las aguas para riego; todas las muestras analizadas se encuentran por debajo de 2,5 meq/l, valor del límite

superior según datos de Pizarro (1985), lo cual indica que no existe ninguna tendencia a que el Calcio y el Magnesio se precipiten como carbonatos y que puedan reducir así las cantidades solubles de Calcio y Magnesio y elevar por consiguiente la RAS (21).

Ayers y Westcot (1976) establecen que para las aguas de riego los valores de la CE van desde $<0,75$ mmhos/cm hasta $>3,0$ mmhos/cm. Valor éste, en donde pueden presentarse problemas serios de salinidad.

Maas (1984) sostiene que la relación entre la salinidad del agua de riego y la del agua del suelo es $C_{ea} \times 1.5 = CE$.

Según Pizarro (1990) la CE de la solución real del suelo es el doble de la del extracto de saturación y triple de la del agua de riego.

Según Martínez (1986), las propiedades de los suelos que intervienen en la relación de la salinidad y el contenido de Sodio del agua de riego con los correspondientes del suelo, son la capacidad de intercambio catiónico, la retención de humedad que depende de la textura y de la profundidad efectiva del perfil, de la mineralogía de las arcillas y del contenido de sales ligeramente solubles como lo son los carbonatos y sulfatos de Calcio.

Según sean las características de estas propiedades así será su riesgo de salinización y/o sodificación, al emplear aguas de determinada calidad.

De acuerdo con el procedimiento del United State Salinity Laboratory Staff (9) las aguas analizadas se clasifican como : C1-S1 la de los río Tucurinca, Sevilla y Riofrio; la de las fincas Los Mangos, San Francisco y C.I. CORPOICA. C2- S1 las aguas de los pozos de : La Reserva, Santa Mónica, la Solita, La Paola, Vijagual I. y río Riofrio (parte alta). C3- S1 el agua del pozo de al finca Ana Elvira la cual se presenta como **Altamente Salina**, por lo que no debe emplearse en suelos cuyo drenaje sea deficiente; ya que aún, con un drenaje adecuado puede requerirse prácticas especiales e control e la salinidad, debiéndose, por lo tanto, seleccionar aquellas especies muy tolerantes. (ver tabla 18).

La composición del agua está sujeta a cambios con el tiempo, y la calidad de las aguas superficiales o subterráneos es el resultado de las condiciones geológicas, hidrobiológicas, biológicas y del medio en que se encuentra. Generalmente los cambios en la calidad del agua superficial son más pronunciados y rápidos que en las aguas subterráneas. Al clasificar aguas para riego en la mayoría de las ocasiones se supone que van a usarse bajo condiciones medias, con respecto a características como textura del suelo, la velocidad de infiltración, el drenaje, la cantidad de agua usada, el clima y la tolerancia del cultivo a las sales.

Del examen de los resultados puede observarse que las fuentes superficiales tienden a aumentar la concentración de sales solubles desde la parte Oriental o parte alta hacia la parte Occidental o baja, esto debido posiblemente al arrastre de sales que las aguas de irrigación efectúan en su trayectoria a través de las fincas.

En cuanto a las fuentes profundas o pozos subterráneos no existe una tendencia generalizada, esto debido a que cada pozo presenta su fuente o corriente subterránea en forma particular.

Los análisis de laboratorio que se realizaron para el presente estudio, indican que las aguas del área estudiada no presentan problemas de salinidad, alcalinidad, toxicidad, debido a que encajan perfectamente dentro de los rangos que los diferentes autores han propuesto para su clasificación.

4. CONCLUSIONES

6

1. En General, de acuerdo con los análisis químicos y conductímetros, las aguas utilizadas para riego en la Zona Bananera del Departamento del Magdalena, incluidas en el presente estudio, son aptas para el riego en casi cualquier tipo de suelo, con muy poca probabilidad de que se desarrolle salinidad.
2. El agua del pozo de la finca Ana Elvira ubicada en el distrito No. 2 (Riófrio) presenta un valor medio en la conductividad eléctrica (1,02 mmhos/cm) por lo que se recomienda realizar análisis de suelo y foliares para tomar así las medidas necesarias que permitan reducir en mínimo el riesgo de salinidad.
3. El problema de sodicidad no se manifiesta en ninguna de las aguas analizadas.
4. No se registraron problemas de toxicidad causados por los iones de Cloro, Sodio y Boro en ninguna de las fuentes. Exceptuando el agua de la finca Ana Elvira, la cual registró un contenido de Cloro de 3,5 meq/l, la que la clasifica como agua condicionada, por lo tanto se recomienda no utilizarla para cultivos sensibles al ión Cloro, ni bajo sistema de riego por aspersión.

