

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL PARA
RIEGO EN GUATEMALA

Tesis

Presentado a la Honorable Junta Directiva de la Facultad de
Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por

LEONARDO CONTRERAS RALDA

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, julio de 2009-

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

LICENCIADO ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL I:	Ing. Agr. Waldemar Nufío Reyes
VOCAL II:	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabría
VOCAL III:	MSc: Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL IV:	Br. Rigoberto Morales Ventura
VOCAL V:	Br. Miguel Amado Salazar Donis
SECRETARIO:	MSc. Edwin Enrique Cano Morales

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Marco A. Dardón S.
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Waldemar Nufío R.
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Aníbal Martínez V.
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rodolfo Albizurez P.

Guatemala julio 2009

Guatemala, julio 2009

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos De Guatemala

Distinguidos miembros

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración de ustedes el trabajo de tesis titulado.

“ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL PARA RIEGO EN GUATEMALA”

Presentado como requisito previo para optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado.

Esperando que la presente investigación llene los requisitos necesarios para su aprobación, me suscribo de ustedes cordialmente.


Leonardo Contreras Ralda
Carné 78-01139.

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por su infinita misericordia.

MIS PADRES. Calixto Contreras González (QEPD)
María Elvira Ralda (A SU MEMORIA)

MIS HIJOS: Luisa Fernanda, Elvira Irene
Eva Senaida, Cindy Yessenia y
Leonardo Isaac Contreras Milián

MIS HERMANOS. Abilia Concepción, Maria Herlinda
Miguel Ángel, Guilfredo Medardo
Oswaldo y Bella Angélica (Flores sobre
sus tumbas)

MIS SOBRINOS Éxitos en su vida.

MIS AMIGOS Mi amistad sincera.

COMPÑEROS DE TRABAJO: Gracias por su amistad-

A TODA MI FAMILIA EN GENERAL

AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS todo poderoso

Mi patria Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio
Por su excelente asesoría y paciencia para que el
Presente trabajo de tesis fuera una realidad.

Ing. Agr. Joaquín Antonio Gaitán Ajá.
Por su acertada asesoría y amistad.

Ing. Q. Mario E. Braeuner R. por sus enseñanzas
para el trabajo de laboratorio.

Ing. Agr- José Rolando Tobar Herrera
Por su colaboración y apoyo que en su momento me
brindó para que el presente trabajo fuera una realidad.

Ing. Agr. José Daniel Tistoj Chan.
Por su apoyo para la culminación del presente trabajo.

PLAN DE ACCION PARA LA MODERNIZACION
Y FOMENTO DE LA AGRICULTURA BAJO
RIEGO –PLAMAR-

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera
contribuyeron para que este trabajo se llevará a cabo.

Índice de cuadros	iii
Índice de figuras.....	iv
RESUMEN.....	v
1. Introducción.....	1
2- JUSTIFICACION	3
3 Marco Teórico	4
3.1 Marco Conceptual	4
3.1.1 Consideraciones para el muestreo	4
3.1.2 Especificaciones para la toma de muestras.....	4
3.1.3 Frecuencia de muestreo	5
3.1.4. a toma de muestras en ríos, canales y drenes.....	6
3.1.4. b Muestreo de pozos	6
3.1.4. b.1 pozo mecánico	6
3.1.4. b.2 Pozo artesanal	7
3.1.4. c Muestreo en lagos de gran extensión	7
3.1.4. d Muestreo de manantiales	7
3.1.4. e Muestreo de mantos freáticos	7
3.1.4. Sitios de muestreo.....	5
3.1.5 Calidad de agua para riego	8
3.1.6 Clasificación de las aguas para Riego	8
3.1.7 Parámetros a analizar.....	9
3.1.7. a Cationes.	9
3.1.7. a.1 Calcio.....	9
3.1.7. a.2 Magnesio	9
3.1.7. a.3 Potasio	9
3.1.7. a.4 Sodio.....	10
3.1.7. b.1 Bicarbonatos.....	10
3.1.7. b.2 Sulfatos.....	10
3.1.7. b.4 Carbonatos.....	11
3.1.7. c.1 Ecuación química para el pH.....	11
3.1.7. c.2 importancia de la determinación del pH en muestras de agua	11
3.1.7.b Aniones.....	10
3.1.7.c. Reacción ó pH.....	11
3.1.8 Parámetros de calidad	12
3.1.8. a Concentración total de las sales solubles	12
3.1.8. b Formulas empíricas para correlacionar la presión osmótica (PO) con la conductividad eléctrica.....	13
3.1.9 Efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo	14
3.1.9.a Relación de adsorción de sodio RAS.....	15
3.1.9.b Carbonato Sodio residual (CSR)	17
3.1.10 Efectos específicos de los iones.....	18
3.1.11 Interpretaciones de los resultados.....	18
3.1.11.a A partir del carbonato de sodio residual (CRS)	19
3.1.11.b Por el contenido de boro.....	19
3.1.11.c Clasificación de acuerdo al contenido de salinidad	20
3.1.11.d A partir de los datos de conductividad eléctrica CE y la relación de adsorción de sodio RAS	20
3.1.11.e Clasificación de las aguas de riego basada en el riesgo de salinidad	22
3.2 Marco Referencial	25
3.2.1 Ubicación y extensión	25
3.2.1.a Ubicación.....	25
3.2.1.b Extensión	25
3.2.2 Clima	25
3.2.3 Hidrografía	26
3.2.4. a Vertiente del océano Pacífico	28
3.2.4. a.1 Hidrogeología: de la vertiente del Pacífico.....	28
3.2.4. Descripción de las Vertientes	28

3.2.4.b Vertiente del Mar de Las Antillas.....	30
3.2.4.b.1 Hidrogeología: de la vertiente del Mar de Las Antillas.....	30
3.2.4.c Vertiente Golfo de México.....	32
3.2.4.c.1 Hidrogeología de la Vertiente Golfo de México.....	32
4.- Objetivos.....	35
Objetivo general.....	35
Objetivos específicos.....	35
5 Metodología.....	36
5.1 Revisión de archivos para la recolección de datos.....	36
5.2 Problemas que podrán ocurrir por utilizar aguas de mala calidad.....	37
5.3 Metodología de análisis de laboratorio.....	37
6. Resultados.....	38
6.1 Resultados encontrados.....	38
6.2 zonas geográficas.....	38
Descripción de las clases de aguas para riego de acuerdo a las zonas geográficas.....	39
6.2.1 Zona Central.....	38, 39
6.2.1.a Departamento Chimaltenango.....	39
6.2.1.b Departamento El Progreso.....	43
6.2.1.c Departamento de Guatemala.....	46
6.2.1.d Departamento de Sacatepéquez.....	51
6.2.2 Zona Norte.....	38, 53
6.2.2.a Departamento Petén.....	53
6.2.2.b Departamento Alta Verapaz.....	58
6.2.2.c Departamento Baja Verapaz.....	65
6.2.2.d Departamento El Quiché.....	68
6.2.2.e Departamento Izabal.....	71
6.2.3 Zona Sur.....	38, 75
6.2.3.a Departamento Escuintla.....	75
6.2.3.b Departamento Santa Rosa.....	80
6.2.4 Zona Oriente.....	38, 85
6.2.4.a Departamento Chiquimula.....	85
6.2.4.b Departamento Jalapa.....	90
6.2.4.c Departamento Jutiapa.....	94
6.2.4.d. Departamento Zacapa.....	99
6.2.5 Zona de Occidente.....	38
6.2.5.a Departamento Huehuetenango.....	104
6.2.5.b Departamento Quetzaltenango.....	113
6.2.5.c Departamento Retalhuleu.....	119
6.2.5.d Departamento Sololá.....	125
6.2.5.e Departamento Suchitepéquez.....	126
6.2.5.f Departamento San Marcos.....	130
6.2.5.g Departamento Totonicapán.....	135
6.3 Problemas que pueden ocurrir por utilizar para riego aguas de baja calidad a nivel nacional.....	138
7. Conclusiones.....	141
8 Recomendaciones.....	145
9. BIBLIOGRAFÍA.....	147
APENDICE.....	149
Anexo 1.....	150
Anexo 2.....	153

Índice de cuadros

Cuadro	Contenido	Pág.
1	Calidad del agua de riego en relación con su contenido en boro	19
2	Clasificación del agua de acuerdo al contenido de salinidad y límites de la conductividad eléctrica por clase	20
3	Clasificación de las aguas según las normas Riverside	22
4	Zonas de Vida de Holdrige, porcentaje de área por zona para todo el país	26
5	Vertiente, número de cuencas por vertiente y área por vertiente para la totalidad del país	26
6	Vertientes, enumeración de las cuencas por cada vertiente y área por vertiente para la totalidad del país	27
7	Metodología utilizada de análisis de agua.	37
8"A"	Análisis químico de agua para riego de Chimaltenango	154
9"A"	Análisis químico de agua para riego de Chimaltenango y El Progreso	155
10"A"	Análisis químico de agua para riego de El Progreso y Guatemala	156
11"A"	Análisis químico de agua para riego de Guatemala, Sacatepéquez y Petén	157
12"A"	Análisis químico de agua para riego de El Petén y Alta Verapaz	158
13"A"	Análisis químico de agua para riego de Alta Verapaz y Baja Verapaz	159
14"A"	Análisis químico de agua para riego de Baja Verapaz	160
15"A"	Análisis químico de agua para riego de Baja Verapaz y El Quiché	161
16"A"	Análisis químico de agua para riego de El Quiché e Izabal	162
17"A"	Análisis químico de agua para riego de Escuintla y Santa Rosa	163
18"A"	Análisis químico de agua para riego de Santa Rosa	164
19"A"	Análisis químico de agua para riego de Santa Rosa y Chiquimula	165
20"A"	Análisis químico de agua para riego de Chiquimula y Jalapa	166
21"A"	Análisis químico de agua para riego de Jalapa	167
22"A"	Análisis químico de agua para riego de Jutiapa	168
23"A"	Análisis químico de agua para riego de Jutiapa Zacapa	169
24"A"	Análisis químico de agua para riego de Zacapa	170
25"A"	Análisis químico de agua para riego de Zacapa	171
26"A"	Análisis químico de agua para riego de Zacapa y Huehuetenango	172
27"A"	Análisis químico de agua para riego de Huehuetenango	173
28"A"	Análisis químico de agua para riego de Huehuetenango y Quetzaltenango	174
29"A"	Análisis químico de agua para riego de Quetzaltenango y Retalhuleu	175
30"A"	Análisis químico de agua para riego de Retalhuleu y Sololá	176
31"A"	Análisis químico de agua para riego de Suchitepéquez y San Marcos	177
32"A"	Análisis químico de agua para riego de San Marcos	178
33"A"	Análisis químico de agua para riego de San Marcos y Totonicapán	179

Índice de Figuras

Figura No.	Contenido	Pág.
1	Diagrama para determinar la RAS de las aguas de riego y estimar el correspondiente del PSI del suelo en equilibrio con el agua.	17
2	Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego.(U.S. Soil Salinity Laboratory).	21
3	Clasificación de las aguas de riego basada en el riesgo de la salinidad	23
4	Clasificación de las aguas de riego basada en el riesgo de sodio	24
5	-Normas de L.V. Wilcox. Diagrama para la interpretación de un agua de riego.(Adaptado de "The Quality of Water for Irrigation USE",U.S.D.A).	24
6	distribución porcentual de las clases de agua para riego del territorio nacional	139
7	Mapa de las clases de agua para riego de Guatemala	140
8A	Mapa de cuencas hidrográficas de Guatemala	151
9A	Mapa de las regiones hidrogeológicas de Guatemala	152

ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL PARA RIEGO EN GUATEMALA
ANALYSIS OF THE QUALITY OF THE WATER FOR IRRIGATION IN GUATEMALA

RESUMEN

Efectuar análisis físico-químico para establecer la calidad del agua para riego, es un proceso que no debe faltar para cualquier sistema de riego por muy pequeño que este sea siempre se debe considerar, para saber si el agua es de buena calidad para que los proyectos no fracasen con el tiempo.

La calidad del agua para riego agrícola, es un término que se utiliza para ver la conveniencia o limitación del uso del agua en riego, y se basa en los distintos grados de salinidad que puede tener el agua y el probable efecto del sodio sobre la destrucción de la estructura del suelo.

Para la realización del presente trabajo se agruparon los datos de los análisis de agua de cada una de las regiones geográficas en las que se divide el país, siendo estas regiones: Central, norte, sur, oriente y occidente. Cada uno de los datos se ubicó en la cuenca correspondiente.

Los datos de los análisis de agua obtenidos de los archivos del PLAN DE ACCION PARA LA MODERNIZACION Y FOMENTO DE LA AGRICULTURA BAJO RIEGO – PLAMAR - que es la unidad de ejecución especial de desarrollo integral de áreas con potencial de riego y drenaje del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, suman en total mil setenta registros (1070) de varias fuentes superficiales a nivel de país en los que algunos datos se repiten, pero esto le da mayor consistencia a la información.

Al hacer el análisis de la información se observó que algunas muestras de agua clasificadas como clase C_1S_1 tienen conductividades eléctricas menores de 100 MicroSiemens/cm ($\mu S/cm$) y la clasificación de aguas para riego del Soil Salinity Laboratory handbook 60, en el nomograma para clasificación de las muestras de agua para riego inicia con conductividad eléctrica mayor o igual a cien (100 MicroSiemens/cm). Por lo que las muestras de conductividades eléctricas menores de cien (100) microSiemens/cm ($\mu S/cm$) se separaron y se clasificaron como agua de la clase C_0S_1 agua de muy baja salinidad y baja en sodio. Considerando a esta clase de agua C_0S_1 muy peligrosa su utilización como agua para riego de cultivos agrícolas, debido a su baja concentración de sales, ya que esta agua reacciona con los cationes del suelo especialmente calcio y magnesio que al disolverlos son sustraídos de la micela de arcilla provocando con ello la pérdida de la estructura del suelo, al alterarse la estructura del suelo se reduce la permeabilidad al agua y al aire, lo que ocasiona que las plantas no tengan éxito en su supervivencia en tales condiciones de suelo disturbado, que se vuelve impermeable al agua y al aire, siendo ambos necesarios para la vida vegetal y animales aeróbicos.

Para las muestras clasificadas como agua de las clases C_2S_1 y C_3S_1 que son aguas de mediano contenido de salinidad y baja probabilidad que el sodio destruya la estructura del suelo, y agua de

alta salinidad y bajas en sodio respectivamente no se hizo ninguna modificación ya que todas encajan en las normas establecidas por el Soil Salinity Laboratory handbook 60-

Del total de muestras analizadas se tiene los porcentajes de las clases de agua para riego encontradas a nivel de país, que no refleja una ocurrencia en cuanto al área sino al total de muestras analizadas. Los porcentajes en referencia son los siguientes: para la clase C_0S_1 agua de muy baja salinidad y baja en sodio 24.56, para las muestras clasificadas como C_1S_1 agua de baja salinidad y baja en sodio corresponde 36.06, a las muestras clasificadas como C_2S_1 agua de salinidad media y baja en sodio un porcentaje de 35.42, y las clasificadas C_3S_1 agua de alta salinidad y baja en sodio un porcentaje de 3.77 y finalmente a las clasificadas como C_4S_1 agua de muy alta salinidad y baja en sodio un porcentaje de 0.18

De esta información que se encuentra ordenada se hizo una descripción de cada departamento por cuenca hidrográfica, agrupados los datos por clase de agua, tomando los valores mínimos y máximos para cada parámetro descrito.

Como producto final del análisis de la calidad del agua superficial para riego, se elaboró un mapa de las clases de agua para riego presentes en Guatemala.

1 INTRODUCCION

En el laboratorio de análisis de aguas del Plan de Acción para la modernización y Fomento de la Agricultura Bajo Riego.-PLAMAR-del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, existe suficiente información sobre análisis de muestras de agua con fines de riego a nivel nacional, pero se encuentra dispersa y carente de un ordenamiento, lo cual dificulta su uso como fuente de consulta.

Su compilación y ordenamiento de acuerdo a su uso, constituye un importante aporte para conocer la calidad del agua para fines de riego a nivel de país.

Las aguas utilizadas en la agricultura bajo riego, deben ser analizadas químicamente con el propósito de establecer sus efectos en la relación suelo –planta y evitar que las mismas se constituyan en un factor limitante en la producción agrícola. En la relación agua-suelo-planta, la calidad del agua para riego es un factor determinante en la preservación o ruina del recurso suelo utilizado bajo irrigación. Castillo (7).

La calidad del agua de riego, es un término que se utiliza para indicar la conveniencia o limitación del empleo del agua con fines de riego. Palacios, O. (15), USGS (21).

Este trabajo pondrá a disposición de los usuarios de los proyectos de riego, la información básica que les permita conocer la calidad de agua superficial en las diferentes regiones del país y de esta manera prever las posibles limitantes o bondades que puedan presentarse para su uso en las zonas de riego.

En los archivos del laboratorio de agua y suelos de PLAMAR, que es la institución de ejecución especial de desarrollo integral de áreas con potencial de riego y drenaje del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, se cuenta con información de análisis de agua para riego de la mayoría de municipios y departamentos de la república de Guatemala. Esta información se ha venido generando durante el periodo comprendido de los años 1995 a 2007. La mayor parte de esta información, cuenta con datos de localización expresada por nombre de finca, aldea y algunas veces por caserío, cantón, municipio y departamento. Los análisis efectuados por muestra de agua, hacen referencia a parámetros tales como Conductividad eléctrica, pH, cationes y aniones solubles. Entre los cationes se analizan el calcio, magnesio, sodio y potasio. Dentro de los aniones, los carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Así mismo se reporta la relación de adsorción de sodio RAS, el porcentaje de sodio soluble, el carbonato de sodio residual, información básica para establecer la clase de agua, de acuerdo a la metodología del laboratorio de salinidad del departamento de agricultura de los Estados Unidos de América.

2- JUSTIFICACION

La información que sobre calidad de agua superficial para fines de riego se ha generado en el laboratorio de agua y suelo de PLAMAR, se encuentra dispersa y carente de ordenamiento, lo cual dificulta su uso como fuente de consulta. El presente trabajo contribuirá a compilar la información generada y presentarla ordenadamente por departamento de la república de Guatemala con el fin que dicha información sea de utilidad para personas e instituciones interesadas en conocer la calidad de agua de fuentes superficiales especialmente para fines de riego según la región del país .

Es importante enfatizar la importancia de la calidad del agua usada en riego a efecto de contribuir a un manejo adecuado de este recurso y sus repercusiones en el suelo y la planta.

La demanda de incrementar la producción de alimentos bajo condiciones de riego, cada día es mayor y esto conlleva la generación y adaptación de técnicas de manejo de la relación agua-suelo-planta que optimicen el uso de los recursos que intervienen en la cadena productiva. Entre esos recursos, el agua para riego desempeña un papel importante ya que la técnica de riego, no es tan solo la aplicación de agua , sino conlleva el conocimiento de su calidad y cantidad para que se constituya en un factor favorable al sistema productivo.

El trabajo Análisis de la calidad del agua superficial para riego en Guatemala constituye en una fuente de consulta para proyectos de riego e investigaciones que demanden conocer sobre la calidad de agua.

3 Marco Teórico.

3.1 Marco Conceptual

3.1.1 Consideraciones para el muestreo.

Antes de efectuar cualquier tipo de análisis (Físico, químico o biológico) es necesario hacer algunas consideraciones de la importancia que tiene la etapa de la toma de muestras de agua para su análisis ya que los resultados analíticos que se obtengan, y algo más importante las conclusiones a las que se llegue van a depender en gran medida de esta práctica. De los cuidados que se tengan en el muestreo van a depender en gran medida los resultados analíticos que se obtengan en el laboratorio. “El muestreo de aguas conlleva el propósito básico de obtener muestras representativas de las fuentes a utilizar. Cuando un técnico toma sus muestras concientemente, está contribuyendo a que el análisis químico cuantitativo sea más confiable y no se practique en vano”. Castillo O; S(7). Palacios,O (15), Infoagro.com(12)

3.1.2 Especificaciones para la toma de muestras

Para extraer muestras de agua es necesario que la persona que va a realizar esta práctica, atienda las siguientes consideraciones.

- a) las muestras deben ser representativas de la fuente
- b) El volumen de agua por muestra debe ser de 500 ml como mínimo y en casos especiales de un litro.
- c) El recipiente donde se tome la muestra debe ser de vidrio muy limpio o de plástico, los envases de agua pura se pueden utilizar para este fin. No son recomendables los envases de productos utilizados como agroquímicos, ni recipientes de bebidas rehidratantes, sueros o aguas gaseosas.

- d) Las muestras deben analizarse lo antes posible; es recomendable no dejar pasar más de 18 horas, y en todo caso no más de 24 horas después del muestreo.
- e) Si no es posible analizar las muestras en el tiempo antes mencionado, estas se deben guardar en hielera o refrigeradora a 4°C. Hasta que se empiece el análisis ya que este se realiza con las muestras a temperatura ambiente.
- f) Las muestras deben identificarse, anotando en una etiqueta que se amarra al recipiente los siguientes datos: naturaleza y nombre de la fuente, fecha y hora del muestreo, localización geográfica de la fuente indicando cantón, caserío, aldea, municipio y departamento. Si es posible anotar las coordenadas cartográficas. USDA manual 60 (20), Castillo O. S (7) , Palacios, O. (15)

3.1.3 Frecuencia de muestreo.

La frecuencia del muestreo se define por la finalidad del trabajo, la exactitud deseada y las disponibilidades de personal que pueda ser dedicado a este fin. Cuando se trata de caracterizar periódicamente la calidad del agua de riego, la frecuencia del muestreo puede ser aproximadamente de una vez por mes. Si se trata de formular balances de sales, las frecuencias de muestreo deben ser suficientemente altas para detectar los cambios en las cantidades de sales transportadas, sean estos debidos a los cambios en las concentraciones de sales, o bien a variaciones en los gastos. En estos casos las frecuencias de muestreo pueden ser de una vez al día o dos veces por semana. Como recomendación general puede decirse que al principio del balance de sales los muestreos deben ser muy frecuentes y conforme se vayan conociendo las variaciones de las concentraciones, los intervalos entre muestreo y muestreo pueden ampliarse. Palacios et al (15)

3.1.4. Sitios de muestreo

Los lugares donde más frecuentemente se toman muestras de agua para determinar la calidad y/o

cuantificar los contenidos de diferentes iones con fines de formular balances de sales, son los siguientes:

- a) Canales de riego de diverso orden: principales, laterales, sublaterales y regaderas.
- b) Pozos de bombeo.
- c) Presas de almacenamiento y lagos.
- d) Ríos y arroyos.
- e) Manantiales.
- f) Drenes de diverso orden: Colectores, ramales, etc.
- g) Mantos freáticos

De acuerdo a la naturaleza de la fuente la forma de tomar la muestra de agua será diferente en cada caso, ya que una muestra bien tomada conducirá a obtener datos más reales que llevará a realizar conclusiones acertadas de la calidad del agua. Castillo O (7)

3.1.4. a toma de muestras en ríos, canales y drenes

Las muestras deben tomarse del agua en movimiento, unos centímetros debajo de la superficie. La frecuencia de muestreo en ríos queda determinada por las fluctuaciones del caudal en el tiempo. Para épocas de escorrentía normal, muestras mensuales son suficientes par caracterizar el agua. En épocas de avenidas deben tomarse muestras adicionales durante el tiempo que duren las mismas conforme vaya variando el caudal. Palacios (15)

3.1.4. b Muestreo de pozos: La toma de muestras de agua en pozos se efectúa de acuerdo al tipo de pozo.

3.1.4. b.1 pozo mecánico

Para tomar muestra de Pozo mecánico, debe hacerse funcionar el sistema de bombeo alrededor

de 5 a 10 minutos para evacuar el agua que tiene la tubería y con esto asegurarse que se está tomando una muestra de agua reciente. Palacios O.(15)

3.1.4. b.2 Pozo artesanal

Cuando el agua se extrae manualmente se toma una cubeta o un galón de plástico muy limpio para extraer la muestra del pozo, luego se llena el recipiente que se lleva especialmente para la toma de la muestra anotando en la etiqueta todos los datos requeridos. Castillo O. (7)

3.1.4. c Muestreo en lagos de gran extensión-

Este muestreo es complejo, ya que con frecuencia estas aguas no están completamente mezcladas y su calidad debe determinarse muestreando a diferentes profundidades en varios puntos del almacenamiento. Generalmente con muestreo mensual se puede detectar la variación de la concentración de las sales a diferentes profundidades. Para fines de balance de sales debe muestrearse a las salidas de la obra de toma cada ocho días o diario si las variaciones en la concentración son muy grandes. Palacios O. (15)

3.1.4. d Muestreo de manantiales:

Deben muestrearse cada mes, ya que generalmente sus concentraciones de sales varían solo en el caso de que cambie su gasto o caudal a través del tiempo. Palacios O. (15)

3.1.4. e Muestreo de mantos freáticos.

Cuando se quiere utilizar esta agua con fines de sub-irrigación, la calidad de las mismas debe controlarse con una serie de pozos de observación de donde se tomarán muestras cada mes. En el caso que existan fluctuaciones muy fuertes de los niveles, deben hacerse muestreos adicionales para estimar los cambios en la concentración total de las sales. Palacios O. (15)

Cuando se quiere utilizar estas aguas con fines de sub-irrigación, la calidad de las mismas debe controlarse con una serie de pozos de observación de donde se tomarán muestras cada mes, en el caso de que existan fluctuaciones muy fuertes de los niveles, deben hacerse muestreos adicionales para estimar los cambios en la concentración total de las sales Palacios, O.; (15)

3.1.5 Calidad de agua para riego

Es un término que se utiliza para indicar la conveniencia o limitación del empleo del agua con fines de riego de cultivos agrícolas. Palacios, O.(15), Calderón De León, R.A(4), Castillo O.(7), USGS.(21)

Partiendo de esta definición Castillo (7), indica que, en la relación suelo-planta-agua, la calidad del agua es un factor determinante en la preservación o ruina del recurso suelo utilizado agrícolamente bajo riego

3.1.6 Clasificación de las aguas para Riego

Para llegar a la clasificación de una muestra de agua generalmente se analizan las características químicas de la misma y se relaciona la tolerancia de los cultivos a las sales, las propiedades físicas y químicas de los suelos. Las características químicas medidas para la clasificación del agua para riego son:: a) La concentración total de las sales solubles, b) La Concentración de sodio en relación con las otras sales, c) la concentración de cloruros y sulfatos, d) la concentración de boro y otras sustancias tóxicas (Aluminio y Selenio), y, e) Los Carbonatos y Bicarbonatos. USDA.(20) Castillo O.(7)

3.1.7 Parámetros a analizar.

Para efectuar la clasificación de una muestra de agua, es necesario que se realice la cuantificación de: cationes, aniones, conductividad eléctrica y pH de cada muestra. InfoAgro.com (12), Palacios (15).

3.1.7. a Cationes.

Los cationes, son los iones con carga eléctrica positiva que están disueltos en el agua, generalmente se encuentran en proporción en el siguiente orden: Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio. InfoAgro.com (12)

3.1.7. a.1 Calcio

Este elemento es de los llamados macronutrientes, su función en el vegetal es en la estructura y propiedades de permeabilidad de las membranas, estructura de la laminilla media. Cuando el calcio se une a un anión y por condiciones adversas del medio adquieren grandes concentraciones se convierten en perjudiciales para el suelo y la planta. Devlin, RM (9)

3.1.7. a.2 Magnesio.

Este es otro elemento de los macronutrientes, es esencial debido a que forma parte de la molécula de clorofila y es un cofactor necesario para muchas enzimas. Al igual que el calcio cuando se une a un anión y la concentración se vuelve excesiva resulta perjudicial para el suelo y la planta Ray, MP (18) y devlin (9)

3.1.7. a.3 Potasio

Este catión es otro de los elementos que las plantas utilizan en cantidades apreciables, por esta razón le denominan elementos mayores, su función es que activa ciertas enzimas en la glicólisis importantes en los potenciales de las membranas devlin, RM (9)

3.1.7. a.4 Sodio

Este elemento solo es requerido por plantas de hábitat salino, en la mayoría de plantas cultivadas provoca toxicidad en concentraciones mayores a 0.05 %. Ray, MP (18); devlin, RM (9)

3.1.7.b Aniones:

Los aniones son moléculas o iones con carga eléctrica negativa, que en aguas naturales aparecen en orden de importancia de acuerdo a las concentraciones encontradas así: Bicarbonatos, Sulfatos, Cloruros y Carbonatos. USDA manual 60 (20)

3.1.7. b.1 Bicarbonatos

En aguas ricas en iones bicarbonato se manifiesta la tendencia del calcio y del magnesio a precipitarse en forma de carbonatos a medida que la solución del suelo se vuelve más concentrada. Esta reacción no se completa totalmente en circunstancias ordinarias, pero a medida que va teniendo lugar, las concentraciones de calcio y magnesio se van reduciendo, aumentando así la proporción relativa de sodio USDA manual 60. (20); Castillo O. S (7)

3.1.7. b.2 Sulfatos:

El azufre es otro macronutriente que es absorbido por las plantas en forma de ión sulfato y sus funciones están en las proteínas. En coenzimas para el metabolismo de carbohidratos y lípidos. Aunque esencial este anión puede causar toxicidad, pero esta se considera mas o menos la mitad de la de los cloruros. Ray, MP (18); devlin, RM (9)

3.1.7. b.3 Cloruros

Es otro de los elementos esenciales, de los micronutrientes, su función está en la activación del

sistema productor de O_2 de la fotosíntesis. Los cloruros son tóxicos y aunque no dañan el coloide del suelo, su concentración causa problemas de toxicidad en aquellos cultivos sensibles a este anión- Ray (18), Devlin (9), USDA Manual 60(20); Castillo O. S (7)

3.1.7. b.4 Carbonatos

Los carbonatos se valoran en función del carbonato de sodio residual (CSR), este causa problemas en el agua cuando el contenido de carbonatos mas bicarbonatos sobrepasa el contenido del calcio mas magnesio. USDA Manual 60 (20), Castillo O. S (7).

3.1.7.c. Reacción ó pH

El termino pH proviene de la combinación de la letra p de la palabra potencia y la letra H del símbolo del elemento hidrógeno, juntas estas letras significan la potencia o exponente del hidrógeno. Bates R. (3)

3.1.7. c.1 Ecuación química para el pH.

El pH se define como el logaritmo decimal de la inversa de la actividad del hidrógeno, de donde a_{H^+} describe la actividad del ión libre de hidrógeno o la concentración efectiva en presencia de otros iones; $pH = -\log a_{H^+}$ ó $H^+ = 10^{-pH}$ Bates R. (3)

3.1.7. c.2 importancia de la determinación del pH en muestras de agua

“Es una de las pruebas mas importantes utilizadas en el análisis químico del agua, se admite un rango de pH de 5.5 a 9. Pero no quiere decir que no sea importante mantener un pH intermedio,

Pues valores extremos pueden acelerar procesos de degradación, y combinación entre los metales disueltos en el agua” Hurtado, et al. (11)

El pH es muy importante su medición porque muchos procesos químicos dependen de él, con frecuencia, la velocidad o el ritmo de las reacciones químicas pueden ser alterados significativamente por el pH de la solución. La solubilidad de muchos agentes químicos en solución y su disponibilidad biológica dependen del pH. Usualmente la química fisiológica de los organismos vivos tiene límites muy específicos de pH Termo Orion (19)

3.1.8 Parámetros de calidad.

Los parámetros utilizados para determinar la calidad del agua para riego son: La concentración total de las sales, el efecto probable del sodio sobre las propiedades físicas del suelo y los elementos tóxicos para las plantas. Carricaburu, J. (6), Castillo O, S (7)

3.1.8. a Concentración total de las sales solubles.

En las aguas para fines de clasificación, la concentración total de sales se expresa en términos de conductividad eléctrica, que es una propiedad inherente de muchos materiales y cubre toda una gama que va desde los materiales extremadamente conductores como los metales hasta materiales no conductores o dieléctricos como los plásticos y el vidrio. Entre estos dos extremos de conductividad están las soluciones acuosas. En los metales la corriente eléctrica es transportada por electrones, mientras que en el agua la corriente eléctrica es transportada por iones cargados. En ambos casos, la conductividad es determinada por el número de portadores, la rapidez con que se mueven estos portadores y, la cantidad de carga que lleva cada portador. Así, para la mayoría de

soluciones acuosas, mientras más elevada sea la concentración de las sales disueltas, lo cual producirá más iones, más elevadas será la conductividad o conductancia. La conductancia se define como el recíproco de la resistencia en ohmios, medida entre las caras opuestas de un cm^3 de líquido a una temperatura específica. La unidad básica de la conductancia es el Siemens (S) al que se le denominaba mho anteriormente. Castillo (7)

Submúltiplos utilizados para expresar la conductividad eléctrica:

deciSiemens/metro (dS/m) = milimho/cm (mmho/cm.)

mmho/cm = 1000 microSiemens / centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}.$) Termo Orion (19)

La conductividad eléctrica es una medida rápida y precisa de las sales, que se efectúa con el aparato llamado puente de conductividad eléctrica o conductímetro. Los resultados se expresan en micromhos /centímetro o microsiemens / Centímetro que es su equivalente, medidos a 25°C .

Con la conductividad eléctrica se puede hacer estimaciones de la presión osmótica que el agua provocará en el suelo, la cantidad de sales en partes por millón y los miliequivalentes por litro de sales en solución utilizando las siguientes formulas empíricas. Castillo O (7), Palacios O, (15)

3.1.8. b Formulas empíricas para correlacionar la presión osmótica (PO) con la conductividad eléctrica expresada en deciSiemens/m y la concentración de las sales en ppm y meq/l.

Para medir la presión osmótica (PO) que producirá las sales del agua al cultivo se tiene la siguiente formula empírica.

$$\text{PO} = 0.36X C.E \times 10^3 \text{ (deciSiemens dS/m)}$$

La cual funciona para el rango de 3 a 30 deciSiemens/m

Para expresar la concentración de sales en partes por millón (ppm) se utiliza la siguiente formula empírica.

$$\text{ppm} = 0.64 \times \text{C.E.} \times 10^6 \text{ (Expresada en microSiemens/cm } \mu\text{S/cm)}$$

Válida cuando los valores de Conductividad eléctrica son de 100 a 5000 microSiemens/cm $\mu\text{S/cm}$).

También existe la siguiente formula empírica Para relacionar la conductividad eléctrica con los miliequivalentes por litro (meq/l) de sales en solución

$$\text{meq/l} = 10 \times \text{C.E.} \times 10^3 \text{ (expresada en deciSiemens/m)}$$

Válida cuando los valores de Conductividad eléctrica (C.E.) son de 0.1 a 5 deciSiemens/m (dS/m)., Castillo O. S (7), Palacios, O. (15)

3.1.9 Efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo.

Cuando las aguas de riego contienen cantidades considerables de sodio en solución, este se acumula paulatinamente en el suelo y, al alcanzar ciertas concentraciones elevadas en relación con los otros cationes disueltos, sea por acumulación de sodio o por precipitación del calcio y magnesio, sustituye a estos del complejo de intercambio, ocasionando un desequilibrio eléctrico de la miscela coloidal, en la que deja cargas negativas residuales, por lo que las partículas se repelen y, como consecuencia, el suelo se deflocula y pierde su estructura. Debido a esto, la permeabilidad del suelo al aire y al agua disminuye, se favorece la formación de costras, todo lo cual afecta o impide el

desarrollo normal de cultivos. Para estimar los efectos del sodio los investigadores han propuesto los siguientes índices: Palacios, O(15).; USDA Manual 60 (20), Castillo O. S (7)

3.1.9.a Relación de adsorción de sodio RAS

Se define la adsorción como: la adherencia de una partícula, Ion o molécula a la superficie de otra. Generalmente se aplica a los estados de división iónicos o moleculares; por ejemplo, iones concentrados de Sodio sobre la superficie de coloides de suelo. Foth. et. al (10)

La relación de adsorción de sodio RAS es uno de los índices mas difundidos para medir el peligro de sodificación que presenta el agua de riego. Los investigadores que han desarrollado este índice, argumentan, que, además de la sencillez de su cálculo, está correlacionado con el porcentaje de sodio intercambiable del suelo que está en equilibrio con el agua de riego. De acuerdo con esto, entre mayor sea el valor de la RAS, es de esperarse un mayor valor del porcentaje de sodio intercambiable (PSI) del suelo y un mayor peligro de sodificación del mismo. Es necesario aclarar que el porcentaje de sodio intercambiable se refiere al grado en el cual el complejo de adsorción de un suelo es ocupado por el sodio.

Como el porcentaje de Sodio intercambiable (PSI) esta relacionado con la Relación de Adsorción de Sodio RAS. El PSI Se puede calcular con la siguiente expresión

$$\text{PSI} = \frac{100(-0.126 + 0.01475 \text{ RAS})}{1 + (-0.0126 + 0.01475 \text{ RAS})}$$

La relación de Adsorción de sodio (RAS), se calcula a partir de las concentraciones de sodio, calcio y magnesio. los iones expresados en miliequivalentes por litro meq/l según la formula

$$\text{RAS} = \text{Na} / [(\text{Ca} + \text{Mg})/2]^{1/2}$$

La RAS, también se puede obtener por medio gráfico utilizando el diagrama de la figura 1..en el cual se localizan las concentraciones de Calcio mas Magnesio localizado en el borde derecho del diagrama y la concentración de sodio en el lado izquierdo del mismo, ya teniendo localizadas las concentraciones de los elementos se traza una línea transversal que una ambas concentraciones donde se intercepte con la línea diagonal encontrará el valor de la RAS en la parte superior y en la parte inferior encontrará el valor para el PSI del Suelo Palacios, O.(15); USDA Manual 60 (20), Castillo O.S (7)

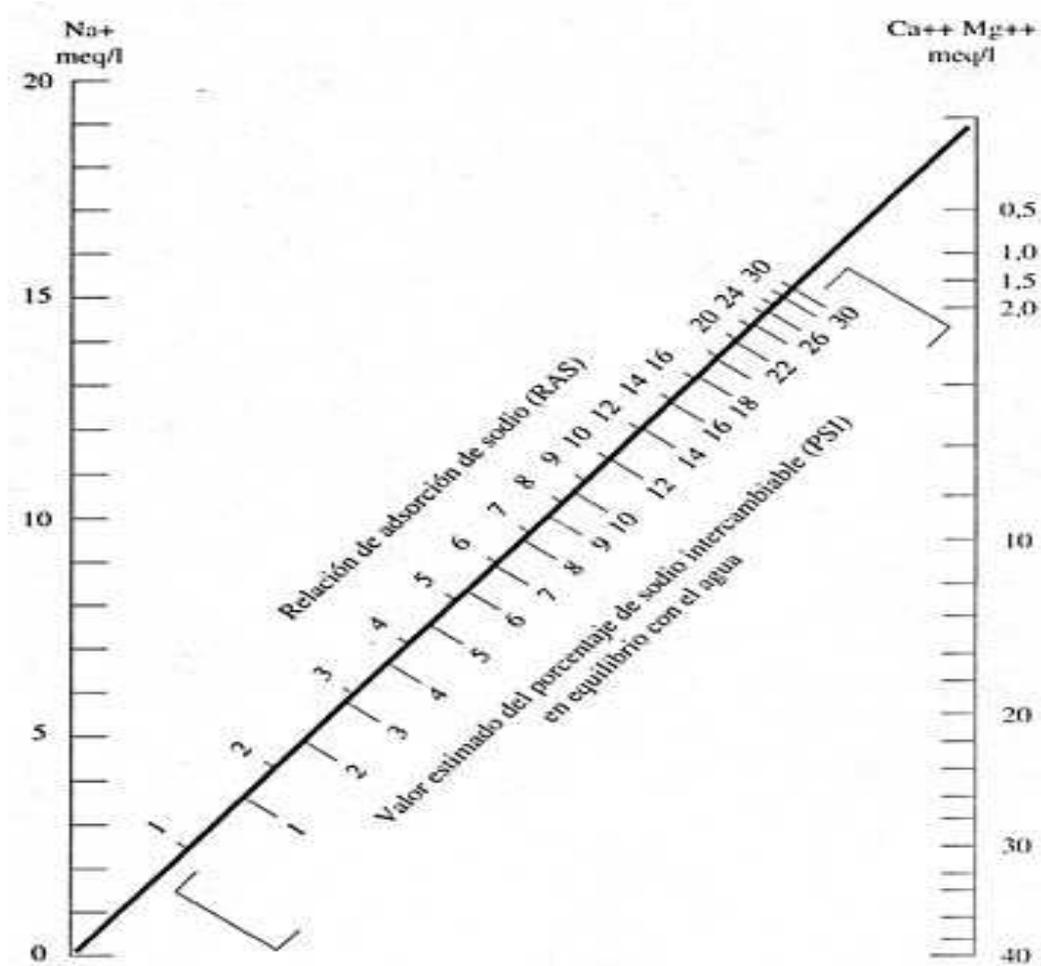


Figura 1. Diagrama para determinar la RAS de las aguas de riego y estimar el correspondiente del PSI del suelo en equilibrio con el agua

Fuente: InfoAgro.com (12)

3.1.9.b Carbonato Sodio residual (CSR).

Este es otro índice para estimar el efecto del sodio sobre el deterioro de la estructura del suelo.

Cuando en el agua de riego el contenido de Carbonatos y bicarbonatos es mayor que el de calcio y magnesio, existe la posibilidad de que se forme carbonato de sodio, debido a que, por su alta solubilidad, puede permanecer en solución aún después de que han precipitado los carbonatos de

calcio y magnesio. En estas condiciones, la concentración total y relativa del sodio puede ser suficiente para desplazar el calcio y magnesio del complejo de intercambio, produciendo la defloculación del suelo. Al ser adsorbido y acumulado es tóxico para las plantas y además altera las condiciones nutricionales porque impide la absorción del calcio.

El valor del carbonato de sodio residual “CSR” se calcula con la siguiente fórmula $CSR = [(HCO_3^- + CO_3^{2-}) - (Ca^{++} + Mg^{++})]$ Las concentraciones iónicas se expresan en meq/l. Palacios, O (15)

3.1.10 Efectos específicos de los iones.

Las sales tienen otros efectos que pueden restringir igualmente el desarrollo de ciertas especies vegetales, los daños a las plantas, o la disminución de su crecimiento, que no puedan relacionarse al efecto de la presión osmótica de la solución, se considerarán como debido a un efecto tóxico de la sal.

Con relación a este riesgo, los elementos más peligrosos en las aguas de riego son Sodio, Cloruro, Sulfato, Magnesio y Boro. Estos solutos específicos pueden dañar tejidos vegetales o causar un desbalance nutricional en la planta ya que cada elemento tiene un efecto sobre el metabolismo de la misma. Por ejemplo el Sodio en exceso impide la asimilación de los elementos Potasio, Calcio y Fósforo, el Cloruro en exceso dificulta la absorción de Nitrógeno y Fósforo, el Sulfato en exceso impide la asimilación del Calcio. Carricaburu J,(6); USDA Manual 60 (20)

3.1.11 Interpretaciones de los resultados

Para la interpretación de los resultados se toman en cuenta de forma simultánea las

características del agua, cultivo y suelo correspondientes.

3.1.11.a A partir del carbonato de sodio residual (CRS)

Puede clasificarse el agua de la siguiente forma:

- Agua recomendable: $CRS < 1,25 \text{ meq/l}$
- Agua poco recomendable: CRS entre 1,25 y 2. meq/l
- Agua no recomendable: $CRS > 2. \text{ meq/l}$

3.1.11.b Por el contenido de boro.

El contenido de boro del agua de riego, también determina su calidad, pero en este caso hay que considerar la tolerancia del cultivo a este micro-elemento. En el presente estudio por la carencia de este dato no se estará utilizando esa clasificación por boro, solo se menciona como parte de la revisión de bibliografía por la importancia que tiene este elemento en la producción agrícola. En el Cuadro 1 se muestra dicha clasificación

Cuadro1.- Calidad del agua de riego en relación con su contenido en boro

Clase respecto al boro	Cultivos sensibles ppm	Cultivos semitolerantes ppm	Cultivos tolerantes ppm
1	< 0,33	< 0,67	> 1,00
2	0,33 a 0,67	0,67 a 1,33	1,00 a 2,00
3	0,67 a 1,00	1,33 a 2,00	2,00 a 3,00
4	1,00 a 1,25	2,00 a 2,50	3,00 a 3,75
5	> 1,25	> 2,50	> 3,75

Fuente: (Soil Salinity Laboratory manual 60, 1954).

3.1.11.c Clasificación de acuerdo al contenido de salinidad, determinada por medio de la conductividad eléctrica expresada en microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$), según el Laboratorio de RIVERSIDE (U.S. Soil Salinity Laboratory 1954). Se muestran en el cuadro 2

Cuadro 2 Clasificación del agua de acuerdo al contenido de salinidad y límites de conductividad eléctrica por clase.