5. Para tener un conocimiento preciso de como esta aguas cuando se usan en el riego, pueden causar problemas ya sea de tipo salino, sódico o tóxico se hace necesario realizar otros estudios que incluyan las relaciones agua - suelo - planta de acuerdo con las condiciones concretas de la Zona Bananera del departamento del Magdalena.

RESUMEN

1

El presente trabajo de investigación corresponde al estudio realizado sobre la calidad de las aguas usadas para riego en la zona Bananera, ubicada en la parte Nor-Oriental del departamento del Magdalena (Colombia); presenta un clima cálido con una temperatura media anual de 33 °C, lluvias anuales que alcanzan los 1200 mm aproximadamente y que caen principalmente entre Mayo y Noviembre ; presenta además suelos de textura franco-arenosa, permeables, profundos y que actualmente se encuentran dedicados al cultivo del Banano (Musaa sapiens).

Para realizar el estudio se tomaron muestras de 1 Lt de agua. Se dividió a la zona en transeptos o distritos, de tal forma que se pudieran tomar muestras de las partes alta, media y baja de los ríos Tucurínca, Sevilla y RioFrio. Así como a fincas ubicadas cerca a estas partes. En total se tomaron 18 muestras, a cada una de las cuales se les hizo los análisis químicos necesarios para determinar su calidad, tales como conductividad eléctrica. pH, contenido de aniones y cationes, Boro y RAS.

Con base en el estudio realizado y de acuerdo con el procedimiento establecido por el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos, las aguas de la Zona Bananera se clasifican como: C1-S1 (agua de baja salinidad y baja en Sodio), la de los ríos Tucurínca, Sevilla y Riofrio ; así como la de las fincas Los Mangos, San Francisco y C.I. CORPOICA.

C2-S1 (agua de salinidad media y baja en Sodio), las aguas de las fincas la reserva, Santa Mónica, La Paola, La Solita y Vijagual I.

C3-S1 (Agua altamente salina y baja en Sodio) el agua de la Finca Ana Elvira. Con base en los análisis químicos. Las aguas usadas para riego en la zona bananera no presentan problemas de salinidad. El valor más alto de la conductividad eléctrica (1,02 mmhos/cm) se presentó en la Finca Ana Elvira, la cual además presentó los mayores niveles de Calcio, bicarbonato cloruro con 6,2 ; 4,1 y 3,5 meq/l. respectivamente. Dichas aguas no registran riesgo de causar daños en la estructura del suelo por cuanto todos los valores del RAS ad se encuentran dentro de los rangos normales. Tampoco se presentaron problemas de fitotoxicidad causadas por los iones de Sodio, Cloro y Boro.

Las anteriores consideraciones se basan únicamente en los análisis químicos, realizados a las aguas muestreadas lo cual para muchos investigadores no es información suficiente para determinar el riesgo de salinidad y sodicidad de estas aguas, debido a que existen, relaciones muy complejas entre el agua - suelo y la planta y que dichas relaciones dependen en gran medida de las características propias de cada zona.

SUMMARY

2

This investigation corresponds to the study of water's quality used for irrigation at banana's zone, located in the north-eastern of magdalenas department (Colombia); presents a climate warm with a temperature of an annual average of 33°C. Rains annual that reach approximate to the 1200 mm, and that fall mainly between May and November, besides presents soils of texture clear sandy, permeable, deep actually they are dedicated to the bananos cultivation (Musa sapiens).

To realize this investigation we take several patterns of one liter of water. We divided the zone in district or region such as that we would take patterns of high part, median part and low part of Tucurinca, Sevilla and Riofrio rivers. Thus like in farms located near this zone. Totaly we took 18 patterns, everyone of this was made a quimical analysis necessarys to determine the quality of anions and cations, boron and RAS.

Supporting in the investigation realized and according to the process established for the laboratory of salinity of the United States the clasifications of bananas zone is : C1- S1 (water with low salinity and low in sodium) in Tucurinca, Sevilla and Riofrio rivers; thus like the farms "the Mangos, San Francisco and C.I CORPOICA.

C2- S1 (Water with intermediary salinity and low in Sodium) in the farms the Reserva, Santa Monica, the Solita and Vijagual I.

C3 -S1 (Water high salinity and low in sodium) in the farm "Ana Elvira".

Supporting in the quimical analisis, the water used to irrigate in Banana's Zone doesn't present any problems of salinity.