Clasificación	Conductividad Eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Clase
Baja Salinidad	101-250	C ₁
Salinidad media	251-750	C ₂
Alta salinidad	751-2250	C ₃
Muy alta salinidad	>2250	C ₄

Fuente. (Soil Salinity Laboratory manual 60, 1954).

3.1.11.d A partir de los datos de conductividad eléctrica CE y la relación de adsorción de sodio RAS se establece la clasificación del agua según las normas Riverside (tabla 3 y) figura 2 que es un método mas utilizado en los laboratorios que se dedican a realizar análisis de agua con fines de riego en Guatemala

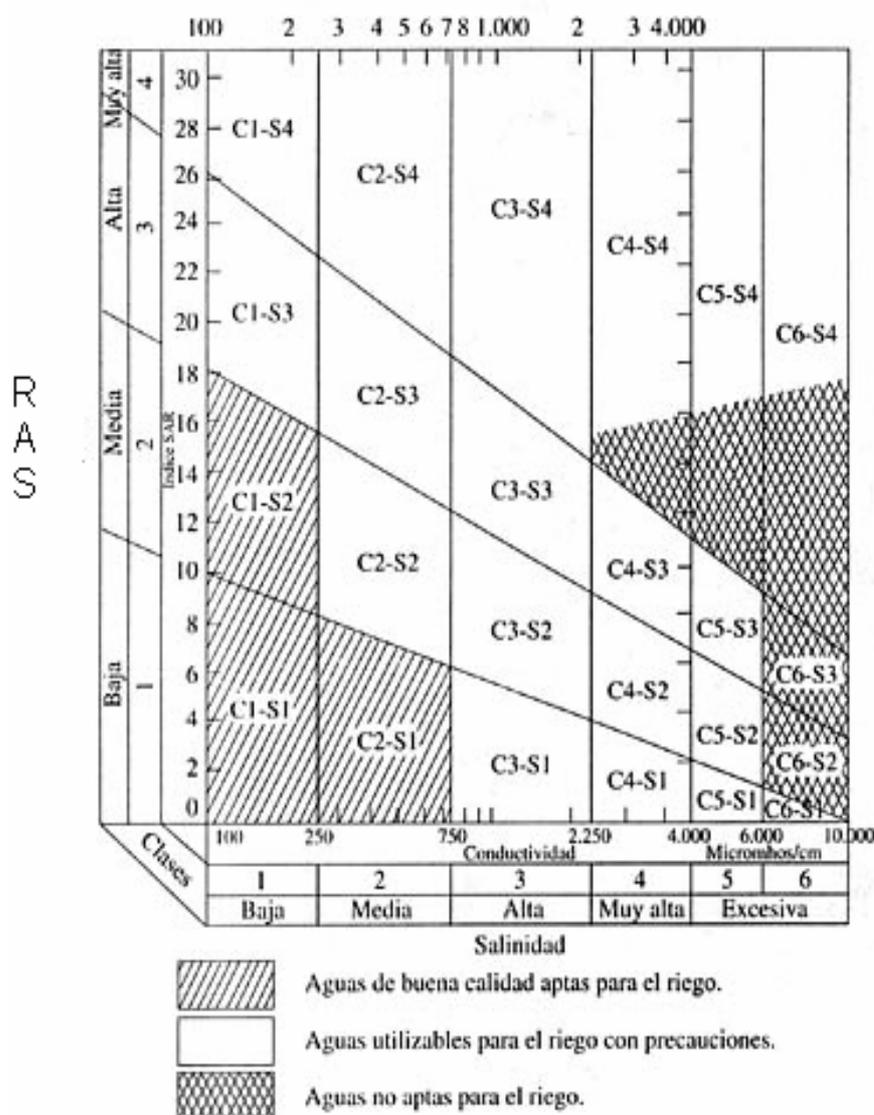


Figura 2. Diagrama para la clasificación de aguas de riego

-Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego.(U.S. Soil Salinity Laboratory).

Fuente: WWW.Infoagro.com

En el laboratorio de PLAMAR se ha clasificado como agua C₁ todas las muestras que poseen una conductividad eléctrica 0 a 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. por, lo que para el presente estudio se ha efectuado una separación de las muestras con conductividades menores o iguales a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y se han clasificado como C₀ Agua de muy baja salinidad, esta separación es necesario hacerla porque

esta clase de agua es tan peligrosa como las aguas con alto contenido de sodio. Ambas desplazan el calcio del complejo de intercambio del suelo provocando una dispersión del suelo, que ocasiona reducción de la permeabilidad e infiltración del agua y aire del suelo. Ayers, R.S.; Westcot, D.W. (2)

Cuadro 3.- Clasificaciones de las aguas según las normas Riverside

TIPOS	CALIDAD Y NORMAS DE USO
C ₁	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.
C ₂	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C ₃	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C ₄	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
S ₁	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S ₂	Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario
S ₃	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S ₄	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

Fuente: Manual de agricultura No. 60 USDA,(1954)

3.1.11.e Clasificación de las aguas de riego basada en el riesgo de salinidad

La permeabilidad del sustrato influye de forma notable en la definición de la calidad del agua de riego, ya que es necesario conocer el suelo para determinar el riesgo de salinidad y de sodio. En las figuras 3 y 4 se muestra gráficamente la incidencia de la permeabilidad del suelo. También es aconsejable considerar el análisis de suelo, para prever la interacción del agua de riego, que va a ser

determinante sobre la nutrición de la planta. En la figura 5 se muestra gráficamente la clasificación de Wilcox, que relaciona la CE con el porcentaje de sodio. Aunque esta metodología para clasificación de las aguas para riego no se estará utilizando, se incluye como parte de revisión bibliográfica por la importancia que tiene, ya que la clasificación que se utiliza en el laboratorio de PLAMAR, esta basado en las normas del Riverside. (U.S. Soil Salinity Laboratory).

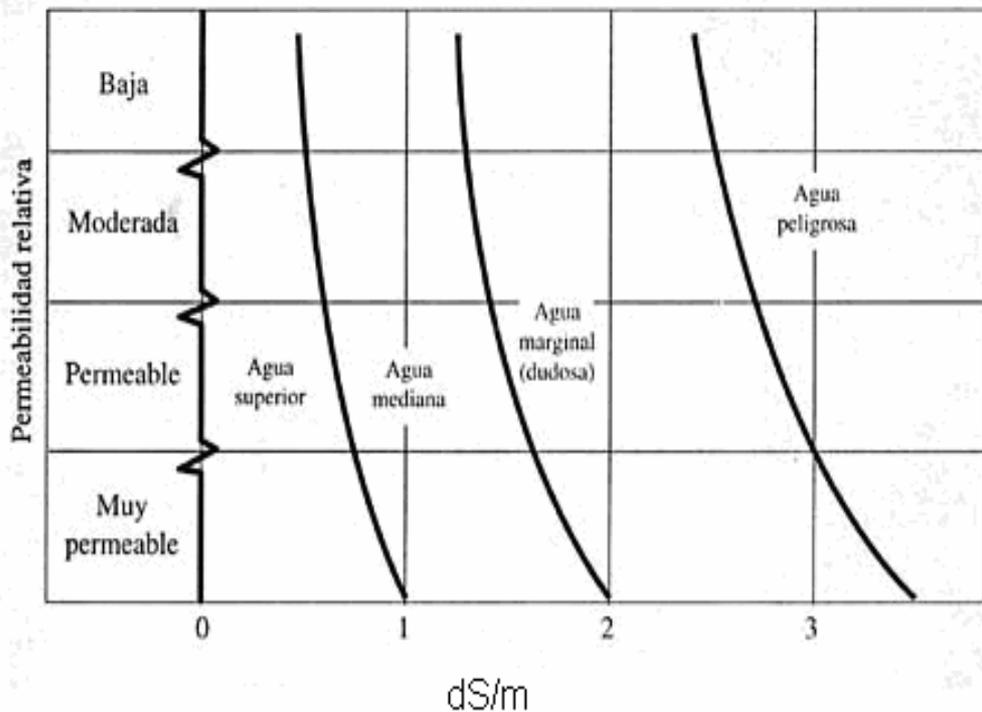


Figura 3. Clasificación de las aguas de riego basada en el riesgo de salinidad

Fuente: Cánovas (1986)

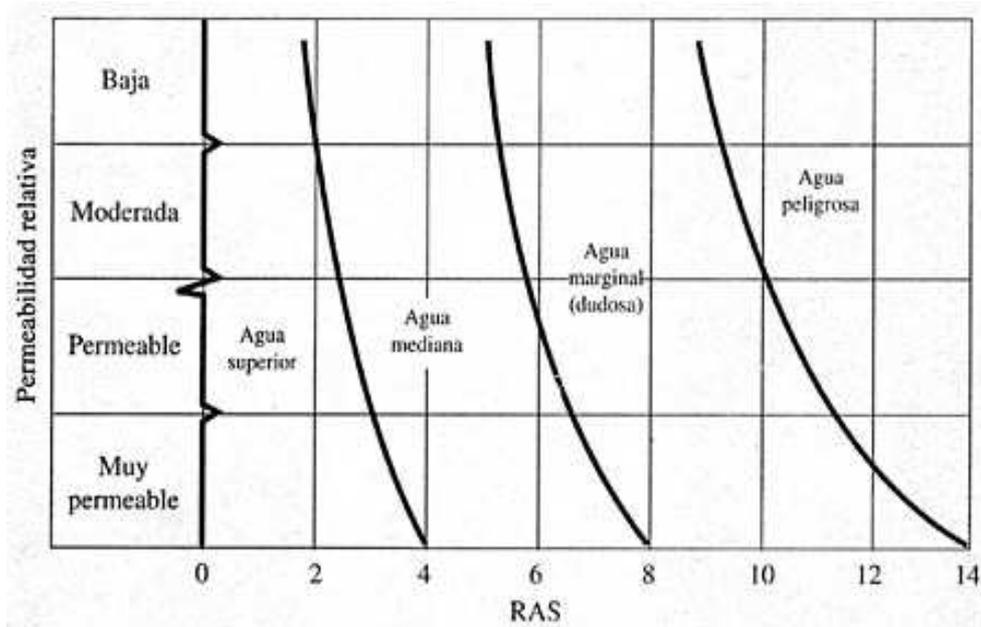


Figura 4. Clasificación de las aguas de riego basada en el riesgo de sodio.

Fuente. Canovas 1986

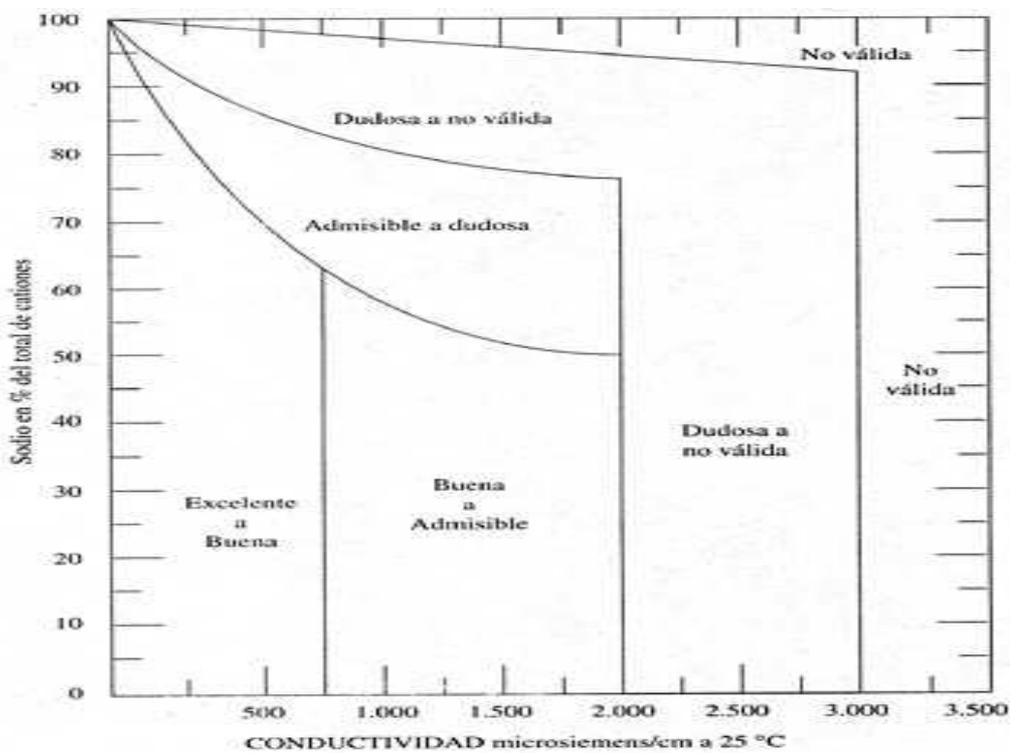


Figura 5. Normas de L.V. Wilcox. Diagrama para la interpretación de un agua de riego.(Adaptado de "The Quality of Water for Irrigation USE", U.S.D.A).

Fuente: Canovas (1986)

3.2 Marco Referencial:

3.2.1 Ubicación y extensión

3.2.1.a Ubicación: El territorio de Guatemala se ubica geográficamente, entre los paralelos 13°44'05" a 17°48'39" de latitud Norte, y meridianos 88°13'15" a 92°14'31" de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Prado (17)

Limites: al Norte y al Oeste limita con el territorio de México, al Sur con el Océano Pacífico y al Este con el mar de las Antillas y los países de Honduras y el Salvador. Prado (17)

3.2.1.b Extensión: el territorio de Guatemala, comprende una superficie de 108,889 km² MAGA (13)

3.2.2 Clima

Guatemala es un país privilegiado con el clima, ya que en pequeñas distancias existen varios climas y zonas de vida. El clima cambia de acuerdo al relieve. Va de cálido en las partes bajas, hasta frío en las partes altas. El clima tiene influencia sobre: la distribución de la precipitación, la temperatura, la cobertura vegetal índice de la distribución del bosque de latifoliares (hoja – ancha), bosque mixto, bosque de coníferas. Alvarado G. (1) Todo lo anterior presentado en la división de catorce zonas de vida” las que de la Cruz J.R (8) clasificó por el sistema Holdridge que se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4 Zonas de vida de Holdrige, área y porcentaje de cada zona para todo el país

Formaciones vegetales	Área	Total
	Km²	%
1 Bosque espinoso subtropical	928	0.85
2 Bosque seco Tropical	216	0.20
3 Bosque Seco Subtropical.	3964	3.64
4 Bosque húmedo Subtropical (templado)	12320	11.32
5 Bosque húmedo Subtropical (Cálido)	27000	24.81
6 Bosque muy húmedo Subtropical Cálido)	40700	37.41
7 Bosque muy húmedo Subtropical (Frío)	2584	2.37
8 Bosque Pluvial Subtropical	1144	1.05
9 Bosque muy húmedo Tropical	2636.	2.42
10 Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical	9769	8.68
11Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical	5512	5.07
12 Bosque Pluvial Montano Bajo Subtropical	908	0.83
13 Bosque húmedo Montano Subtropical	88	0.08
14 Bosque muy húmedo Montano Subtropical	1040	0.96

Fuente: De La Cruz J. R (8)

3.2.3 Hidrografía:

Guatemala esta drenada por tres vertientes, originadas como menciona Alvarado (1) en el punto ubicado en la cumbre de María Tecún situada entre los departamentos de Sololá, Totonicapán y Quiché a 3400 metros sobre el nivel del mar, estas vertientes son denominadas como: Vertiente del Pacífico, Vertiente del Mar de Las Antillas y Vertiente del Golfo de México. MAGA (13) Cada vertiente comprende un numero de cuencas que se detalla en el cuadro. 5

Cuadro 5 Vertientes, número de cuencas por vertiente y área por vertiente de todo el país

Nombre	No. De Cuencas	Área km ²
Vertiente del Pacífico	18 cuencas numeradas de 1.1 a 1.18	23990
Vertiente del Mar De las Antillas	10 cuencas, numeradas de 2.1 a 2.10	34259
Vertiente del Golfo de México	10 Cuencas, identificadas de 3.1 a 3.10	50640

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación .DIRYA, PLAN MAESTRO DE RIEGO Y DRENAJE - CARACTERIZACIÓN HIDROCLIMATICA

Cuadro 6 Vertientes, enumeración de las cuencas en cada vertiente y área por cada cuenca en la totalidad del país.

<i>Vertiente del pacifico</i>			<i>Vertiente del Mar de las Antillas</i>			<i>Vertiente del golfo de México</i>		
No.	Cuenca	Área km ²	No.	Cuenca	Área km ²	No.	Cuenca	Área km ²
1.1	Coatán	269	2.1	Grande de Zacapa	2471	3.1	Cuilco	2274
1.2	Suchiate	1064	2.2	Motagua	12719	3.2	Selegua	1535
1.3	Naranjo	1266	2.3	Izabal – R Dulce.	3448	3.3	Nentón	1481
1.4	Ocosito	2024	2.4	Polochic	2822	3.4	Pojón	513
1.5	Samalá	1499	2.5	Cahabon	2248	3.5	Ixcán	2085
1.6	Sis-Ican	914	2.6	Sarstun	1951	3.6	Xaclbal	1366
1.7	Nahualate	2012	2.7	Mopan-Belice	4412	3.7	Salinas	12150
1.8	Atitlán	548	2.8	Hondo	3596	3.8	Pasión	11993
1.9	Madre Vieja	906	2.18	Moho	475	3.9	Usumacinta	2636
1.10	Coyolate	1616	2.19	Temash	117	3.10	San Pedro	14335
1.11	Acomé	764						
1.12	Achiguate	1322						
1.13	María Linda	2759						
1.14	Paso Hondo	509						
1.15	Los Esclavos	2258						
1.16	Paz	1722						
1.17	Ostúa-Guija	2231						
1.18	Olopa	308						

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación .DIRYA, PLAN MAESTRO DE RIEGO Y DRENAJE - CARACTERIZACIÓN HIDROCLIMATICA

3.2.4. Descripción de las Vertientes.

3.2.4. a Vertiente del océano Pacífico

En esta vertiente se ubican 18 cuencas que se originan de la Sierra Madre, los afluentes de estos ríos que se ubican en la cabecera de las cuencas, son de curso corto y fuertes pendientes; por esta razón en la época lluviosa estos ríos de régimen torrencial presentan una gran descarga de sedimentos, que son aportados principalmente por material volcánico de origen geológico reciente.

MAGA (13)

Por lo anterior, los lechos de estos ríos son generalmente inestables cuando entran en la planicie costera, donde forman meandros para disipar energía. Esto indica la necesidad de proteger las cabeceras de las cuencas, a fin de hacer sostenible el caudal de estiaje producido por los manantiales de las cabeceras de las cuencas y reducir la erosión en estas áreas. Cuatro de estas cuencas (Coatán, Suchiate, Ostúa y Olopa), se comparten con México, El Salvador, y Honduras. El río Suchiate define parte de la frontera con México y el río Paz define parte de la frontera con El Salvador. En la tabla 6 se presentan las cuencas de la vertiente del Pacífico. y en la figura 8 mapa de cuencas se pueden localizar.

3.2.4. a.1 Hidrogeología: de la vertiente del Pacífico

Como puede observarse en el mapa de regiones hidrogeológicas de Guatemala (en el apéndice la figura 9A), la vertiente del Pacífico esta comprendida en las regiones denominadas Llanuras Aluviales de la costa del Pacífico y parte de la región llamada Altiplano Volcánico.

Las Llanuras aluviales del Pacífico están constituidas exclusivamente por depósitos Aluviales cuaternarios, que se extienden a lo largo de toda la costa del Pacífico de Guatemala, por una longitud de unos 260 kms. y con un ancho de entre 10 y 60 kms. Hasta una elevación máxima alrededor de 300 m.s.n.m. en la parte más ancha. Esta región tiene un clima que la clasifica como

Zona Cálida seca, con bosque seco Sub-tropical en la parte sur, donde hay precipitaciones anuales entre 500 y 1000 mm, y temperaturas medias entre 19 y 26 grados centígrados, zona cálida húmeda, con bosque Sub-tropical cálido en la parte norte, donde hay precipitaciones anuales entre 1200 y 2000 mm. y una temperatura de 27 grado centígrados promedio anual.

El Altiplano Volcánico se encuentra inmediatamente al norte de las Llanuras del Pacífico y se extiende en dirección de oeste- noroeste hacia este-sureste, sobre una faja de algo mas de 350 kms. de largo, con una amplitud variable de entre 60 y 90 kms.

El Altiplano está constituido por rocas volcánicas terciarias y cuaternarias, como lavas, toba y cenizas, que descansan sobre un basamento levantado, formado por rocas carbonatadas cretácicas y rocas ígneas, en el que se han originado varias depresiones tectónicas que rellenas por depósitos piroclásticos, constituyen los mayores valles donde está concentrada la mayoría de la población del país (Valle de Guatemala, Valle de Quetzaltenango, valle de Chimaltenango). Una cadena volcánica constituida por conos volcánicos, algunos de los cuales todavía activos, marcan el borde sur de la Altiplano, alcanzando altitudes hasta 4220 m.s.n.m.

El altiplano se extiende a elevaciones mucho menores, comprendidas entre los 1500 y 2000 m.s.n.m. y constituye la divisoria continental de las aguas que drenan hacia el Pacífico de un lado y el atlántico del otro. MAGA (14)

El clima en el Altiplano Volcánico es muy variado, con precipitaciones promedio anual que varían entre 500 y 4000 mm., distribuidos entre los meses de abril-mayo a octubre- noviembre y temperaturas promedio anual entre 11 y 27°C MAGA (14)

Las precipitaciones son mas abundantes en la vertiente sur, que drenan hacia el océano pacífico, llegando a un promedio de entre 3000 y 4000 mm/anuales, en la parte central, donde se encuentran localizados los valles mayores. Las precipitaciones medias están comprendidas entre los 1000 y 2000 mm anuales, alcanzando en la parte mas septentrional, valores de entre 500 y 1000mm anuales, siempre concentrados en los mismos meses. MAGA (14)

3.2.4.b Vertiente del Mar de Las Antillas.

En la vertiente del mar de las antillas se ubican diez cuencas, sus afluentes son de curso largo y pendiente moderada en relación a los ríos de la vertiente del océano Pacífico. La cuenca del Río Motagua está formada por las subcuencas de los Ríos Grande de Zacapa que se comparte con Honduras y el Motagua, que incluye La subcuenca del Río San Francisco que en su desembocadura sirve de límite con Honduras. La cuenca del Río Dulce está formada por tres subcuencas, lago de Izabal, Río Polochic y Río Cahabón. Las cuencas que se comparten con Belice son Sartún, Mopán –Balice, Hondo y Temash. MAGA (13)

3.2.4.b.1 Hidrogeología: de la vertiente del Mar de Las Antillas

Como se puede observar en el mapa de las regiones hidrogeológicas de la república de Guatemala (apendice 1), la vertiente del mar de las Antillas, está ubicada en las regiones hidrogeológicas denominadas, Tierras Altas Cristalinas y en parte de la región sedimentaria Septentrional.

Las tierras altas cristalinas se extienden inmediatamente al norte del altiplano Volcánico y están constituidas por una serie de cadenas montañosas orientadas normalmente de oeste hacia este-noroeste, relacionadas a los más importantes rasgos tectónicos regionales (fallas de Motagua Y san Agustín). Esta región se extiende por una longitud de alrededor de unos 350 kms., con una amplitud variable de 20 kms. en la parte más occidental hasta un máximo de unos 70 kms. en la parte centro oriental y comprende varias cadenas montañosas, como la Sierra de Chuacus, la sierra de Las Minas y la Sierra del Merendón, que alcanzan elevaciones máximas de 1500, 2000 y 2700 m.s.n.m., respectivamente. MAGA (14)

Las formaciones geológicas que constituyen esta región son principalmente rocas ígneas de diferente naturaleza, desde graníticas hasta ultrabásicas, rocas metamórficas como filitas, esquistos,

mármol gneisses y migmatitas, y en afloramientos menores, lutitas, areniscas y conglomerados del permocarbonífero. Y calizas jurásico-cretácico. MAGA (14)

La región sedimentaria Septentrional ocupa toda la restante parte de Guatemala al norte de la faja de rocas cristalinas y puede ser dividida en dos sub-regiones, a decir las tierras altas sedimentarias y la región sedimentaria del Petén. MAGA (14)

Las tierras altas sedimentarias están definidas al norte por los márgenes de la cuenca del Petén, al sur por las fallas que la separan de las tierras altas cristalinas y se extienden desde la frontera con México en el oeste hacia las montañas del Mico en el este. MAGA (14)

Esta Subregión está constituida por la sierra de los Cuchumatanes en la zona más occidental, que alcanza altitudes de más de 3500 m.s.n.m. la Sierra de Chamá en la zona central (1500 m.s.n.m) y, la Sierra Santa Cruz en la oriental (600 m.s.n.m.). MAGA (14)

Estas formaciones que afloran están constituidas casi en la totalidad de la región, por calizas cretácicas que presentan extensos fenómenos de Karstificación; en afloramientos menores se encuentran también calizas pérmicas, rocas sedimentarias clásticas permocarboníferas y rocas magmáticas MAGA (14)

La cuenca sedimentaria del Petén se extiende al norte de las tierras altas sedimentarias, a altitudes comprendidas entre los 300- 600 m.s.n.m. Está constituida en la parte más meridional, por las calizas cretácicas que aparecen también en las tierras altas y en la parte centro septentrional por toda una serie de rocas sedimentarias de origen predominantemente marino, que van desde el cretácico hasta el terciario y que terminan con las grandes extensiones de depósitos cuaternarios del río Chocop - San Pedro y del norte de Belice. MAGA(14)

Algunos afloramientos de rocas ígneas y metamórficas aparecen en la extrema parte oriental de la región de las montañas Mayas a elevaciones de entre 600 y 900 m.s.n.m relacionadas con sistemas de fallas oeste- noreste que levantaron extensos bloques del basamento. Amplias

extensiones de depósitos aluviales se encuentran también en la extrema parte sureste de la región, en las dos grandes depresiones tectónicas del lago de Izabal y del Río Motagua. MAGA (14)

3.2.4.c Vertiente Golfo de México.

La vertiente del Golfo de México es drenada por los Ríos Grijalva y Usumacinta, los cuales descargan dentro del Golfo de México, por la costa norte del Istmo de Tehuantepec, se comparten con México las Subcuencas altas de los Ríos Cuilco, Selegua y Nentón, que drenan hacia el Río Grijalva y las subcuencas altas de los Ríos Pojon, Ixcan, Xaclbal, Salinas, Usumacinta y San Pedro, drenan hacia el Río Usumacinta, el cual sirve de frontera con México desde el vértice del Río Chixoy hasta el vértice Usumacinta. MAGA (13)

3.2.4.c.1 Hidrogeología de la Vertiente Golfo de México

La vertiente del golfo de México esta ubicada en parte de la región hidrogeológica tierras altas cristalinas (la parte mas occidental), y la región sedimentaria septentrional.

. Las tierras altas cristalinas se extienden inmediatamente al norte del altiplano Volcánico y están constituidas por una serie de cadenas montañosas orientadas normalmente de oeste hacia este-noroeste, relacionadas a los más importantes rasgos tectónicos regionales (fallas de Motagua Y san Agustín). Esta región se extiende por una longitud de alrededor de unos 350 kms., con una amplitud variable de 20 kms. en la parte más occidental hasta un máximo de unos 70 kms. en la parte centro oriental y comprende varias cadenas montañosas, como la Sierra de Chuacus, la sierra de Las Minas y la Sierra del Merendón, que alcanzan elevaciones máximas de 1500, 2000 y 2700 m.s.n.m., respectivamente. MAGA (14)

Las formaciones geológicas que constituyen esta región son principalmente rocas ígneas de diferente naturaleza, desde graníticas hasta ultrabasicas, rocas metamórficas como filitas, esquistos,

mármol gneisses y magmatitas, y en afloramientos menores, lutitas, areniscas y conglomerados del permocarbonífero. Y calizas jurásico-cretácico. MAGA (14)

La región sedimentaria Septentrional ocupa toda la restante parte de Guatemala al norte de la faja de rocas cristalinas y puede ser dividida en dos sub-regiones, a decir las tierras altas sedimentarias y la región sedimentaria del Petén. MAGA (14)

Las tierras altas sedimentarias están definidas al norte por los márgenes de la cuenca del Petén, al sur por las fallas que la separan de las tierras altas cristalinas y se extienden desde la frontera con México en el oeste hacia las montañas del Mico en el este.

Esta Subregión está constituida por la sierra de los Cuchumatanes en la zona más occidental, que alcanza altitudes de más de 3500 m.s.n.m. la Sierra de Chamá en la zona central (1500 m.s.n.m) y, la Sierra Santa Cruz en la oriental (600 m.s.n.m.). MAGA (14)

Estas formaciones que afloran están constituidas casi en la totalidad de la región, por calizas cretácicas que presentan extensos fenómenos de Karstificación; en afloramientos menores se encuentran también calizas pérmicas, rocas sedimentarias clásticas permocarboníferas y rocas magmáticas. MAGA (14)

La cuenca sedimentaria del Petén se extiende al norte de las tierras altas sedimentarias, a altitudes comprendidas entre los 300- 600 m.s.n.m. Está constituida en la parte más meridional, por las calizas cretácicas que aparecen también en las tierras altas y en la parte centro septentrional por toda una serie de rocas sedimentarias de origen predominantemente marino, que van desde el cretácico hasta el terciario y que terminan con las grandes extensiones de depósitos cuaternarios del río Chocop - San Pedro y del norte de Belice. MAGA (14)

Algunos afloramientos de rocas ígneas y metamórficas aparecen en la extrema parte oriental de la región de las montañas Mayas a elevaciones de entre 600 y 900 m.s.n.m relacionadas con sistemas de fallas oeste- noreste que levantaron extensos bloques del basamento. Amplias extensiones de

depósitos aluviales se encuentran también en la extrema parte sureste de la región, en las dos grandes depresiones tectónicas del lago de Izabal y del Río Motagua. MAGA (14)

4.- Objetivos.

Objetivo general.

Compilar y ordenar por departamento de la república de Guatemala la información sobre calidad del agua superficial para riego generada en el laboratorio de agua y suelo del Plan de Acción para La Modernización y Fomento de la Agricultura Bajo Riego.

Objetivos específicos.

1. caracterizar el agua superficial para riego desde el punto de vista químico a nivel del territorio nacional.
- 2.- identificar los problemas relacionados al sistema suelo-planta que ocasionaría la utilización de aguas no adecuadas para riego, tales como salinización, sodificación y presencia de elementos tóxicos.

5 Metodología

5.1 Revisión de archivos para la recolección de datos-

Para la realización del presente trabajo se utilizó los archivos de laboratorio de agua y suelos del Plan De Acción Para La Modernización Y Fomento De La Agricultura Bajo Riego, PLAMAR. Entidad del Ministerio de Agricultura, ganadería y Alimentación, que es la unidad rectora del riego. De estos archivos se tomaron todos los datos de análisis de agua con fines de riego, de las fuentes superficiales a nivel de la república de Guatemala. Para llevar la secuencia de la siguiente manera:

-Ordenamiento de la información por departamento

-Agrupamiento de los datos por cuenca, en cada departamento.

-Para luego agrupar datos por clase de agua, de acuerdo a las normas utilizadas por Riverside (U.S. Soil Salinity Laboratory) para la descripción de las clases de agua Muy baja, y baja en salinidad estas se agruparon como clase baja en salinidad en cada cuenca y departamento

-Dentro de cada clase de agua se analizaron los contenidos de: elementos tóxicos, en este caso Cloruros y bicarbonatos.

Toda esta información se describe por departamento. Tomando como base las regiones en las que se ha dividido el país, de la siguiente manera..

Región Central, la integran los siguientes departamentos

Guatemala, Chimaltenango, Sacatepequez y el progreso.

Región Norte, formada por los departamentos que a continuación se mencionan.

El Petén, Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Quiché e Izabal-

Región Sur, esta región esta conformada por los siguientes departamentos.

Escuintla y Santa Rosa.

Región Oriente, formada por los siguientes departamentos,

Chiquimula, Jalapa, Jutiapa y Zacapa.

Región Occidente, la forman los siguientes departamentos.

Huehuetenango, Quetzaltenango, Retalhuleu, Sololá, Suchitepéquez, San Marcos y Totonicapán

5.2 Problemas que podrán ocurrir por utilizar aguas de mala calidad

Al finalizar las descripciones de las clases de agua de cada departamento se hace una pequeña descripción del problema que puede ocurrir si no se toman precauciones para el uso del agua en cada condición. Y en el final de las descripciones regiones geográficas se presenta a manera de resumen problemas que pueden ocurrir por la utilización de aguas de baja calidad para riego de cultivos agrícolas (Acápite 6.3)

5.3 Metodología de análisis de laboratorio;

Los métodos para análisis de agua con fines de riego, son exactamente los que se describen en el manual de agricultura No.60 Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Los cuales se sintetizan en el cuadro 7

Cuadro 7 metodología utilizada en análisis de agua.

Determinación	Metodología	Nombre del método Y/o referencia
Conductividad eléctrica	Medición directa por medio de puente de Wheatstone	Conductivimétrico
Reacción o pH	Medición directa con potenciómetro	Electrométrico
Calcio y Magnesio	Titulación con Versenato EDTA	Amer. Water Works Assoc-1950.
Sodio y Potasio	Lectura de las muestras por Espectrofotometría de absorción atómica o por fotometría de llama (emisión atómica)	.Fotometría de absorción atómica y algunas veces por emisión atómica
Cloruros	Titulación con nitrato de plata, usando como indicador Cromato de potasio	Association of official Agricultural Chemist 1950.
Carbonados y bicarbonates	Titulación con Acido Sulfúrico diluido, utilizando indicadores de, fenoltaleina para los carbonatos y anaranjado de metilo para los bicarbonatos.	American Public Health and Amer. Water Works Assoc-(1946, p- 9), Association of official Agricultural Chemist 1950.
Sulfatos	Cualitativo, utilizando cloruro de Bario para formar precipitado de sulfato de bario y hacer observación visual	Association of official Agricultural Chemist 1950.

6. Resultados

6.1 Resultados encontrados.

La información existente de análisis químicos de muestras de agua para riego, se ha ordenado por departamentos, dentro de cada departamento se han ubicado estos datos en la unidad básica de estudio, la cuenca hidrográfica, para luego efectuar las descripciones de las diferentes clases de agua para riego que se encuentran en la cuenca. Estas clases de agua se representan en mapa Clases de agua para riego de la república de Guatemala (ver la figura 7), coloreadas de acuerdo a la siguiente categorías: Clase C_0S_1 color verde con signos (+), clase C_1S_1 color verde, clase C_2S_1 color amarillo, clase C_3S_1 color rojo, clase C_4S_1 color pardo o café. Las descripciones de las distintas clases de agua se realizaron tomando las regiones o zonas geográficas, con la finalidad de llevar un orden para las descripciones de las clases de agua. Las zonas son: Central, Norte y Sur, a continuación se muestra cada zona con los departamentos que la integran.

6.2 zonas geográficas

6.2.1 Zona Central, la forman los departamentos siguientes.

Guatemala, Chimaltenango, Sacatepéquez y el progreso.

6.2.2 Zona Norte, integrada por los departamentos que a continuación se mencionan.

Petén, Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Quiché e Izabal-

6.2.3 Zona Sur, esta región esta conformada por los siguientes departamentos.

Escuintla y Santa Rosa.

6.2.4 Zona Oriente, formada por los siguientes departamentos,

Chiquimula, Jalapa, Jutiapa y Zacapa.

6.2.5 Zona de Occidente, la forman los departamentos.

Huehuetenango, Quetzaltenango, Retalhuleu, Sololá, Suchitepéquez, San Marcos y Totonicapán.

Descripción de las clases de aguas para riego de acuerdo a las zonas geográficas:

6.2.1 Zona Central.

6.2.1.a Departamento Chimaltenango

El departamento de Chimaltenango drena sus aguas hacia dos vertientes, al océano Pacífico por las cuencas hidrográficas 1.9 Madre Vieja, 1.10 Coyolate, 1.12 Achíguate.. Y al Mar de las Antillas por la Cuenca 2.2 Motagua.

Cuenca 1.9 Madre Vieja.

Para la cuenca del río Madre Vieja se tiene registro de siete muestras analizadas, de estas seis son de la clase C_1S_1 , Agua de baja salinidad y baja en sodio, el agua proviene de nacimientos y ríos. Los ríos son: Manantial, Caliaj. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 39 a 172 microSiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a ligeramente alcalino con pH que varía de 6.70 a 7.60 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.02 a 0.32

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores están de 1 a 26%

Elementos tóxicos: se cuenta con información de ión cloruro, notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.18 a 0.72 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos, esto indica que no se formará carbonatos de sodio residual

Cuenca 1.10 Coyolate.

De la cuenca del río Coyolate en lo que corresponde al departamento de Chimaltenango, se tiene registros de análisis para riego de muestras de agua de las siguientes fuentes: Ríos Nimayá, San Rafael, Xipacay y varios nacimientos. De todas estas fuentes, su calidad para riego es, agua baja en salinidad y en sodio de clase C_1S_1 , sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 91 a 204 microSiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a ligeramente alcalino con pH que varía de 5.8 a 7.60 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.3 a 0.9

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores están de 16 a 32%

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de ión cloruro observando valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró cantidades que oscilan de 0.022 a 0.52 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos, por lo que no se la formación carbonatos de sodio residual

Cuenca 2.2 Motagua.

La parte del departamento de Chimaltenango que corresponde a la cuenca del río Motagua, tiene agua de buena calidad para riego, siendo agua de baja salinidad y baja en sodio de la clase C_1S_1 y en menor proporción aguas de salinidad media de la clase C_2S_1 las muestras analizadas son de las siguientes fuentes: nacimientos, quebradas y ríos, entre los ríos están Agua Caliente, Cuchuyá, El Molino, Motagua, Payá, Pixcayá, Xenimajuyú.

Las muestras de la clase C_1S_1 agua de baja salinidad y baja en sodio, sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 39 a 112 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a moderadamente alcalino con pH que varía de 5.96 a 8.40 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.04 a 0.9

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores están de 2 a 38%

Elementos tóxicos: se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.12 a 0.64 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos, lo que indica que no se formará carbonatos. También se detectó valores de carbonato de sodio residual positivos que van de 0.01 a 0.4 meq/l estos valores no limitan el uso del agua para riego.

Las muestras de la clase C_2S_1 agua de salinidad media y baja en sodio, estas muestras son las siguientes fuentes: Ríos Pixcayá, Agua Caliente; ubicadas en los municipios de San Martín Jilotepeque, Comalapa, Chimaltenango y Tecpán. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 256 a 381 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción neutra a moderadamente alcalino con pH que varía de 6.9 a 8.0 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.56 a 1.87

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores están de 19 a 38%

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.31 a 0.54 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos, esto significa que no se formará carbonatos

Problemas que puede ocasionar el uso del agua.

En muestras de la cuenca 1.10 Coyolote se observan datos de conductividad eléctrica menores de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Lo que se interpreta como agua muy baja en sales, y se clasifican como C_0S_1 , esta clase de agua podrá ocasionar desbalance nutrimental en el suelo, por la disolución y remoción de los cationes: calcio y magnesio si junto con el riego, no se lleva un programa de fertilización adecuado al suelo y cultivo. Estas observaciones son para los municipios de Tecpán, Chimaltenango, Santa Cruz Balanyà y Santa Polonia. Las fuentes son nacimientos y ríos.

En parte de la cuenca 2.2 Motagua, que pertenece a Chimaltenango, también se ha detectado agua de muy bajo contenido de salinidad en muestras procedentes de los municipios de Comalapa, San Martín Jilotepeque y Tecpán. Estas muestras son de buena calidad para riego, pero si no se lleva un manejo adecuado de la fertilidad respecto al cultivo y el suelo se puede llegar al desbalance del estado nutrimental del suelo y con ello se ocasionará defloculación o disgregación

del mismo. Causando un efecto en el suelo similar al que provoca el agua de alta sodicidad. y con ello reduciendo la permeabilidad del mismo.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento se pueden ver en el anexo 2 en los cuadros 8”A” y 9”A”respectivamente-

6.2.1.b Departamento El Progreso.

El departamento El Progreso forma parte de la cuenca 2.2 Motagua.

Cuenca del Río Motagua: de la parte de esta cuenca que corresponde al departamento se tiene registro de cuarenta y ocho muestras de agua analizadas con fines de clasificación para riego. Veinte muestras corresponden a la clase C_1S_1 , veinte y cinco a la clase C_2S_1 y tres muestras a la clase C_3S_1 .

Clase C_1S_1 Agua de baja salinidad y baja en sodio. Procede de las siguientes fuentes: Nacimientos y los ríos: Comaja, Motagua, Hato, El Zapote, San Clemente, Morazán y Huyus. Sus características químicas son.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 58 y 246 microSiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción de neutro a moderadamente alcalina con pH que varía de 6.7 a 8.0 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: se considera baja ya que sus valores son de 0 a 0.65

Porcentaje de sodio soluble: es bajo, ya que los valores calculados van de 0 a 24%,

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.04 a 0.72 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos, lo que indica que no se formará carbonatos

Clase C_2S_1 Agua de salinidad media y baja en sodio. Procede de las siguientes fuentes: Nacimientos y los ríos: Guastatoya, Plátanos, Motagua, Marajuma y San Agustín. Sus características químicas son:

Conductividad eléctrica: sus valores van de 277 a 708 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a moderadamente alcalina con pH que varía de 6.32 a 8.55 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.04 a 2.62

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 2 a 51%,

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.04 a 0.72 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para algunas muestras los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos de sodio residual en estas, aunque hay muestras que presentan valores positivos pero son menores de 1.0 meq/l esto no es una limitante para su utilización en riego. Pero se detectaron valores de 1.23 a 2.06 meq/l para muestras procedentes de un nacimiento en la aldea El Conte de San Agustín Acasaguastlán, del canal de riego de aldea El Paso de Los Jalapas el Jícaro, Río Motagua y río Guastatoya en Guastatoya., estos

valores hacen que el agua sea condicionada para riego por las concentraciones de carbonatos de sodio residual calculado.

Clase C_3S_1 , Agua de alta Salinidad y baja probabilidad que el sodio altere las propiedades físicas de el suelo. Proceden de las siguientes fuentes: nacimientos y río, ubicados en los municipios de El Jícaro (aldeas Las Ovejas, Los Bordos), y en caserío El Callejón de la aldea Santa Rita, Guastatoya. Sus características químicas se presentan a continuación.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 786 a 1903 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción neutra a moderadamente alcalina con pH que varía de 7.2 a 8.1 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.6 a 1.48. También se encontró un valor de 5.19 de la muestra procedente de caserío El Callejón de la aldea Santa Rita, esta relación es alta.

Porcentaje de sodio soluble se observa bajo: ya que los valores son de 12 a 28%, y un valor de 53 % para la muestra del caserío El Callejón, algo mas, es la concentración iónica de sodio de 11.63 meq/l esto hace que esta agua no se puede utilizar para riego,

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.54 a 0.72 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son negativos, con esto se infiere que no se formará carbonatos

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

El departamento El Progreso en la cuenca del río Motagua, presenta las clases de agua de la siguiente manera, 42% de la clase C₁S₁, 52% de la Clase C₂S₁ y Clase C₃S₁ y C₃S₂ 6%. De esta situación se puede inferir, que podrá inducirse a la salinización de los suelos. Ya que el 52% de la misma es de clase C₂S₁, mediano contenido de salinidad y baja en sodio-

Otro problema observado en la misma clase de agua es la cantidad de carbonatos y bicarbonatos que contiene el agua de estas fuentes, ya que podrá causar taponamientos en emisores de los sistemas de riego por goteo si no ejecutan medidas correctivas de acuerdo al caso.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento del Progreso se pueden ver en el anexo 2 en los cuadros 9”A” y 10”A” respectivamente

6.2.1.c Departamento de Guatemala.

El departamento de Guatemala drena sus aguas a dos vertientes. Al Mar de las Antillas por medio de la cuenca 2.2 Motagua y al Pacífico a través de la cuenca 1.13 Maria Linda.

Cuenca 2.2 Motagua.

Cuenca del Río Motagua, de la parte de la cuenca que pertenece al departamento de Guatemala se tiene registro de 18 muestras de agua analizadas en su calidad para riego, de estas 13 son de la clase C₁S₁, agua de baja salinidad y baja en sodio, cinco son de la clase C₂S₁, agua de salinidad media y baja en sodio.

Clase C₁S₁, agua de baja salinidad y baja en sodio, las muestras de esta clase proceden de nacimientos y ríos: Los Cubes, León, Las Vacas, Bijague y el Motagua, las características químicas de estos se presentan a continuación.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 32 a 248 microSiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción de moderadamente ácido a moderadamente alcalino, con pH que varía de 5.8 a 8.4 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.2 a 1.75.