The highly value of electrical conductivity (1.02 mmhos/cm) was present in Ana Elvira farm's where also we find the highly levels of calcium , bicarbonate and chlorine with (6.2 ; 4,1 and 3,5 meq/l.) respectively. This water doesn't register danger to cause damage in the soil's structure, because all the values of RASad are inside of the normals position. Neither we find phytotoxinily's problems caused by ions of sodium, chlorine and boron.

The last considerations supporting only in the quimical analysis realized in the paterns of water. For to many investigators the re isn't enough information to determine the darger of salinity and of sodicity in this water, because there are relations very complex between water and soil and the plant. And this relations depend on great measure of the own's characteristic's of every zone.

GLOSARIO

AGUAS DEL SUELO: Lámina de agua contenida en la zona radicular, la cual satisface parcial o totalmente las necesidades hídricas de las plantas.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA: La propiedad de una substancia de conducir una carga eléctrica. la conductividad eléctrica del extracto de saturación (E_{cx}) es la transmisión de electricidad a través del extracto a 25 °C, obtenido de una pasta de suelo, utilizada para medir su contenido de sales se expresa en mmhos/cm.

CARBONATO DE SODIO RESIDUAL: Valor que indica la peligrosidad del Sodio como resultado de una pérdida de los iones calcio y magnesio debido a su reacción con los iones carbonatos y bicarbonatos.

CLOROSIS: Amarillamiento o descolorización de las partes verdes de las plantas, especialmente de las hojas, producida por enfermedades, deficiencia nutricional u otros factores.

EFFECTO OSMOTICO: Efecto de las sales que hacen que se requiera mayor energía para extraer una unidad de masa de agua de una solución salina, en comparación con el agua pura. La presencia de sales en el agua del suelo aumenta la energía requerida por las plantas para extraer agua del suelo.

EVAPOTRANSPIRACION: Cantidad de agua por unidad de tiempo, evaporada hacia la atmósfera por la transpiración de las plantas y la evaporación del agua del Follaje y del suelo.

PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE (PSI): Grado de saturación con Sodio del complejo de intercambio del suelo.

POTENCIAL OSMOTICO: Energía adicional requerida para extraer una unidad de masa de agua de una solución salina, en comparación a la energía requerida para extraer una unidad de masa de agua pura.

RELACION DE ABSORCION DE SODIO (RAS): Valor que expresa la actividad relativa del ion Sodio contenido en las aguas de riego o en los extractos del suelo, en las reacciones de intercambio con el suelo.

RIEGO LOCALIZADO: Método de riego que moja el suelo en la base de las plantas. Término general que abarca sistemas como el riego por gotas, microaspersión, el riego por goteo, microaspersión, el riego por borbotones y otros.

SOLUCION DEL SUELO: La solución acuosa contenida en los pozos del suelo bajo una determinada tensión y en equilibrio químico con el suelo.

TOXICIDAD DE IONES ESPECIFICIOS: Cualquier efecto adverso de uno de los constituyentes de las sales del substrato sobre el crecimiento de las plantas, que no sea producido por las propiedades osmóticas del substrato.

TRASNPIRACION: Cantidad de agua transferida de las plantas a la atmósfera por unidad de tiempo y controlada por los procesos físicos y biológicos.

ZONA RADICULAR: Volumen de suelo del cual las raíces de las plantas extraen el agua y los nutrientes necesarios para su normal desarrollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

7

1. ABRIL, I.P. Technology of chemical, physical and biological amelioration of deteriorated soils. Presented al Panel of Experts on Amelioration and Development of deteriorated soils in Egypt. 2-6 May 1982, Cairo.
2. ARIAS, H.A. drenaje de Tierras, Universidad del Valle, Cali 1991.
3. AVIDAN, A. Calidad de agua para riego. Curso internacional de riego portegeeo con énfasis en fertirrigación y automatización, universidad Nacional, Bogotá, 1990.
4. AYERS, R.S. y WESCOT, D.W. La calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO: Riego y drenaje No 29 Roma, 1987.
5. BELTRAN, J.M. Drainage and reclamation of salt-affected Soils, Bardenas Area, Spain Publication 24, International Institutor Land Reclamation and Improvement (ILRI), wageningen, Netherland, 1978.
6. DEL VILLAR, E.H. Los suelos de la península Ibérica. Madrid, 1937.
7. DONNEN, L.D y WESCOT, D.W. Práctica del riego y odenación de aguas. Estudio FAO: Riego y drenaje N° 1 Rev. Roma 1984.

8. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS (USDA). El agua su aprovechamiento en la agricultura, editorial Herreros. Méjico, 1955.
9. ----- Suelos salinos y sódicos, laboratorio de salinidad de los E.E.U.U., editorial Limusa. Méjico, 1980.
10. FAO. Prognosis of salinity and alkalinity. FAO soils Builletin No. 31 FAO, ROMA 1976.
11. GARCIA, O.A. Determinación de la salinidad del suelo en: El análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Manual de asistencia técnica No. 47, ICA. Bogotá 1989.
12. ----- Nutrición de la caña de azúcar en los suelos afectados por sales en Resumen del VIII congreso de la ciencia del suelo, 2-5 de octubre. Santa Marta, 1996.
13. GUZMAN, R.N. Calidad de agua para riego Interpretación y uso, CORPOICA, Santa Marta 1994.
14. GRANDE, L.R. Las marismas de Guadalquivir. Drenaje subterráneo como medio de saneamiento de suelos salinos y alcalinos. Ministerio de Agricultura, IRYDA, Madrid 1988.
15. GRIMALDI, A. Agronomía, editorial Aedo. Barcelona, 1969.

16. KAIRUZ, C.G. Muestreo de agua para riego, curso sobre el cultivo del algodón en charla del 24 de mayo. Espinal (Tolima) 1985.
17. KOVDA, V. Tolerance of plants to minerals in solution in irrigation water and soils. En IV Congreso de riegos y drenajes. Madrid 1960.
18. MAAS, E.V. Salt tolerance of plants. In The hand book of plant Science in Agriculture. Por B.R. Christie Ed. Boca Raton, Florida 1984.
19. ----- y HOFFMA, G.J. Crop Salt tolerance- current assessment. Irrigation and drainage division, ASCE, 1977.
20. MAGISTAD, O.C. y CHRISTIANSEN, J.E. Suelos salinos, Departamento de Agricultura de los E.U. Washington 1944.
21. MARTINEZ, B.J. Drenaje Agrícola- Volumen I, editorial Cerdet Madrid 1986.
22. MERCADO, A.E. Calidad de agua para riego, en: Sistemas de riego. Memorias del curso dictado en Apartadó 25-30 mayo agosto, 1987.
23. MONOMEROS COLOMBO-VENEZOLANOS S.A. Fertilización de cultivos de clima cálido, gráficas aguilera. Bogotá 1984.
24. PEARSON, G.A. Tolerance of crops to exchangeable sodium U.S.D.A. information Bulletin No. 216 1960.

25. PIZARRO, C.F. drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos, ed. agrícola española Madrid. 1985.
26. ----- Riegos localizados de alta frecuencia (R.L.A.F.) goteo, microaspersión, exduación de mundiprensa 2ª de Madrid, 1990.
27. RAMIREZ, V.A. caracterización de los suelos salinos y sódicos y calidad de agua para riego, ICA. Palmira, 1977.
28. RHOADES, J.D. New Strategy for using saline waters for irrigation. In: water Today and Tommorow. Proc speciality conference at flagataff, Arizona 1984.
29. RICHARDS, L.A. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos U.S.D.A. manual No. 60 Washington D.C. 1954 Trad Sanchez, D,N. Méjico D.F. 1980.
30. SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE (SENA). Riegos y drenajes, collección básica SENA 1982.
31. STATE OF QATAR. Analysis of irrigation water, wadi el Araig, South Qatar. Water Laboratory, water Departament State of Qatar, 1982.
32. SUAREZ, J.G. Calidad de agua para riego en Manual de riego y drenaje, ICA Bogotá, 1986.

33. TONCEL. G. Calidad de agua para riego en la zona bananera del Magdalena. Tesis de grado para optar título de Ingeniero Agrónomo, Universidad del Magdalena, Santa Marta. 1970.
34. UNESCO UNDP Research and training on irrigation with saline water. Technical report of UNDP proyecto : Turisia 5. 1970.
35. UNIVERSITY OF CALIFORNIA COMMITTEE OF CONSULTANS. Guidelines for interpretation of water quality for agriculture. University of California, Davis, 1974.
36. WEABER, J.E. y CLEAMENTS, F.E. Ecología vegetal. Buenos Aires 1944.
37. WESCOT, D.W. Condiciones de la salinidad y el anegamiento en el sistema de riego No. 1 en Cochabamba. Proyecto UNDP/FAO/BOL FAO, Roma 1979.
38. WINTER, E.J. El agua, el suelo y la planta, editorial diana Méjico 1981.