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 16 a 35% y un valor de 50.6% para agua del Río Bijague.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se tiene información de análisis de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan

de 0.2 a 0.55 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos de sodio residual a estas muestras. Aunque hay valores positivos pero son menores de 0.3 meq/l estos valores no son limitantes para su utilización en riego. Y un dato de 1.63 meq/l para agua del Río Bijague ubicado en aldea Rincón de la Paja del municipio de Guatemala, este valor se considera medio, lo que hace el uso de esta agua condicionado para riego.

Clase C_2S_1 , agua de salinidad media y baja en sodio. Las muestras de esta clase proceden de nacimiento el Jute y los ríos Pixcayá, Las Vacas y Pinula. Sus características químicas se presentan a continuación.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 266 a 665 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción de ligeramente ácido a neutro, con pH que varía de 6.6 a 7.3 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.15 a 1.50

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 4 a 38%.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con datos del ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.13 a 0.54, y un valor de 1.43 meq/l del río de las vacas este se considera alto y es limitante para riego de cultivos sensibles a los cloruros.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos de sodio residual a estas muestras. Aunque hay valores positivos pero son menores de 0.4 meq/l estos no son limitantes para su utilización en riego. Además se encontró un valor de 2.12 meq/l de carbonato de sodio residual, este valor es limitante para la utilización del agua en riego. La muestra es del río Las Vacas, ubicado bajo el puente Belice del municipio de Guatemala.

Cuenca 1.13 María Linda.

Cuenca del río María Linda, de la parte que corresponde al departamento de Guatemala se tiene registro de catorce muestras de agua analizadas, de estas, cinco son de la clase C_1S_1 , de un nacimiento y río Platanitos ubicados en los municipios de Fraijanes y Villa Nueva respectivamente, y de la clase C_2S_1 se tiene nueve muestras de agua analizadas para riego estas son procedentes de

nacimientos, río El Mico y laguna de Calderas, ubicados en los municipios de Amatitlán, Villa Canales, Guatemala y Villa Nueva.

Agua de la clase C_1S_1 , agua de baja salinidad y baja en sodio. Sus características químicas se presentan a continuación.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 128 a 228 microSiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción de neutro a ligeramente alcalino, con pH que varía de 7.2 a 7.4 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.38 a 0.87

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 18 a 28%.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se tiene información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.21 a 0.73 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos. Aunque hay valores positivos estos son menores de 1.0 meq/l, los que no son limitantes para su utilización en riego.

Agua de la clase C_2S_1 , agua de salinidad media y baja en sodio. Sus características químicas se presentan a continuación.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 275 a 526 microSiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción de ligeramente ácido a alcalino, con pH que varía de 6.4 a 8.25 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.38 a 0.87

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 14 a 46% y un valor extremo de 77 % para muestra de agua procedente de planta de tratamiento de aguas residuales de la zona 13 capitalina.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se tiene datos de análisis de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.13 a 0.94 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para unas muestras los valores calculados son negativos, con lo que se espera que no exista presencia de carbonatos de sodio residual. Aunque se presentan valores positivos estos son menores de 1.0 meq/l, estos valores no son limitantes para su utilización como agua de riego. Se detectó un valor de 1.92 meq/l para muestra procedente de La planta de tratamiento de aguas residuales de la zona 13 capitalina.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

En el municipio de San José Pinula existen aguas de la clase C_0S_1 , agua de muy baja salinidad y baja en sodio; esta clase de agua podrá ocasionar la disolución y remoción de los cationes Calcio y Magnesio presentes en el suelo. Con lo que se altera la estructura del mismo y por consiguiente la permeabilidad.

En el departamento de Guatemala también existe agua de la clase C_2S_1 , la cual al utilizarse en riego puede llegar a salinizar los suelos, si no se utiliza en forma racional.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para este departamento se pueden ver en el anexo 2 en los cuadros 10”A” y 11”A”.

6.2.1.d Departamento de Sacatepéquez

El departamento de Sacatepéquez drena sus aguas a través de dos vertientes, al mar de las Antillas por medio de la cuenca 2.2 Motagua y a la vertiente del Pacífico por la cuenca 1.12 Achiguate.

De la cuenca del Río Achiguate, se tiene registro de cuatro muestras de agua analizadas, tres de nacimientos ubicados en los municipios de Antigua Guatemala, Pastores y San Antonio Aguas Calientes. Los nacimientos presentan agua de la clase C_1S_1 , agua de baja salinidad y baja en sodio. Una muestra de riachuelo, ubicado en San Miguel Dueñas. Con clase de agua C_2S_1 , agua de mediano contenido de salinidad y baja en sodio.

Las muestras de la clase C_1S_1 , tienen las siguientes características químicas.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 154 a 218 microSiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácida a neutra, con pH que varía de 6.3 a 6.9 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.28 a 1.13

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 13 a 39%,

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de ión cloruro, observando valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, los valores encontrados oscilan

de 0.08 a 0.39 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos. Aunque hay valores positivos son menores de 0.6 meq/l, estos valores no son limitantes para su utilización en riego.

La muestra de la clase C_2S_1 tiene las siguientes características químicas

Conductividad eléctrica: su valor es de 335 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Reacción: esta clase tiene reacción neutra, pH de 6.7 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que el valor es de 0.69

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que el valor es 23 %.

Elementos tóxicos: no se pudo determinar ya que no se analizaron los aniones.

Cuenca del Río Motagua. De esta cuenca se tiene registro de dos muestras de agua analizadas, dicha agua es de la clase C_1S_1 , agua de baja salinidad y baja en sodio. Sus características químicas son las siguientes:

Conductividad eléctrica: sus valores son de 116 y 160 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción neutra, con pH que varía de 6.7 a 7.2 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.4 a 0.5

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 18 a 27%,

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, existe información de ión cloruro, de este se encontró valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, debido a que los valores observados oscilan de 0.18 a 0.29 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos. También hay valores positivos pero son menores de 0.6 meq/l estos valores no son limitantes para su utilización en riego.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

En el departamento de Sacatepequez no se observan problemas a futuro con el uso del agua para riego, ya que esta es de buena calidad, en la mayoría de muestras analizadas, que provienen de la cuenca del Achiguate.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento de Sacatepéquez se pueden consultar en el anexo 2 en el cuadro 11”A”.

6.2.2 Zona Norte

6.2.2.a Departamento Petén

El departamento Petén, el más extenso de Guatemala, forma parte de cuencas internacionales con los países México y Belice. Las cuencas son: 3.7 Salinas, 3.8 Pasión, 3.9 Usumacinta, 3.10 San Pedro; 2.18 Moho, 2.19 Temash, 2.7 Mopán – Belice, y 2.8 Hondo.

Cuenca 3.7 Salinas

Para la parte de la cuenca del río Salinas que corresponde a Peten se tiene 2 muestras de agua analizadas, son de la clase C_2S_1 Agua de Salinidad media y baja probabilidad que el sodio afecte las propiedades físicas del suelo, sus características químicas son las siguientes:

Conductividad eléctrica: presenta valores que varían de 367 a 394 microSiemens/cm. ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: ligeramente alcalino ya que presenta valores de pH de 7.8.

Porcentaje de sodio soluble: este oscila de 1.46 a 4.9% lo que se considera bajo.

En lo que respecta a la relación de adsorción de sodio, esta se considera baja, ya que los valores encontrados varían de 0.04 a 0.1

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos; hay análisis de ión cloruro, del que se ha observado valores bajos, ya que se encontró cantidades que oscilan 0.02 a 0.28 meq/l

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Los cálculos reportan valores negativos por lo que no existe la posibilidad de formación de carbonato sodio residual.

Cuenca 3.9 Usumacinta.

De la parte de la cuenca del río Usumacinta que pertenece a Guatemala, se tiene 3 muestras de agua analizadas en su calidad para riego. Encontrando agua de las clases C_2S_1 y C_3S_1 que es agua de salinidad media y alta con baja probabilidad que el sodio afecte las propiedades físicas del suelo, las tres muestras son del arrollo el Chorro del municipio de la Libertad.

La muestra de la clase C_2S_1 agua de salinidad media y baja en sodio, tiene las siguientes características químicas:

Conductividad eléctrica: presenta un valor de 500 microSiemens/cm. ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: ligeramente alcalino ya que su valor de pH de 7.4.

Porcentaje de sodio soluble: este es de 3.29 % lo que se considera bajo.

En lo que respecta a la relación de adsorción de sodio, esta se considera baja, ya que el valor encontrado es 0.12

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos; hay análisis de cloruros, del que se ha observado el valor de 0.93 meq/l

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Los cálculos reportan valor negativo por lo que no existe la posibilidad de formación de carbonato sodio residual.

Clase C_3S_1 : Agua de alta salinidad y baja en sodio, presenta las siguientes características químicas:

Conductividad eléctrica: presenta valores alrededor de 780 microSiemens/cm. ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: de neutro a ligeramente alcalino con valores de pH de 7.15 a 7.60.unidades.

Porcentaje de sodio soluble: se determino el valor de 0.13% para ambas muestras lo que se considera bajo.

En lo que respecta a la relación de adsorción de sodio, esta se considera baja, ya que los valores encontrados son de 0.01.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos; hay análisis de cloruros, del que se ha observado los valores de 0.15 a 0.33.meq/l

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Los cálculos reportan valor negativo por lo que no existe la posibilidad de formación de carbonato sodio residual

Cuenca 3.10 San Pedro.

De la parte de la cuenca del río San Pedro que pertenece a Guatemala, se encontró 3 registros de análisis de agua para riego de las siguientes fuentes: Lago Petén Itzá, un nacimiento y de la Laguna Perdida que en su orden corresponden a los municipios de: Flores, San Benito y San Andrés.

La muestra que corresponde a la Laguna Perdida ubicada en San Andrés, es agua de la clase C_1S_1 : baja salinidad y baja en sodio, tiene las siguientes características químicas

Conductividad eléctrica: presenta un valor de 232 microSiemens/cm. ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: neutro ya que su valor de pH de 6.98.

Porcentaje de sodio soluble: este es de 8.99% lo que se considera bajo.

En lo que respecta a la relación de adsorción de sodio, esta se considera baja, ya que el valor encontrado es 0.21

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos; hay análisis de cloruros, del que se ha observado el valor de 0.36.meq/l

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Los cálculos reportan valor negativo por lo que no existe la posibilidad de formación de carbonato sodio residual

Clase C_3S_1 : Agua de alta salinidad y baja en sodio, esta clase se encontró en las siguientes fuentes: Lago Petén Itzá en el municipio de Flores y un nacimiento de aldea Tikalito en San Benito.

Presenta las siguientes características químicas:

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 805 a 863 microSiemens/cm. ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: de ligeramente ácido a moderadamente alcalino con valores de pH de 6.86 a 8.20 unidades.

Porcentaje de sodio soluble: se determino los valores de 2.84 a 8.99 3% para ambas muestras lo que se considera bajo.

En lo que respecta a la relación de adsorción de sodio, esta se considera baja, ya que los valores encontrados son de 0.12 y 0.29

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos; hay análisis de cloruros, del que se ha observado los valores de 0.72 a 1.91 meq/l

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Los cálculos reportan valor negativo por lo que no existe la posibilidad de formación de carbonato sodio residual.

Cuenca 2.7 Mopán- Belice.

De la fracción de cuenca del río Mopán – Belice que pertenece a Guatemala, se tiene registros de seis muestras de agua analizadas de las siguientes fuentes: Laguna natural, río Ixlú; riachuelo Salsipuedes y río Mopán, ubicados en los municipios de: Flores, y Melchor de Mencos respectivamente, en la cuenca se encontró dos clases de agua: C_1S_1 y C_2S_1 .

Clase C₁S₁: agua de baja salinidad y baja en sodio, esta muestra procede de la laguna natural ubicada en Flores. Presenta las siguientes características químicas:

Conductividad eléctrica: presenta un valor de 216 microSiemens/cm. ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: ligeramente alcalina ya que su valor de pH de 8.0

Porcentaje de sodio soluble: este es de 9.419% lo que se considera bajo.

En lo que respecta a la relación de adsorción de sodio, esta se considera baja, ya que el valor encontrado es 0.21

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos; se tiene análisis de cloruros, del que se ha observado el valor de 0.18.meq/l

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Los cálculos reportan valor negativo por lo que no existe la posibilidad de formación de carbonato sodio residual.

Clase C₂S₁: agua de salinidad media y baja en sodio, las muestras proceden de los ríos: Ixlú, Salsipuedes y Mopán. Tienen las siguientes características químicas:

Conductividad eléctrica: presenta valores que varían de 463 a 484 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: va de ligeramente ácido a ligeramente alcalino ya que presenta valores de pH que oscilan de 6.72 a 7.98

Porcentaje de sodio soluble: este oscila de 1.45 a 9.40% lo que se considera bajo.

En lo que respecta a la relación de adsorción de sodio, esta se considera baja, ya que los valores encontrados varían de 0.05 a 0.32

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos; hay análisis de ión cloruro, del que se ha observado valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.018 a 0.72 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). En estas muestras los valores calculados reportan números negativos por lo que se descarta la formación de carbonatos de sodio residual.

De las cuencas 2.8 Hondo, 2.18 Moho y 2.19 Temash. No fue posible obtener información por carecer el laboratorio de estos datos.

Problemas a futuro por utilizar esta clase de agua para riego.

Por ser la mayoría de muestras agua de la clase C_2S_1 agua de mediano contenido de salinidad y baja en sodio, y en menor proporción de la clase C_3S_1 agua de alto contenido salino y baja en sodio. Esto limita la utilización del agua para cultivos de mediana a altamente tolerantes a la salinidad. otro problema que se avizora, es, en sistemas de riego localizado (goteo) la obturación de emisores por la alta concentración de bicarbonatos .

Los resultados de análisis se pueden observar en el anexo 2 en los cuadros 11''A'' y 12''A'' respectivamente.

6.2.2.b Departamento Alta Verapaz.

En este departamento se encontró un total de 64 muestras analizadas de las cuatro cuencas hidrográficas que cubren el departamento. Entre las que se cita 2.4 Polochic, 2.5 Cahabón 3.7 Salinas y 3.8 Pasión.

Cuenca 2.4 Polochic.

De la parte que corresponde al departamento de Alta Verapaz de esta cuenca, se tiene análisis de 9 muestras de las que el 66.66 % corresponden a la clase C_1S_1 y 33.33% a la clase C_2S_1

C₁S₁, agua de baja salinidad y de baja probabilidad que con el uso de esta clase de agua en riego se produzcan niveles altos de sodio que alteren las propiedades físicas del suelo. Sus propiedades químicas se describen a continuación.

Conductividad eléctrica: presenta valores que varían de 27 a 238 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: va de neutro a ligeramente alcalino ya que presenta valores de pH que oscilan de 6.99 a 7.6.

Porcentaje de sodio soluble: este oscila de 4 a 40% lo que se considera bajo.

En lo que respecta a la relación de adsorción de sodio, esta se considera baja, ya que los valores encontrados varían de 0.1 a 0.85

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos; hay análisis de ión cloruro, del que se ha observado valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.012 a 0.64 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Existe la posibilidad de formación de carbonato sodio residual, pero sus valores son bajos ya que los cálculos realizados presentan los rangos de 0.0 a 0.6 meq/l-

Clase C₂S₁ agua de salinidad media y baja probabilidad que el sodio vaya alterar las propiedades físicas del suelo. Esta clase de agua presenta las siguientes características químicas.

Conductividad eléctrica: esta varía de 260 a 420 microSiemens/cm (μS).

La reacción, se considera neutra ya que presenta datos de pH 7.2 a 7.3 unidades.

Porcentaje de sodio soluble: se presenta bajo ya que los valores encontrados son de 1 a 8% .

Relación de adsorción de sodio RAS: se considera baja porque los valores calculados varían de 0.01 a 0.22

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, hay datos de análisis de ión cloruro, de estos se ha observado valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontraron valores que oscilan de 0.12 a 0.78 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de Carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Se espera que se forme Carbonato de sodio residual pero en cantidades que no serán perjudiciales ya que los valores encontrados son de 0.0 a 0.9 meq/l.

Cuenca 2.5 Cahabón.

Dentro de la cuenca, para este departamento se tiene registro de 22 muestras analizadas de las que, 16 muestras (72.72%) corresponde a agua de clase C_1S_1 que se interpreta como agua de baja en salinidad y baja probabilidad que el sodio afecte las propiedades físicas del suelo. Esta clase de agua presenta las siguientes características químicas:

Conductividad eléctrica: con valores que oscilan de 33 a 240, microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: ligeramente ácido a ligeramente alcalino ya que su pH varía de 6.6 a 7.9.

Porcentaje de sodio soluble: se encontraron valores que oscilan de 0.2 a 13 % este valor se considera bajo.

Relación de Adsorción de sodio RAS: Los valores encontrados oscilan de 0.01 a 0.2 valores que se consideran bajos.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de ión cloruro observando valores bajos, que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontraron valores que oscilan de 0.022 a 0.16 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de Carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 Res). Los valores encontrados son números negativos lo que se considera cero. Lo que indica que no se formará carbonato de sodio residual.

También dentro de la misma cuenca se encontró 6 muestras (27.28%) que corresponden a la clase C₂S₁ agua de mediano contenido de salinidad y baja probabilidad que el sodio afecte las propiedades físicas del suelo. Esta clase de agua presenta las siguientes características químicas:

Conductividad eléctrica: oscila de 290 a 490 microSiemens/cm (μ S/cm).

Reacción: ligeramente ácida a ligeramente alcalina, el pH encontrado en las muestras oscila de 6.7 a 7.7

Porcentaje de sodio soluble: se observa valores que oscilan de 0.5 a 13 % lo que se considera como un bajo valor

Relación de adsorción de sodio RAS. Con respecto este parámetro, los valores encontrados oscilan de 0.2 a 0.4 dichos valores son considerados bajos.

Elementos tóxicos: se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.04 a 0.51 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de Carbonato de sodio residual para este parámetro se observan valores negativos lo que indica que no podrá formarse el carbonato de sodio residual.

Cuenca 3.7 Salinas.

En la cuenca del río Salinas se tiene registro de veinte muestras de agua analizadas, de la que el 55% corresponde a la clase C₁S₁, agua de baja salinidad y baja probabilidad que el sodio pueda afectar las propiedades físicas del suelo. Sus propiedades químicas son las siguientes

Conductividad eléctrica: presenta valores de 22 a 214 microSiemens/cm (μ S/cm)..

La reacción, va de ligeramente ácida a moderadamente alcalina presentando sus valores de pH de 6.2 a 8.3 –

Porcentaje de sodio en solución: este se presenta bajo ya que sus valores van de 3 a 30 por ciento.

Relación de adsorción de sodio RAS: se presenta baja, ya que los valores registrados van de 0.02 a 0.42 Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos se cuenta con información de cloruros, que presenta cantidades bajas que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.02 a 0.75 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res)- Existe la posibilidad de que se forme carbonatos de sodio residual, pero en bajas concentraciones ya que los valores encontrados son de 0.01 a 0.7 meq/l. estos valores no son limitantes para el uso de esta agua en riego.

En la cuenca también se encontró el 45% de las muestras son de la clase C_2S_1 , agua de mediano contenido de salinidad y baja en sodio, que tiene las siguientes propiedades químicas..

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 260 a 480 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase de agua presenta una reacción que va de ligeramente ácida a moderadamente alcalina. Sus valores de pH son 6.8 a 8.4 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa baja ya que los valores encontrados van de 0.01 a 0.49

Porcentaje de sodio soluble: este se observa bastante bajo, ya que los valores observados van de 0.025 a 33 %.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró cantidades que oscilan de 0.02 a 0.91 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). No se espera que exista tal formación debido a que los valores calculados dan números negativos.

Cuenca 3.8 Pasión

De la parte de la cuenca que corresponde al departamento de Alta Verapaz se tiene registradas 13 muestras, de las cuales 7 muestras 53.84 % son de la clase C_1S_1 , 6 muestras 46.16% de clase C_2S_1 .

Clase C_1S_1 , agua de baja salinidad y baja en sodio Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 50 a 250 microSiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: va de ligeramente ácida a ligeramente alcalina presentando valores de pH que van de 6.7 a 8.0.

Porcentaje de sodio soluble: se considera bajo ya que se encontró valores que varían de 2 a 34%.

Relación de adsorción de sodio RAS: se observan valores bajos siendo estos desde .0.05 a 0.4

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos se cuenta con información de cloruros, encontrando cantidades bajas que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.02 a 0.27 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Se obtuvo valores negativos esto indica que no habrá formación de dicho compuesto

Agua de la clase C_2S_1 : es agua de salinidad media y baja probabilidad que el sodio altere las propiedades físicas del suelo relacionadas con su permeabilidad. Esta clase de agua tiene las siguientes características químicas.

Conductividad eléctrica: presenta valores que van de 310 a 560 microSiemens/cm ($\mu S/cm$)

Su reacción; se considera neutro ya que los valores reportados son pH 6.9 a 7.2

Porcentaje de sodio soluble: se observan valores bajos de este elemento encontrando valores que oscilan de 0.4 a 18 %.

Relación de adsorción de sodio RAS: presenta valores bajos, ya que estos fluctúan de 0.01 a 0.6

Elementos tóxicos: en lo relativo al contenido de elementos tóxicos se cuenta con información de cloruros, consignando valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró cantidades que oscilan de 0.15 a 0.33 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxico, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Se puede decir que no habrá formación de este compuesto ya que los valores encontrados son números negativos lo que indica que no es posible su formación.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

El departamento Alta Verapaz en las diferentes cuencas tiene agua de clase Baja en salinidad y en sodio, en proporción de 62% y 36% de mediano contenido de salinidad y baja en sodio de las muestras analizadas para el departamento. En el departamento es recomendable la utilización de técnicas de riego adecuadas a la naturaleza del suelo, para evitar que por la práctica de riego se pierda el suelo productivo; no esta demás recordar que acá se dan fenómenos de formación de suelos Karsticos. Otro aspecto a tomar en cuenta es la cantidad de carbonatos y bicarbonatos que contienen las aguas para diseñar sistemas de riego, y si es un sistema de riego por goteo se tendrá que reducir estos compuestos utilizando un agente químico adecuado para reducirlos y con ello evitar la obstrucción de los emisores.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento de Alta Verapaz se pueden ver en el anexo 2 en los cuadros 12”A” y 13”A” respectivamente.

6.2.2.c Departamento Baja Verapaz.

Este departamento toma parte de dos cuencas hidrográficas, la cuenca 2.2 Motagua y la 3.7 Salinas. Se tiene registro de 79 muestras analizadas, de las que el 92.40 % pertenecen a la cuenca 3.7 Salinas y el restante porcentaje (7.6%) a la cuenca 2.2 Motagua.

Cuenca 2.2 Motagua.

La región del departamento de Baja Verapaz que corresponde a esta cuenca, es la de los municipios, Granados y Santa Cruz el Chol. De esta se tiene registradas seis muestras todas de la clase. C_1S_1 ,

Clase C_1S_1 , que es agua baja en salinidad y baja en sodio, que tiene las siguientes características químicas.

Conductividad eléctrica: sus valores oscilan de 32 a 85 microSiemens/cm ($\mu S/cm$)

Reacción: es de ligeramente ácido a moderadamente alcalino ya que sus valores de pH van de 6.5 a 7.9.

Porcentaje de sodio soluble: es bajo ya que sus valores oscilan de 20 a 34 %.

La relación de adsorción de sodio RAS, es baja, porque sus valores van de 0.25 a 0.62

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.04 a 0.36 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). No habrá tal formación debido que la mayoría de muestras dan valores negativos o pequeños alrededor de 0.2 meq/l.

Cuenca 3.7 Salinas

Cuenca del río Salinas, la fracción que pertenece al departamento de Baja Verapaz posee varias clases de agua para riego, distribuidas de la siguiente manera: 60.27% de las muestras son de la clase C_1S_1 , que es agua baja en salinidad y baja en sodio. 38.36 % agua de salinidad media y baja en sodio y una muestra de clase C_3S_1 agua alta en salinidad y baja en sodio.

La Clase C_1S_1 , agua baja en salinidad y baja en sodio. Presenta las siguientes características químicas.

Conductividad eléctrica: sus valores oscilan de 25 a 230 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

La Reacción, es de fuertemente ácido a moderadamente alcalino ya que sus valores de pH van de 4.2 a 8.09.

El porcentaje de sodio soluble, es bajo ya que sus valores oscilan de 2.5 a 38 %.

La relación de adsorción de sodio RAS, es baja, porque sus valores van de 0.02 a 0.54

Elementos tóxicos: se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.02 a 0.54 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Existen posibilidades de formación de carbonato de sodio residual ya que se observan valores que van desde 0.0 a 0.36 meq/l. También hay cálculos que dan valores negativos. Tanto los valores positivos bajos como los negativos no limitan el uso del agua para riego.

La Clase C_2S_1 ; agua de salinidad media y baja probabilidad que el sodio altere las propiedades físicas del suelo. Esta clase de agua presenta las siguientes características químicas,

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 275 a 705 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

La reacción, va de neutro a moderadamente alcalino presentando valores de pH que varían de 6.9 a 8.4 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: con respecto a esta relación se tiene valores que van de 0.06 a 0.96 estos se consideran bajos. Pero también se encontró valores hasta de 4.77 en poca proporción con relación al total.

Porcentaje de sodio soluble: este se encuentra bajo a nivel de departamento ya que se encontró valores de 2 a 38 %, pero también se encontró dos muestras con valores mayores de 60%. Estas muestras son de Río Agua caliente en Salamá y otra muestra de embalse en aldea Chixolop de San Miguel Chicaj respectivamente.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos en la mayoría de los casos que no superan a 1.0 meq/l, pero se encontró algunos valores altos de cloruros en las siguientes fuentes embalse ubicado en San Miguel Chicaj con 1.33 meq/l, quebrada San Luís de Rabinal con 1.43 meq/l y río de Salamá con 2.33 meq/l. estos valores condicionan el agua para ser usada en riego de cultivos que no sean sensibles a los cloruros.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Se puede inferir que existe la posibilidad de formación de este, ya que se determinó valores mayores de 1.25 meq/l en las siguientes fuentes: Río Cachil 1.44 meq/l, nacimiento con 1.48 meq/l, Río La Estancia con 1.65 meq/l, nacimiento 2.25 meq/l estas fuentes se ubican en Salamá. Estos valores de carbonato de sodio residual condicionan el uso del agua para riego pues pueden llegar a causar problemas al suelo y en un momento ser toxico para las plantas por el aumento de la concentración de sodio.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

Para el departamento de Baja Verapaz, se ha observado también que el agua para riego es de muy baja salinidad para más o menos el 43% de las muestras analizadas. Esto podrá causar

problemas en el suelo al disolver el Calcio y Magnesio presentes en él, con lo que se causa un efecto similar al de la sodificación ya que se provoca una desestabilización en los agregados del suelo.

En la cuenca del río Salinas las muestras de la clase de agua mediana en salinidad y baja en sodio, se observa cantidades apreciables de carbonatos y bicarbonatos, los que pueden obstruir emisores de sistemas de riego por goteo si no se toman las medidas correctivas del caso.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para este departamento se pueden ver en el anexo 2 en Los cuadros 13”A”, 14”A” y 15”A” respectivamente.

6.2.2.d Departamento El Quiché

En el departamento El Quiché esta ubicada la cabecera de la cuenca 2.2 Motagua, también este departamento forma parte de la cuenca 3.7 Salinas.

Cuenca 2.2 Motagua

Cuenca del río Motagua: la parte del departamento del Quiché que la integra presenta las siguientes clases de agua, 15 muestras es agua de la clase C_1S_1 , 1 muestra de la Clase C_2S_1 .

Las muestras de la clase C_1S_1 representan el 94.11% del total de muestras analizadas para esta parte de la cuenca en el departamento de el Quiché. El agua de esta clase tiene las siguientes características químicas.

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 30 a 197 microSiemens/cm ($\mu S/cm$)

Reacción: esta clase presenta una reacción que va de moderadamente ácida a moderadamente alcalina. Sus valores de pH son 5.8 a 8.0 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa baja ya que los valores encontrados son alrededor de 0.1 a 0.7

Porcentaje de sodio soluble: este se observa bastante bajo, ya que los valores observados van de 6 a 37 %.

Elementos tóxicos: se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.0 a 0.65 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para la mayoría de muestras este valor es negativo, esto indica que no habrá formación de carbonato de sodio residual.

Clase C_2S_1 , se tiene un registro de agua de mediano contenido de salinidad y baja probabilidad que el sodio afecte las propiedades físicas del suelo relacionadas con su permeabilidad, sus características químicas son las siguientes

Conductividad eléctrica: presenta valor de 275 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase presenta una reacción neutra pH 6.98 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa baja ya que el valor encontrado es de 0.2

Porcentaje de sodio soluble: este se observa bastante bajo, ya que el valor es de 8 %-

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos se cuenta con información de ión cloruro con un valor que se considera bajo ya que es de 0.067 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para la muestra este valor es negativo lo que se interpreta como cero por lo consiguiente no habrá formación de carbonato de sodio residual.

Cuenca 3.7 Salinas.

De la cuenca del río Salinas la parte que pertenece al departamento de Quiché, se tiene registro de 30 muestras analizadas de estas 23 muestras corresponden a la clase C_2S_1 , 7 a la clase C_1S_1 .

La Clase C₁S₁ representa el menor porcentaje de muestras dentro de la cuenca Salinas de este departamento con el 23.33% del total. Sus Características químicas son las siguientes:

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 20 a 242 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Reacción: esta clase presenta una reacción de moderadamente ácida a moderadamente alcalina con pH 5.7 a 8.2 unidades

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa baja ya que el valor encontrado es de 0.3 a 0.6

Porcentaje de sodio soluble: este se observa bastante bajo, ya que los valores observados van de 12 a 23 %.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.21 a 0.52 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras el valor calculado es negativo, por lo que se cree que no habrá formación de carbonato de sodio residual.

Clase C₂S₁: esta clase que representa el 76.67 % del total de muestras analizadas para la cuenca que corresponde a este departamento. Las características químicas de esta clase se presentan a continuación.

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 260 a 610 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Reacción: esta clase presenta una reacción de neutra a moderadamente alcalina con pH 6.96 a 8.4 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa baja ya que el valor encontrado es de 0.01 a 0.57

Porcentaje de sodio soluble: este se observa bastante bajo, ya que los valores observados van de 0 a 6 %.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan De 0.89 a 0.78 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son negativos, lo que indica que no habrá formación de carbonato.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

El departamento del Quiché en sus dos cuencas hidrográficas (2.2 Motagua y 3.7 Salinas) tiene agua de muy baja salinidad en una proporción de 38% de las muestras analizadas. Esta clase de agua si no se utiliza con racionalidad puede causar desestabilización en los agregados del suelo y causar un fenómeno como el que ocurre al utilizar aguas de alta sodicidad, provocando con ello un cambio en la permeabilidad del suelo.

Otro problema observado en la cuenca del río Salinas es, las concentraciones de carbonatos y bicarbonatos que al utilizar el agua en sistemas de riego por goteo puede causar obstrucción de los emisores.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento El Quiché se pueden ver en el anexo 2 en los cuadros 15”A” y 16”A”respectivamente.

6.2.2.e Departamento Izabal

Para el departamento de Izabal se tiene registros de 19 muestras analizadas de las que 13 pertenecen

a la cuenca 2.2 Motagua, de estas 12 son de la clase C_1S_1 , que es agua baja en salinidad y baja en sodio, que tiene las siguientes características químicas

.Conductividad eléctrica: sus valores oscilan de 88 a 219 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

La Reacción, es de ligeramente ácido a moderadamente alcalino ya que sus valores de pH varían de 6.44 a 8.4.

El porcentaje de sodio soluble, es bajo ya que sus valores oscilan de 6 a 25 %.

La relación de adsorción de sodio RAS, es baja, pues sus valores van de 0.10 a 0.6

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valores que oscilan de 0.26 a 0.36 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). No habrá tal formación debido que en la mayoría de muestras los cálculos dan valores negativos para el carbonato de sodio residual.

Clase C_2S_1 : agua de mediano contenido de salinidad y baja en sodio. Tiene las siguientes características químicas.

Conductividad eléctrica: de 348 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Reacción: esta clase de agua presenta una reacción moderadamente alcalina. Su valor de pH es de 8.35 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa baja ya que el valor encontrado es de 0.9

En lo relativo al porcentaje de sodio soluble; este se observa bastante bajo, ya que su valor es 30 %..

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valor de 0.54 meq/l.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). En el presente caso se considera que se podrá formar carbonatos de sodio residual, ya que el valor calculado es 1.48 meq/l. Para el agua del río ubicado en Puerto Barrios. Este valor condiciona su utilización en riego.

Cuenca 2.3 Izabal- Río Dulce

Para esta cuenca se cuenta con registro de una muestra, de la clase C_2S_1 agua de salinidad media y baja probabilidad que el sodio altere las propiedades físicas del suelo. Esta clase de agua presenta las siguientes características químicas:

Conductividad eléctrica: tiene un valor de 300 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

La reacción; es moderadamente alcalina presentando un valor de pH de 8.04 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: con respecto a esta relación se tiene valor de 0.06 a 0.24 estos valores se consideran bajos.

Porcentaje de sodio soluble: este se encuentra bajo ya que se encontró valor de 9.3 %

Elementos tóxicos: en relación a elementos tóxicos se cuenta con información de ión cloruro notándose valores bajos que no superan a 1.0 meq/l, ya que se encontró valor de 0.031 meq/l para la muestra analizada

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de carbonato de sodio residual en este caso no habrá formación de carbonatos, debido a que el calculo dio numero negativo lo que se interpreta como cero formación de carbonatos.

Cuenca 2.4 Polochic.

De esta cuenca se tiene registro de dos muestras y estas son de la clase C_1S_1 , que es agua baja en salinidad y baja en sodio, que tiene las siguientes características químicas.

Conductividad eléctrica: sus valores oscilan de 158 a 187 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

La Reacción; es de ligeramente alcalino ya que sus valores de pH varían de 7.6 a 7.7

El porcentaje de sodio soluble, es bajo ya que sus valores oscilan de 4.5 a 6.5 %.

La relación de adsorción de sodio RAS, es baja, porque sus valores van de 0.08 a 0.11

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, no se cuenta con información de ión cloruro

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). En el presente caso no se tiene análisis de aniones y no se pudo calcular este parámetro.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

En el departamento de Izabal no se visualizan problemas a futuro con el uso del agua de las cuencas, ya que estas son aguas de contenidos bajos en salinidad en su mayoría. Del total de aguas analizadas solo dos muestras se encontró que son de salinidad media y sus contenidos de carbonatos y bicarbonatos pueden obstruir emisores de un sistema de riego por goteo si no se toman las medidas correctivas necesarias. Las fuentes son río trincheras ubicado en el municipio de los Amates y un río situado aldea La Laguna en el municipio de Puerto Barrios.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para este departamento se pueden ver en el anexo 2 en los cuadros 16”A” y 17”A”.

6.2.3 Zona Sur

6.2.3.a Departamento Escuintla.

El departamento de Escuintla todas sus aguas drenan al océano pacífico por medio de las cuencas hidrográficas: 1.7 Nahualate, 1.9 Madre Vieja, 1.10 Coyolate, 1.11 Acomé, 1.12 Achihuate y 1.13 María linda.

Cuenca 1.7 Nahualate.

De la cuenca del Río Nahualate se tiene registros de análisis de agua para riego de seis muestras, de estas cinco son de la clase C_2S_1 agua de salinidad media y baja probabilidad que el sodio altere las propiedades físicas del suelo. Las muestras proceden de zanjones, río y kineles, localizados en las aldeas El Semillero, Las Trozas y Ticanlú; todas las aldeas pertenecen a Tiquisate y están a la proximidad del mar por lo que no se descarta la intrusión de agua salina por el régimen de mareas.

A continuación se presenta las características químicas del agua de la clase C_2S_1 .

Conductividad eléctrica: sus valores van de 347 a 502 microSiemens/cm ($\mu S/cm$)

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a ligeramente alcalino con pH que varía de 6.7 a 7.4 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.56 a 1.22

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 21 a 32%

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de cloruros de estos se encontró cantidades que oscilan de 0.36 a 0.9 meq/l estos valores se consideran bajos ya que no llegan a 1.0 meq/l que es al valor aceptable para utilizar el agua en riego de la mayoría de las especies cultivables-

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos, lo que indica que no se formará carbonatos, aún que se presentan algunos valores positivos pero el mayor es de 0.60 meq/l cantidad que no impide su utilización en la agricultura bajo riego.

Cuenca 1.9 Madre Vieja.

Cuenca del Río Madre Vieja: para la parte de la cuenca que corresponde a este departamento se tiene registros de cinco muestras de agua, de las siguientes fuentes: Laguna Sisicapa, Río Seco, zanjón Hidalgo, quinel. Río S/N de estas muestras dos son de la clase C_1S_1 procedentes de Río Seco de Nueva Concepción y Río S/N Tiquisate. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 171 y 230 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción neutra con pH de 7.1 y 7.3 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.3

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 16%

Elementos tóxicos: se cuenta con información de ión cloruro con los valores que oscilan de 0.07 a 0.16 meq/l estos valores se consideran bajos ya que no llegan a 1.0 meq/l que es al valor aceptable para la mayoría de las especies cultivables.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos, lo que indica que no se formará carbonatos, aunque se encontraron cantidades positivas pero la mayor es de 0.3 meq/l cantidad que no impide su utilización en la agricultura bajo riego.

Las muestras de la clase C₂S₁: agua de salinidad media y baja probabilidad que el sodio pueda alterar sus propiedades físicas del suelo. Proceden de las siguientes fuentes: laguna Sisicapa, Zanjón Hidalgo y quinel. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 349 a 475 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Reacción: esta clase tiene reacción de neutra a ligeramente alcalino con pH que varía de 7.0 a 7.8 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.7 a 2.5

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 22%, aunque el agua de la laguna Sisicapa su porcentaje de sodio soluble es de 57% pero la concentración iónica de sodio es 2.39 meq/l valor que es alto pero tolerable para algunos cultivos.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de ión cloruro. Con valores que oscilan de 0.36, 0.54 y 1.88 meq/l de cloruros, los dos primeros se consideran bajos ya que no llegan a 1.0 meq/l que es al valor aceptable para la mayoría de las especies cultivables. Pero el valor de 1.88 meq/l condiciona al agua para riego de cultivos no sensibles a este ión, la fuente es la laguna Sisicapa ubicada en Nueva Concepción.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos, lo que indica que no se formará carbonatos, aún que se presenta valor positivos pero el mayor es de 0.8 meq/l cantidad que no impide su utilización en la agricultura bajo riego.

Cuenca 1.10 Coyolate.

Para la cuenca del río Coyolate, de la parte que corresponde a Escuintla. Se tiene registros de análisis de agua para riego de tres muestras que proceden de Río San Antonio, Zanjón Mangales y un nacimiento, todos pertenecen al municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa. Su clase es C_1S_1 . Agua baja en salinidad y baja en sodio. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 89 a 130 microSiemens/cm ($\mu S/cm$)

Reacción: esta clase tiene reacción neutra a Moderadamente alcalino con pH que varía de 6.9 a 8.2 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.5 a 1.0 Porcentaje de sodio soluble se observa bajo, ya que los valores son de 23 a 45%

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se tiene información de ión cloruro presentando valores que oscilan de 0.11 a 0.52 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos ya que no llegan a 1.0 meq/l que es el valor aceptable para la mayoría de las especies cultivables.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), para las muestras de esta clase los valores calculados son positivos, lo que indica que se formará carbonatos, aunque los valores son positivos el mayor es de 0.4 meq/l cantidad que no impide su utilización en la agricultura bajo riego.

Cuenca 1.13 María Linda..

Para la cuenca del río María Linda en el departamento de Escuintla, se cuenta con trece registros de análisis de agua para riego, de las siguientes fuentes Nacimiento, quebradas y ríos, los ríos son: Asuchillo, lagunas, El Tigre y El Milagro. La mayor cantidad de muestras son de la clase C_1S_1 y pocas son de la clase C_2S_1 .

Las muestras de la clase C₁S₁, Agua baja en salinidad y baja en sodio, sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 75 a 232 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a Moderadamente alcalino con pH que varía de 6.3 a 7.9 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.28 a 0.58

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 12 a 24%

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de ión cloruro, encontrando valores que oscilan de 0.09 a 0.72 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos, ya que no llegan a 1.0 meq/l que es al valor aceptable para la mayoría de las especies cultivables.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), para las muestras algunos valores calculados son negativos lo que indica que no se formará carbonatos, también hay valores positivos pero el mayor es de 0.5 meq/l cantidad que no limita su utilización en la agricultura bajo riego

Las muestras de la clase C₂S₁: Agua salinidad media y baja en sodio, estas muestras proceden de Río Las Lagunas, El Milagro y un nacimiento. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 319 a 460 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción neutra, con pH que varía de 6.8 a 7.0 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.51 a 0.68.

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 14 a 22%

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de ión cloruro, presentando valores que oscilan de 0.09, 0.13 y 3.48 meq/l de cloruros los dos primeros valores se consideran bajos ya que no llegan a 1.0 meq/l que es al valor aceptable para la mayoría de las especies cultivables. Pero el valor de 3.48 meq/l es lo suficientemente alto para restringir su utilización en riego, la fuente es el río las lagunas ubicado en el municipio de Escuintla.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), para las muestras los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

En el departamento de Escuintla no se visualizan problemas con el uso del agua para riego, ya que más del 50% de las muestras analizadas son de la clase C_1S_1 , agua de baja salinidad y baja en sodio. Y las restantes muestras analizadas son de la clase C_2S_1 , agua de salinidad media y baja en sodio esta clase de agua no causará problemas de salinización si se utiliza racionalmente.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento de Escuintla se pueden ver en el anexo 2 en el cuadro 17''A''.

6.2.3.b Departamento Santa Rosa

El departamento de Santa Rosa forma parte de tres cuencas hidrográficas, siendo estas: 1.13

María Linda, 1.14 Paso Hondo y 1.15 Los Esclavos. De cada una de estas cuencas se tiene registro de análisis de agua para riego.

Cuenca 1.13 María Linda.

La parte de la cuenca del río María Linda que pertenece al departamento de Santa Rosa, tiene agua de las clases C_1S_1 y C_2S_1 .

Clase C_1S_1 agua de baja salinidad y baja en sodio. Las fuentes que contienen esta clase de agua son las siguientes: Río El Camalote, río Cartago, río Hoshone, río Playitas Ixpaco, río Obispo, río El Jobo y Río San Juan. y algunos nacimientos Ubicados en los municipios de Taxisco la mayoría, Pueblo Nuevo Viñas y Barberena. Sus características químicas son las siguientes:

Conductividad eléctrica: sus valores van de 40 a 245 microsiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a moderadamente alcalino, con pH que varía de 6.4 a 8.5 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación es baja ya que sus valores son de 0.10 a 1.2

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 7 a 43%

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, existe información de ión cloruro, encontrando valores que oscilan de 0.06 a 0.54 meq/l de cloruros. Estos valores son considerados bajos ya que no llegan a 1.0 meq/l que es al valor aceptable para la mayoría de las especies cultivables.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos de sodio residual. aunque hay valores positivos son menores de 0.8 meq/l lo cual no limita su utilización como agua de riego.

Clase C_2S_1 agua de salinidad media y baja en sodio. Las fuentes que contienen esta clase de agua son las siguientes Río Frío, río S/n y varios nacimientos ubicados en el municipio de Taxisco;

riachuelo Don Gregorio localizado en Santa Cruz Naranjo. Las características químicas son las siguientes:

Conductividad eléctrica: sus valores van de 253 a 681 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a ligeramente alcalino, con pH que varía de 6.5 a 7.5 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.40 a 1.4

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 12 a 37%

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, hay información de análisis de cloruros, encontrando en las muestras cantidades que oscilan de 0.03 a 0.94 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos ya que no llegan a 1.0 meq/l que es al valor aceptable para la mayoría de las especies cultivables. También se encontró los valores de 1.05 y 1.43 meq/l de cloruros para las muestras de agua procedentes de aldea El Cojonal, de una quebrada y poceta respectivamente, estos valores condicionan la utilización del agua para riego, la cual se puede utilizar solo en plantas tolerantes a los cloruros.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), algunos de estos valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos de sodio residual. Aunque hay valores positivos alrededor de 0.6 meq/l estos no limitan su utilización como agua de riego.

Cuenca 1.15 Los Esclavos.

Cuenca del Río Los Esclavos, el territorio de Santa Rosa que pertenece a la cuenca, cuenta con agua de las clases C_1S_1 y C_2S_1 : que son agua baja en salinidad y sodio; y agua de salinidad media y baja en sodio. Respectivamente.

El Agua de la clase C₁S₁, agua de baja salinidad y baja en sodio, se ha encontrado en las siguientes fuentes. Nacimientos, quebradas y los siguientes ríos: agua fría, El Amate, El Molino, La Virgen, Ishte, Las Cabezas; Los Esclavos, Opanes y Santa Bárbara, sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 53 a 245 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a moderadamente alcalino, con pH que varía de 6.35 a 8.50 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.10 a 0.8

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 3 a 33%

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, existe información sobre cloruros, encontrando datos que oscilan de 0.022 a 0.85 meq/l de cloruros, estos valores se consideran bajo..

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), algunos de los valores encontrados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos de sodio residual. Aunque se encontró valores positivos estos son menores de 0.9 meq/l, este valor no limita su utilización como agua de riego

El Agua de la clase C₂S₁, agua de salinidad media y baja en sodio, se ha encontrado en las siguientes fuentes Nacimientos en los municipios de Nueva Santa Rosa, Oratorio y San Rafael Las Flores y los siguientes ríos: Amapa, El Pacayal, Los Esclavos y Margarita, localizados en los municipios de Cuilapa, oratorio, y Chiquimulilla, sus características químicas son las siguientes:

Conductividad eléctrica: sus valores van de 260 a 678 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Reacción: esta clase tiene reacción moderadamente ácido a moderadamente alcalino, con pH que varía de 5.7 a 8.30 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.25 a 1.06

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 8 a 32%

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de cloruros, los valores encontrados oscilan de 0.0 a 0.96 meq/l de cloruros, estos valores se consideran bajos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos de sodio residual. Aunque hay valores positivos estos son menores de 0.6 meq/l, este valor no limita su utilización como agua de riego.

Cuenca 1.14 Paso Hondo

De la cuenca del río Paso Hondo se tiene únicamente dos registros de análisis de muestras de agua para riego, son de la clase C_1S_1 , agua de baja salinidad y baja en sodio, las fuentes son: Río Astillero y río S/N ubicados en aldeas El Astillero y Buenas Brisas, del municipio de Guazacapán; sus características químicas son las siguientes:

Conductividad eléctrica: sus valores van de 121 y 213 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción neutro a ligeramente alcalino, con pH que varía de 7.05 y 7.8 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.38 y 0.42

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 13 y 22%

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de ión cloruro. Se ha encontrado valores de 0.13 y 0.18 meq/l de cloruros, estos valores son bajos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), se ha encontrado valores negativos lo que indica que no

se formará carbonatos de sodio residual. Aunque hay valores positivos son menores de 0.4 meq/l, este valor no limita su utilización como agua de riego.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

En el departamento de Santa Rosa, no se visualiza problemas con el uso de agua para riego, ya que el 55% del agua es de la clase C_1S_1 , agua de baja salinidad y baja en sodio. El 14% de las muestras analizadas es agua de muy baja salinidad y baja en sodio, con esta clase de agua se debe llevar junto con el riego un programa de nutrición mineral adecuado al suelo y cultivo. Para evitar la disolución y pérdida de los cationes Calcio y Magnesio que le dan la estabilidad estructural al suelo.

El 31% de las muestras son de clase C_2S_1 , agua de salinidad media y baja en sodio. Si no se hace un uso racional del agua puede llegar a formar suelos salinos.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento de Santa Rosa se pueden consultar en el anexo 2 en los cuadros 17"A", 18"A" y 19"A" respectivamente.

6.2.4 Zona Oriente

6.2.4.a Departamento Chiquimula

Este departamento forma parte de tres cuencas: Cuenca 1.17 Ostúa - Guija, 1.18 Olopa y 2.1 Grande – Zacapa, de estas cuencas se tiene registro de 56 muestras analizadas.

Cuenca 1.17 Ostúa Guija, se tiene registro de una muestra de clase C_1S_1 agua baja en salinidad y baja en sodio que tiene las siguientes características químicas.

Conductividad eléctrica: su valor es de 74 microSiemens/cm ($\mu S/cm$)

Reacción: es de ligeramente alcalino ya que su valor es pH de 7.45

El porcentaje de sodio soluble, es bajo y su valor es de 19.63 %.

La relación de adsorción de sodio RAS, es baja, porque su valor es de 0.3

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de cloruros con valor de 0.27 meq/l de cloruros este valor se considera bajo.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), en el presente no habrá formación debido que la muestra da valor negativo

Cuenca 1.18 Olopa.

De esta cuenca se tiene registro de 16 muestras, de las que 12 muestras son de la clase C_1S_1 . Esta clase de agua es baja en salinidad y baja en sodio y presenta las siguientes características químicas.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 23 a 246 Microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

La reacción, va de ligeramente ácida a moderadamente alcalina presentando sus valores de pH de 6.10 a 7.6

La relación de adsorción de sodio RAS, se presenta baja, ya que los valores registrados van de 0.02 a 0.92

Con respecto al porcentaje de sodio en solución, este se presenta bajo ya que sus valores van de 3 a 38 por ciento.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se tiene información de ión cloruro con valores que oscilan de 0.06 a 1.04 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). En las muestras para esta clase no existe la posibilidad de que se forme carbonatos de sodio residual ya que los valores observados dan números negativos.

Clase C_2S_1 , agua de mediano contenido de salinidad y baja en sodio, se encontró cuatro muestras de esta clase, lo que hace un 25% del total de muestras analizadas. Que tiene las siguientes características químicas..

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 257 a 463 Microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase de agua presenta una reacción que va de neutra a moderadamente alcalina. Sus valores de pH son 7.17 a 8.03 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa baja ya que los valores encontrados van de 0.01 a 0.49

En lo relativo al porcentaje de sodio soluble; este se observa bastante bajo, ya que los valores observados van de 14 a 39 %.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de cloruros, se encontró valores que oscilan de 0.23 a 0.37 meq/l de cloruros, estos valores se consideran bajos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), en las muestras de esta se espera la formación de carbonatos de sodio residual debido a que los valores calculados son de 0.4 a 0.9 meq/l, pero estos son tolerables para la mayoría de cultivos.

Cuenca 2.1 Grande de Zacapa.

De esta cuenca se tiene registro de 39 muestras analizadas, de las que 27 son de la clase C_1S_1 , que es agua baja en salinidad y baja en sodio, tiene las siguientes características químicas.

Conductividad eléctrica: sus valores oscilan de 41 a 250 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

La Reacción; es de Moderadamente ácido moderadamente alcalino y sus valores de pH varían de 5.8 a 8.1

El porcentaje de sodio soluble; es bajo ya que sus valores oscilan de 2 a 56 %.

La relación de adsorción de sodio RAS, es baja, porque sus valores van de 0.05 a 1.4

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de cloruros, las muestras presentan valores que oscilan de 0.37 a 0.80 meq/l de cloruros, estos valores se consideran bajos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), en las muestras de esta clase no se espera la formación de carbonatos debido que la mayoría de muestras dan valores negativos. Pero también se encontró que en el Río El Jobo de San Juan Ermita y nacimiento en aldea el Calvario en Ipala, valores que van de 1.19 a 1.8 meq/l indica que se formará carbonato de sodio residual, lo que podrá causar problemas de intoxicación por sodio a las plantas.

En la cuenca se encontró 10 muestras de la clase C_2S_1 , agua de mediano contenido de salinidad y baja en sodio, que tiene las siguientes características químicas..

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 303 a 724 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Reacción: esta clase de agua presenta una reacción que va de neutra a moderadamente alcalina. Sus valores de pH son 6.95 a 8.45 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa baja ya que los valores encontrados van de 0.08 a 1.3

En lo relativo al porcentaje de sodio soluble; este se observa bastante bajo, ya que los valores observados van de 3 a 32 %..

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de cloruros. y se encontró valores que oscilan de 0.15 a 0.84 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), para la mayoría de muestras este valor es negativo lo que indica que no habrá formación de carbonato, pero existe unas muestras procedentes de. Río San José (1.19 meq/l) en Chiquimula, de un riachuelo de san José (2.71 meq/l) La Arada y nacimiento en Ipala (1.36 meq/l)

Dentro de la cuenca se encontró una muestra de la clase C_3S_2 , que corresponde al río Pescadero. Ubicado en Quezaltepeque.

El agua de la clase C_3S_2 es altamente Salina y de mediana probabilidad que el sodio afecte las propiedades físicas del suelo. sus características químicas son las siguientes:

Conductividad eléctrica: 1375 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción la muestra presenta reacción ligeramente alcalina ya que su valor de pH son de 7.63 unidades.

Porcentaje de sodio soluble: este elemento se encuentra en la muestra con el valor de 76.69 % valor que se considera alto. La concentración iónica de sodio es toxica para las plantas por el valor encontrado 9.26 meq/l.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa alta para el agua del Río Pescadero, el valor encontrado 8.81 respectivamente.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos se tiene datos de cloruros con valor de 1.92 meq/l de cloruros. Este valor se consideran medio y para usar el agua en riego debe seleccionarse cultivos que no sean sensibles a este ión.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), la muestra del río Pescadero se formará carbonatos de sodio residual ya que su valor calculado es de 7.29 meq/l.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

El departamento de Chiquimula cuenta con un 32% de las muestras analizadas con agua de muy baja salinidad y baja en sodio, la que al utilizarla sin ningún control puede causar un desbalance en el estado nutrimental del suelo, y ocasionando con ello la perdida de la estructura y la permeabilidad del suelo.

Otro problema que se visualiza es, las concentraciones de bicarbonatos y carbonatos en las aguas de la clase C_2S_1 , salinidad media y baja en sodio. Por las obstrucciones que puede causar en sistemas de riego por goteo.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento de Chiquimula se pueden consultar en el anexo 2 en los cuadros 19”A” y 20”A” respectivamente.

6.2.4.b Departamento Jalapa

El departamento de Jalapa drena sus aguas por las vertientes de: El Océano Pacífico a través de la cuenca 1.17 Ostúa – Guija, y al Mar de Las Antillas por las cuencas 2.1 Grande de Zacapa y la cuenca 2.2 Motagua.

Cuenca 1.17 Ostúa – Guija.

Para la cuenca del río Ostúa – Guija, que corresponde al territorio de Jalapa se cuenta con catorce registros de análisis de agua para riego, de las siguientes fuentes: nacimientos y los ríos Blanco, Las Pilas, Grande de Morazán, Ostúa, San Pedro y de la Laguna del Hoyo.

De estas fuentes la calidad del agua para riego va de agua de baja salinidad y baja en sodio clase C_1S_1 , a salinidad media y baja en sodio clase C_2S_1 .

Clase C_1S_1 : es agua de buena calidad para riego ya que es de baja en salinidad y baja en sodio.

Las muestras proceden de las siguientes fuentes. Río Grande, río Blanco, río Ostúa, río las Pilas, río San Pedro, nacimientos y de la laguna del Hoyo, sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 24 y 248. microSiemens/cm ($\mu S/cm$)

Reacción: esta clase tiene reacción de fuertemente ácido a ligeramente alcalino, con pH que varía de 4.3 a 7.83 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: se considera baja ya que los valores encontrados son de 0.10 a 1.20. También se detectó un valor de 6.32 en una muestra de un nacimiento ubicado en aldea Laguna Verde, del municipio de San Carlos Alzatate.

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo para la mayoría de muestras, sus valores oscilan de 12 a 37%. También se detectó una muestra con 52% de sodio soluble, pero su concentración iónica no es alta, y su valor es de 0.37 meq/l lo cual no es limitante para utilizarse en riego. La fuente es el río Blanco, ubicado en el municipio de Monjas.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de ión cloruro, encontrando valores que oscilan de 0.0 a 0.64 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), para las muestras los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos, aunque hay cantidades positivas son menores de 0.4 meq/l estos valores no son limitantes para su utilización en riego.

Clase C_2S_1 , Agua de salinidad media y baja en sodio: El agua ubicada en esta clase, es de las siguientes fuentes: Río Las Pilas, río San Pedro, río Chaparrón y río Ostúa. Localizados los dos primeros en el municipio de Monjas, el siguiente en el municipio San Manuel Chaparrón y el último en aldea Río Blanco del municipio de Jalapa, sus características químicas se presentan a continuación.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 256 y 468 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Reacción: esta clase tiene reacción neutra a moderadamente alcalino, con pH que varía de 6.90 a 8.13 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.51 a 1.95

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 18 y 26 %, un valor alto de 54 % de sodio soluble para el agua del río San Pedro.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con análisis de ión cloruro, encontrando cantidades que oscilan de 0.0 a 0.42 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), para algunas muestras los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos. Pero se encontró valores positivos de 1.84 a 2.51 meq/l, estos valores son limitantes para su utilización en riego. Las fuentes son los Ríos Chaparrón y San Pedro ubicados en los municipios de San Manuel Chaparrón y Monjas respectivamente

Cuenca 2.2 Motagua.

Del territorio de Jalapa que pertenece a la cuenca del río Motagua se tiene registro de análisis de muestras de agua de las siguientes fuentes: Río Jalapa, río San Pedro: Quebradas Guisiltepeque, Suquinay, El Cotete y Pitahaya. Y un nacimiento. Las clases de agua determinadas para la cuenca en esta región son Clase C_1S_1 y C_2S_1 .

Clase C_1S_1 , Agua de baja salinidad y baja en sodio: Es de las siguientes fuentes. Río Jalapa, río S/n; y las quebradas Guisiltepeque, Suquinay y Pitahaya. Y nacimientos. Ubicados en los municipios de San Pedro Pinula y Mataquescuintla respectivamente; las características químicas de esta clase se presentan a continuación.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 38 a 117 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a neutro, con pH que varía de 5.5 a 7.0 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.05 a 0.76

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 4 a 44%,

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con datos de cloruros, encontrando valores que oscilan de 0.03 a 0.20 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos-

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), para las muestras los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos de sodio residual

Clase C_2S_1 , Agua de salinidad media y baja en sodio. Proceden de las siguientes fuentes. Ríos Jalapa y San Pedro, quebrada El Cotete ubicados en los municipios de: San Pedro Pinula y Mataquescuintla respectivamente, las características químicas son las siguientes:

Conductividad eléctrica: sus valores van de 349 a 473 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Reacción: esta clase tiene reacción neutra a moderadamente alcalina, con pH que varía de 7.3 a 8.5 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.20 a 1.77.

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 3 a 5%,

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de cloruros, encontrando valores que oscilan de 0.13 a 0.72 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), se observa que los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos de sodio residual. Aunque hay valores positivos estos son menores de 0.4 meq/l, considerando que estos no limitan su utilización como agua de riego.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

El departamento de Jalapa en sus cuencas hidrográficas tiene agua, desde muy baja en sales hasta agua de salinidad media. En las siguientes proporciones Clase C_0S_1 30 %, C_1S_1 38 %, y C_2S_1 32%.

La clase C_0S_1 , agua de muy baja salinidad, esta clase de agua pueda llegar a ser nociva si no se utiliza racionalmente en riego, debido a que disuelve los minerales del suelo entre los que están el Calcio y Magnesio que son cementantes del mismo. Al estar ausentes dichos cationes en el suelo se dará un fenómeno parecido al de la sodificación, destruyendo la estructura y reduciendo su permeabilidad.

Otro problema que se puede dar es el de salinización por la utilización de aguas de la clase C_2S_1 , salinidad media y baja en sodio, también por el contenido de carbonatos y bicarbonatos esta clase de agua puede llegar a obstruir emisores en un sistema de riego por goteo.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento de Jalapa se pueden ver en el anexo 2 en los cuadros 20''A'' y 21''A'' respectivamente.

6.2.4.c Departamento Jutiapa

El departamento de Jutiapa drena por dos cuencas hidrográficas hacia el Océano Pacífico. Por cuencas 1.16 Paz y 1.17 Ostúa – Guija

Cuenca 1.16 Paz.

Cuenca del Río Paz: esta es una cuenca internacional que comparte Guatemala con la República del Salvador. En lo que se refiere a calidad del agua para riego se ha identificado dos clases de agua, siendo estas de las Clases C_1S_1 y C_2S_1

Clase C_1S_1 , esta es agua de buena calidad para riego ya que es baja en salinidad y baja en sodio. El agua es de las siguientes fuentes. Río Pululá, río Paz, río Estanzuela, río Pasaco, río Iluminas, río Tempisque y varios nacimientos, las características químicas son las siguientes:

Conductividad eléctrica: sus valores van de 85 a 240 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Reacción: esta clase tiene reacción de ligeramente ácido a moderadamente alcalino con pH que varía de 6.4 a 8.4 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.04 a 1.33.

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo para la mayoría de muestras, ya que los valores son de 2 a 36%, aunque se encontró un valor mayor de 50 % de sodio pero su concentración iónica es de 0.63 meq/l- para la muestra de nacimiento ubicado en Quezada.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se tiene información de ión cloruro encontrando valores que oscilan de 0.06 a 0.91 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de Carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), para algunas muestras los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos. Aunque hay valores positivos estos son menores de 1.0 meq/l estas cantidades no son limitantes para su utilización en riego. Además se encontró valores de 1.2 a 1.3 meq/l de carbonato de sodio residual, este valor hace poco recomendable la utilización del agua en riego. Las muestras son de río Tempisque y Nacimiento, ubicados municipio de Quezada.

Clase C_2S_1 , Agua de Salinidad media y baja en sodio: El agua procede de las siguientes fuentes: nacimientos El Gozo ubicados en Jalpatagua, río Estanzuela y río Pasaco Ubicados en Jerez y Pasaco respectivamente, sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 273 y 321 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a moderadamente alcalino, con pH que varía de 6.5 a 7.9 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.4 a 0.5

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 15 a 20%,

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con datos de cloruros y hay valores que oscilan de 0.43 a 0.54 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de Carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), para las muestras los valores calculados son negativo, lo que indica que no se formará carbonatos. Aunque hay valores positivos estos oscilan de 0.6 y 1.23 meq/l este último valor condiciona al agua para riego.

Cuenca 1.17 Ostúa - Guija

La cuenca del río Ostúa y lago Guija también es una cuenca internacional con la república del Salvador. De esta cuenca se tiene registro de treinta y seis muestras de agua de diferentes fuentes, de calidad para riego variada. Encontrando agua de las clases C_1S_1 , C_2S_1 , C_3S_1 .

Clase C_1S_1 , es agua de buena calidad para riego, ya que es de baja en salinidad y baja en sodio. El agua procede de las siguientes fuentes. Laguna de Retana, nacimiento, río Ostúa, río El Ovejero, río Saral, río Salado y varios embalses, las características químicas son las siguientes:

Conductividad eléctrica: sus valores van de 50 y 188 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a moderadamente alcalino, con pH que varía de 6.30 a 8.5 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.23 a 0.86

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 12 a 38%,

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se tiene datos de ión cloruro observando valores que oscilan de 0.11 a 0.80 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), para algunas muestras los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos, aunque hay valores positivos menores de 0.3 meq/l estas cantidades no son limitantes para su utilización en riego.

Clase C_2S_1 , Agua de salinidad media y baja en sodio. El agua procede de las siguientes fuentes: laguna de Retana, Río Tahuapa, Río Salado, río Estanzuela y río Amayito. Presenta las características químicas siguientes:

Conductividad eléctrica: sus valores van de 257 y 659 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a moderadamente alcalino, con pH que varía de 6.77 a 7.8 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.32 a 1.88

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores son de 8 a 48%.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de cloruros, y presenta valores que oscilan de 0.23 a 0.97 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos. También se encontró un valor de 1.22 meq/l de cloruros de la fuente denominada río Salado

del municipio de Jutiapa; este valor ya condiciona el uso para riego de esta clase de agua para plantas tolerantes a los cloruros.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), para algunas muestras los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos. Pero también hay valores positivos de 0.09 a 1.21 meq/l estos valores no son limitantes para su utilización en riego. Además se detectó un valor de 1.73 meq/l de del agua del Río Tahuapa de Asunción Mita, esta cantidad de carbonatos de sodio residual hace esta clase de agua poco recomendable para riego por el riesgo que se corre de sodificar el suelo.

Clase C_3S_1 , Agua Altamente Salina y baja probabilidad que el sodio pueda alterar las propiedades físicas del suelo. Pero el sodio en forma iónica puede causar toxicidad a las plantas por absorción foliar, por las concentraciones encontradas que van de 2.8 a 5.4 meq/l. El agua procede de las siguientes fuentes: embalse El Calvario, ubicada en Yupiltepeque y dos quebradas sin nombre. Ubicadas en el municipio de Jutiapa, sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 786 y 1410 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente alcalina, con pH que varía de 7.4 a 7.7 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja para las quebradas de Jutiapa ya que sus valores son alrededor de 1.8 alta para la muestra de la quebrada el Calvario del municipio de Yupiltepeque ya que es de 4.58 este valor se considera una restricción para su utilización como agua de riego.

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo para las muestras de las quebradas de Jutiapa, ya que los valores son alrededor de 27%, alto para la muestra de embalse El Calvario de el municipio de Yupiltepeque debido a que su valor es 64% de sodio.

Elementos tóxicos: respecto a los elementos tóxicos; de esta clase de agua se tiene dos resultados de análisis de cloruros de muestras de agua de quebradas de Jutiapa. Las que reporta los siguientes datos 3.5 y 5.3 meq/l de cloruros estos datos hacen restrictivo su utilización en riego debido a que rebasan niveles establecidos para este elemento.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son negativos, lo que indica que no se formará carbonatos, aunque se encontró algunas cantidades positivas pero son menores de 0.2 meq/l estos valores no son limitantes para su utilización en riego.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

El departamento de Jutiapa tiene diferentes clases de agua, desde agua de muy baja salinidad hasta agua altamente salina.

El agua de clase C_0S_1 , agua de muy baja salinidad y baja en sodio tiene 25 % del total de muestras analizadas y en su mayoría pertenecen a la cuenca de Ostúa-Guija. Esta clase de agua puede ocasionar problemas a futuro si no se emplea en riego racionalmente, debido a que podrá disolver el calcio y magnesio del suelo y con ello destruir la estructura del mismo y reducir su permeabilidad..

Otro problema que se puede dar en el departamento; es salinización de los suelos por uso inapropiado de agua de las clases C_2S_1 agua de mediano contenido de salinidad y baja en sodio, y C_3S_1 , agua de alta salinidad y baja en sodio. Por los factores climáticos que ocurren en la zona bajas precipitaciones y temperaturas altas.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento de Jutiapa se pueden ver en el anexo 2 en los cuadros 22”A” y 23”A” respectivamente.

6.2.4.d. Departamento Zacapa.

El departamento de Zacapa forma parte de dos cuencas hidrográficas: la: Cuenca 2.1 Grande de Zacapa y cuenca 2.2 Motagua, de ambas cuencas se tiene registros de 130 muestras analizadas a la

fecha, de las que 18.46% pertenecen a la cuenca del río Grande de Zacapa, el 81.54 % a la cuenca del Motagua.

Cuenca 2.1 Grande de Zacapa.

De esta cuenca existe registros de 24 muestras analizadas, de estas 8 son de la clase C_1S_1 , 15 de clase C_2S_1 y 1 de clase C_3S_1 .

Las muestras de la clase C_1S_1 , tienen las siguientes características químicas:

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 43 a 250 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase de agua presenta una reacción que va de neutra a moderadamente alcalina. Sus valores de pH son 6.82 a 8.2 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa baja ya que los valores encontrados van de 0.2 a 0.9

Porcentaje de sodio soluble: este se observa bastante bajo, ya que los valores observados van de 11 a 42 %.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de ión cloruro con valores que oscilan de 0.13 a 0.38 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos.

También se encontró un valor de 1.05 meq/l de cloruros de la fuente denominada río San Juan ubicado en Gualán.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para la mayoría de muestras este valor es negativo lo que indica que no habrá formación de carbonato.

Las muestras de la clase C_2S_1 , representan el 60% del total de muestras para esta cuenca en el departamento de Zacapa, sus propiedades químicas se presentan a continuación.

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 256 a 712 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase de agua presenta una reacción que va de neutra a moderadamente alcalina. Sus valores de pH son 6.9 a 8.2 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa baja ya que los valores encontrados van de 0.2 a 0.9

Porcentaje de sodio soluble: este se observa bastante bajo, ya que los valores observados van de 8 a 33%.

Elementos tóxicos: se cuenta con información de ión cloruro con los valores que oscilan de 0.11 a 0.98 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos ya que no llegan a 1.0 meq/l que es al valor aceptable para la mayoría de las especies, también se encontró valores alrededor de 1.5 meq/l de cloruros de las siguientes fuentes ríos:: Grande y San Pablo. Ambos del municipio de Zacapa.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para la mayoría de muestras este valor es negativo lo que indica que no habrá formación de carbonato.

Cuenca 2.2 Motagua.

De esta cuenca se tiene registro de 106 muestras, de las que 53 muestras (50%) son de la clase C_1S_1 , 47 muestras (44.34%) de clase C_2S_1 y 6 muestras (5.66%) de clase C_3S_1

Las muestras de la clase C_1S_1 , presentan las siguientes características químicas:

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 20 a 245 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase de agua presenta una reacción que va de ligeramente ácida a moderadamente alcalina. Sus valores de pH son 6.25 a 8.3 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa baja ya que los valores encontrados van de 0.2 a 0.9

Porcentaje de sodio soluble: este se observa bastante bajo, ya que los valores observados van de 2 a 40 %, aunque se encontró tres valores mayores del 50% de ríos del municipio de Río Hondo, pero

sus concentraciones iónicas de sodio son menores de 0.5 meq/l,. Los ríos en mención son: Río Colorado, Río Jones y Río S/N.

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de ión cloruro con valores que oscilan de 0.02 a 0.96 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos ya que no llegan a 1.0 meq/l que es al valor aceptable para la mayoría de las especies.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para la mayoría de muestras este valor es negativo, lo que indica que no habrá formación de carbonato, las pocas muestras que sus valores son positivos todos, menores de 0.90 meq/l

El agua de la clase C_2S_1 , Salinidad media y baja probabilidad que el sodio afecte las propiedades físicas del suelo relacionadas con su permeabilidad, sus características químicas son las siguiente.

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 256 a 748 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción que va de moderadamente ácido a moderadamente alcalina pH 6.13 a 8.75 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa bastante baja ya que el valor encontrado es de 0.04 a 1.94

Porcentaje de sodio soluble: este se observa bajo, ya que el valor es alrededor de 1 a 43% y su concentración iónica es menor de 3.0 meq/l

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se tiene información de ión cloruro con los valores que oscilan de 0.0 a 0.96 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos ya que no llegan a 1.0 meq/l que es al valor aceptable para la mayoría de las especies, aunque se detectó valores de medianos a altos para las siguientes fuentes: Ríos Pampur y San Diego 1.11 y

2.07 meq/l ubicados en San Diego, nacimiento 4.3 meq/l ubicado en aldea el Rosario de Río Hondo.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras el valor calculado es negativo lo que indica que no habrá formación de carbonato de sodio en la mayoría de los casos, pero existen datos de las fuentes Río San Diego 1.28 meq/l y Quebrada del Rastro 2.75 meq/l ubicados en San Diego, la laguna 2.81 meq/l ubicada en Teculután, Río Managua 2.36 meq/l ubicado en Gualán, nacimientos con 2.72, 2.89 meq/l y Quebrada Rosareña con 4.94 meq/l ubicados en Río Hondo. Estos datos hacen condicionada a limitante el uso de esta clase de agua en riego.

Las muestras de la clase C_3S_1 , Esta clase de agua es altamente salina y de baja probabilidad que el sodio afecte las propiedades físicas del suelo relacionadas con su permeabilidad, sus características químicas: son las siguientes:

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 760 a 1222 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase de agua presenta una reacción que va de neutra a moderadamente alcalina, sus valores de pH son 7.34 a 8.77 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa baja ya que los valores encontrados son alrededor de 0.2

Porcentaje de sodio soluble: este se observa bastante bajo, ya que los valores observados van de 4 a 24 %

Elementos tóxicos: en relación a contenido de elementos tóxicos, se cuenta con información de ión cloruro con valores que oscilan de 0.18 a 0.54 meq/l de cloruros estos valores se consideran bajos ya que no llegan a 1.0 meq/l que es al valor aceptable para la mayoría de las especies

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para la mayoría de muestras este valor es negativo lo que

indica que no habrá formación de carbonato, aunque se encontró una muestra de la quebrada del Rastro en el municipio de San Diego con valor de 2.39 meq/l, esta cantidad de carbonato de sodio residual es limitante para que el agua sea utilizada en riego.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

El departamento de Zacapa tiene diferentes clases de agua, desde agua muy baja en sales y sodio hasta agua altamente salina y baja en sodio.

El agua de la clase C_0S_1 , agua de muy baja salinidad y baja en sodio, sin un buen manejo de riego puede llegar a causar problemas por la disolución del calcio y magnesio presente en el suelo. Lo que provocaría una alteración en la estructura del suelo y con ello la reducción de la permeabilidad.

Otro problema que puede ocurrir es la salinización de los suelos por uso inadecuado de aguas de salinidad media y alta por las condiciones climáticas de la zona, bajas precipitación pluvial y altas temperaturas, condiciones que favorecen la formación de suelos salinos si no se maneja bien el riego. La mayoría de muestras analizadas son de la cuenca del río Motagua.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento de Zacapa se pueden consultar en el anexo 2 en los cuadros 23"A", 24"A", 25"A" y 26A" respectivamente.

6.2.5 Zona Occidente

6.2.5.a Departamento Huehuetenango

Para el departamento de Huehuetenango se tiene registro de 73 muestras analizadas de seis cuencas hidrográficas, siendo estas las siguientes:

Cuenca 3.1 Cuilco, con cuatro (4) registros

Cuenca 3.2 Selegua, con treinta y dos (32) registros

Cuenca 3.3 Nentón, con quince (15) registros

Cuenca 3.4 Pojón, con un (1) registro

Cuenca 3.5 Ixcan, con once (11) registros

Cuenca 3.7 Salinas, con diez (10) registros.

Cuenca 3.1 Cuilco.

La cuenca del río Cuilco, posee agua de baja salinidad en los ríos Cuilco y Chapala. De salinidad media en los ríos Chanjón y Ug Barranca.

El agua de la clase C_1S_1 , baja en salinidad y baja en sodio, presenta las siguientes características químicas.

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 72 a 130 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase presenta una reacción neutra pH 6.86 a 7.16 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa baja ya que los valores encontrados son alrededor de 0.6

Porcentaje de sodio soluble: este se observa bajo, ya que los valores van de 15 a 36 %.

El contenido de elementos tóxicos: representado por los cloruros para las muestras los valores encontrados van de 0.16 a de 0.268 meq/l. los valores son bajos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados uno de ellos presenta número negativo y el otro es 0.14 meq/l lo que indica que habrá formación de carbonato de sodio pero en cantidades bajas.

El agua de la clase C_2S_1 , Salinidad media y baja probabilidad que el sodio afecte las propiedades físicas del suelo relacionadas con su permeabilidad esta clase de agua tiene las características químicas siguientes.

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 289 a 416 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción, esta clase tiene reacción moderadamente alcalina pH 7.9 a 8.4 unidades.

Porcentaje de sodio soluble: este se observa bajo, ya que el valor es alrededor de 2%

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa bastante baja ya que el valor encontrado es de 0.06

El contenido de elementos tóxicos: representado por los cloruros para esta clase los valores encontrados son bajos por ser de 0.18 a 0.36 meq/l de cloruros

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras el valor calculado es negativo lo que indica que no habrá formación de carbonato de sodio.

Cuenca 3.2 Selegua: La cuenca del Río Selegua, tiene dos clases de agua para riego. Agua de baja salinidad baja en sodio, y agua de salinidad media baja en sodio, esta clase es la que predomina ya que tiene 31 muestras (86.8%) del total.

El agua de la clase C_1S_1 , baja en salinidad y baja en sodio es poco frecuente en la cuenca se tiene registro de tres muestras, una de Río San Joaquín en la meseta de los Cuchumatanes y dos de nacimientos Tuispic y Valentón ambos en Todos Santos Cuchumatán. Las muestras de esta clase presentan las siguientes características químicas.

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 16 a 140 microSiemens/cm (μS).

Reacción: esta clase presenta una reacción de ligeramente ácido a neutra con pH 6.5 a 8.2 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa baja ya que el valor encontrado es de 0.09 a 0.8

Porcentaje de sodio soluble: este se observa bastante bajo, ya que los valores observados van de 5 a 10 %.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, se tiene datos de análisis de cloruros que oscilan de 0 a 0.36 meq/l estos datos son considerados bajos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son negativos lo que indica que no habrá formación de carbonato de sodio.

La clase C_2S_1 .; Agua de salinidad media y baja probabilidad que el sodio pueda afectar las propiedades físicas del suelo relacionadas con su permeabilidad. Tiene las siguientes características químicas.

Conductividad eléctrica: presenta valores que oscilan de 283 a 722 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase presenta una reacción de ligeramente ácido a neutra a moderadamente alcalina con pH 6.8 a 8.3 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se observa baja ya que el valor encontrado es de 0.01 a 0.32

Porcentaje de sodio soluble: este se observa bastante bajo, ya que los valores observados van de 0.1 a 8 %.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, se tiene datos de análisis de cloruros que oscilan de 0.06 a 0.96 meq/l de cloruros, estas cantidades se consideran bajas que no limitan el uso del agua para riego por este anión.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son negativos lo que indica que no habrá formación de carbonato.

Cuenca 3.3 Nentón.

La cuenca del Río Nentón esta constituida por varios ríos. Entre ellos, río Azul, lagartero, Nentón y varios nacimientos.

Para esta cuenca se tiene registro de 19 muestras. De estas 14 son de la clase C_2S_1 , cinco (5) de la clase C_3S_1 .

Las muestras clasificadas como C_2S_1 , son de los ríos Nentón, Azul y algunos nacimientos. Sus Características químicas son las siguientes:

Conductividad eléctrica: presenta un valores de 294 a 591 microsiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene una reacción ligeramente ácido a moderadamente alcalina con pH 6.6 a 7.9 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que los valores encontrados oscilan 0.03 a 0.57

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores obtenidos son alrededor de 0.05 a 42.9%.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, se tiene datos de análisis de cloruros que oscilan de 0.11 a 0.90 meq/l de cloruros, estas cantidades se consideran bajas que no limitan el uso del agua para riego.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados dan números negativos lo que indica que no se formará de carbonato

Las muestras clasificadas como C_3S_1 son del río Lagartero. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: los valores encontrados oscilan de 1254 a 1619 microSiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción neutra con pH 6.9 a 7.2 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que los valores encontrados oscilan 0.03 a 0.11

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores obtenidos son alrededor de 0.06 a 3%.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos se tiene datos de análisis de cloruros que oscilan de 0.09 a 0.2224 meq/l de cloruros, estas cantidades se consideran bajas que no limitan el uso del agua para riego por este anión.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados dan números negativos lo que indica que no se formará de carbonato.

Cuenca 3.4 Pojón.

Para la cuenca del río Pojón solo se tiene un registro, de un nacimiento ubicado en aldea Ocanté de San Mateo Ixtatán. Su clasificación es de agua de mediano contenido de salinidad y baja probabilidad que el sodio afecte las propiedades físicas del suelo. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: presenta un valor de 391 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción neutra con pH 7.2 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que el valor encontrado es 0.03 a 0.001

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores obtenidos son alrededor de 0.02%.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para la muestra se tiene información de análisis de cloruros de 0.09 a 0.54 meq/l, esta cantidad se consideran bajas que no limitan el uso del agua para riego.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados dan números negativos lo que indica que no se formará de carbonato.

Cuenca 3.5 Ixcán.

Para la cuenca del Río Ixcán se cuenta con nueve (9) registros de muestras analizadas. De estas dos (2) son de la clase C_1S_1 , siete (7) de la C_2S_1

La clase C_1S_1 ; agua baja en salinidad y baja en sodio, es agua de río y nacimiento ubicados en aldeas Mal Pais y San Ramón ambas de Barillas. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 21 a 231 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción neutra a ligeramente alcalina con pH 6.9 a 7.7 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que el valor encontrado es 0.01 a 0.15

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores obtenidos son de 1 a 6%.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para la muestras se tiene análisis de cloruros con valores de 0.18 y 0.36 meq/l, estas cantidades se consideran bajas que no limitan el uso del agua para riego.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados dan números negativos lo que indica que no se formará de carbonato.

Agua de la clase C_2S_1 , salinidad media y baja probabilidad que el sodio afecte las propiedades físicas del suelo. A continuación se presentan sus características químicas.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 260 a 653 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción neutra a moderadamente alcalina con pH 6.8 a 8.3 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que el valor encontrado es 0.01 a 1.52

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores obtenidos son de 1 a 6%.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos para la muestra se tiene información de análisis de cloruros de 0.18 a 0.76 meq/l, esta cantidad se consideran bajas que no limitan el uso del agua para riego.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados dan números negativos lo que indica que no se formará de carbonato.

Cuenca 3.7 Salinas.

La parte de la cuenca del río Salinas que pertenece a Huehuetenango, tiene dos clases de agua para riego. C_1S_1 y C_2S_1 .

Las muestras de clase C_1S_1 agua baja en salinidad y baja en sodio, es agua de la laguna Ocubilá y un nacimiento ubicados en los municipios de Huehuetenango y San Sebastián Huehuetenango respectivamente. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 29 a 188 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a moderadamente alcalina con pH 5.9 a 8.2 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que el valor encontrado es 0.04 a 0.7

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores obtenidos son de 4 a 33%

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para las muestras se tiene información de análisis de cloruros de 0.0 a 0.10 meq/l, estas cantidades son bajas y no limitan el uso del agua para riego por este anión.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras de la Laguna Ocubilá los valores calculados dan números positivos lo que indica que se formará Carbonatos, pero en cantidades no perjudiciales ya que sus valores son de 0.4 a 0.9 meq/l.

El agua C_2S_1 mediana en salinidad y baja en sodio, procede de las siguientes fuentes: ríos: Zaculeu, San Juan, Esquisal, Colorado e Isquisal. Ubicados en los municipios de Huehuetenango, San Rafael Petzal y San Sebastián Huehuetenango (los últimos tres). Y nacimiento de Aguacatán. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 290 a 565 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción moderadamente alcalina con pH 7.4 a 8.2 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que el valor encontrado es 0.02 a 0.13

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores obtenidos son de 0.1 a 4 %

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para las muestras se tiene información de análisis de cloruros de 0.18 a 0.72 meq/l, esta cantidad se consideran bajas que no limitan el uso del agua para riego por este anión

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras el valor calculado es negativo lo que indica que no habrá formación de carbonato de sodio residual.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

El departamento de Huehuetenango se caracteriza por la clase de agua superficial, sus cuencas poseen aguas salinas, la mayoría de muestras fue clasificada como C_2S_1 , agua de salinidad media y baja en sodio. 76% de las muestras analizadas y 5.71 % para la clase C_3S_1 , agua altamente salina y baja en sodio. Con el uso de esta clase de agua en riego se puede llevar al suelo a condiciones de suelo salino si no se hace un uso racional del riego. Otro problema potencial es la concentración de carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua, que pueden causar taponamientos en emisores de riego en sistemas de riego por goteo.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para este departamento se pueden ver en el anexo 2 en los cuadros 26''A'', 27''A'' y 28''A'' respectivamente.

6.2.5.b Departamento Quetzaltenango

El departamento de Quetzaltenango forma parte de las cuencas hidrográficas que a continuación se enumeran.

Cuenca 3.1 Cuilco 7 registros

Cuenca 1.3 Naranjo 20 registros

Cuenca 1.4 Ocosito 14 registros

Cuenca 1.5 Samalá 19 registros

Cuenca 3.1 Cuilco.

Para la parte de la cuenca del Río Cuilco que pertenece a Quetzaltenango se tiene registro de 7 muestras de agua analizadas para riego, de las que 6 son de la clase C_1S_1 , Agua baja en salinidad y en sodio. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 77 a 218 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción neutra a moderadamente alcalina con pH 6.84 a 8.24 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que el valor encontrado es 0.29 a 0.78

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores obtenidos son de 13 a 25%.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para las muestras se tiene información de análisis de cloruros con los valores de 0.18 a 0.80 meq/l, estas cantidades se consideran bajas y no limitan el uso del agua para riego por este anión.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados arrojan números negativos lo que indica que no se formará Carbonatos, aunque se encontró algunas cantidades positivas de 0.1 a 0.68 meq/l que indican que se formará carbonato de sodio residual estos valores no llegan a ser perjudiciales.

Cuenca 1.3 Naranjo.

De la parte de la cuenca del río Naranjo perteneciente a Quetzaltenango, se tiene 19 registros de análisis de agua para riego, de las que, 18 muestras son de la clase C_1S_1 procedentes de: nacimientos, riachuelos, ríos, lagunas y del río Naranjo.

La clase C_1S_1 agua baja en salinidad y baja en sodio. Sus características químicas se describen a continuación.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 63 a 148 microSiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción moderadamente ácido a moderadamente alcalina con pH 6.10 a 8.50 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que el valor encontrado es 0.19 a 0.58

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores obtenidos son de 8 a 44%.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para las muestras se tiene análisis de cloruros en los rangos e 0.027 a 0.65 meq/l, estas cantidades se consideran bajas que no limitan el uso del agua para riego.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados dan números negativos lo que indica que no se formará Carbonato.

Cuenca 1.4 Ocosito

La parte de la cuenca del Río Ocosito que pertenece a Quetzaltenango, cuenta con 14 registros de muestras de agua analizadas para fines de riego. De varios ríos, riachuelos y laguna.

Clase es C_1S_1 , agua de baja salinidad y baja en sodio. Sus características químicas se presentan a continuación.

Conductividad eléctrica: Presenta valores de 73 a 153 microsiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción moderadamente ácido a moderadamente alcalina con pH 5.62 a 8.0 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que el valor encontrado es 0.16 a 0.51

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores obtenidos son de 9 a 28%.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para las muestras se tiene información de análisis de cloruros de 0.027 a 0.65 meq/l, estas cantidades se consideran bajas que no limitan el uso del agua para riego por este anión.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados dan números negativos lo que indica que no se formará Carbonato.

Cuenca 1.5 Samalá.

De la parte de la cuenca del Río Samalá perteneciente a Quetzaltenango. Se tiene 19 registros de muestras de agua analizadas para riego, de las siguientes fuentes: nacimientos, riachuelos y ríos, de clase C_1S_1 agua baja en salinidad y baja en sodio la mayor parte (16) muestras, dos de clase C_2S_1 mediano contenido de salinidad y baja en sodio y una de clase C_3S_1 alta salinidad y baja probabilidad que el sodio afecte las propiedades físicas del suelo.

Las muestras de la clase C_1S_1 , sus características químicas son las siguientes:

Conductividad eléctrica: presenta valores de 50 a 233 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácida a ligeramente alcalina con pH 6.3 a 7.8 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que el valor encontrado es 0.16 a 1.67

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores obtenidos son de 9 a 26%.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para la muestra se tiene información de análisis de cloruros de 0.04 a 0.95 meq/l, esta cantidad se consideran bajas no limita el uso del agua para riego por cloruros, aunque se encontró un valor de 1.08 meq/l de la muestra de nacimiento Pasac II de aldea la Calera; Zunil. se considera que no es limitante para su uso en riego.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados dan números negativos lo que indica que no se formará Carbonato. También resultan algunos valores positivos pero son bajos. 0.03 a 0.76 meq/l

Las muestras de la clase C_2S_1 ; son procedentes de nacimientos ubicados en el municipio de Zunil. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 292 y 700 microSiemens/cm (μS).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido y ligeramente alcalina con pH 6.4 y 8.5 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que el valor encontrado es 0.53 y un valor alto de 6.06

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo para una muestra 18 % y otro demasiado alto con 72 %

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para la muestra se tiene información de análisis de cloruros de 0.52, 0.65 meq/l, estas cantidades se consideran bajas que no limita el uso del

agua para riego por cloruros, aunque se encontró un valor de 2.75 meq/l de la muestra de nacimiento ubicado en Zunil.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados dan números negativos lo que indica que no se formará Carbonato. También resulta un valor positivo de 1.86 meq/l de muestra de nacimiento ubicado en Zunil.

Muestra de la clase C_3S_1 agua altamente Salina y baja en probabilidad que el sodio altere las propiedades físicas del suelo, procedente del municipio de Zunil, sus características químicas se presentan a continuación.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 842 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción Neutra pH 7.1 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera alta ya que da 8.59 también es limitante.

Porcentaje de sodio soluble: se observa demasiado alto, ya que su valor es 79 % y la concentración iónica también es alta ya que se encontró 8.59 meq/l de sodio en solución. Lo que se considera toxica para las plantas.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para la muestra se tiene información de análisis de cloruros de 2.0 meq/l, esta cantidad se consideran limitante para su utilización en riego de cultivos sensibles a los cloruros la muestra procede de nacimiento ubicado en aldea La Estancia Zunil.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para la muestra el valor calculado indica que se formará Carbonato.3.27 meq/l este valor es limitante para el uso de esta agua para riego, la muestra procede de nacimiento ubicado en aldea La Estancia Zunil.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

El departamento de Quetzaltenango en términos generales tiene en sus cuencas hidrográficas, agua de buena calidad para riego, ya que el 54.84% es de clase C_1S_1 agua de baja salinidad y baja en sodio además 37.1% es agua de la clase C_0S_1 agua de muy baja salinidad y baja en sodio, la utilización de esta clase de agua muy baja en sales puede causar problemas parecidos a los que ocasiona la sodificación en los suelos, ya que el agua disolverá los minerales del mismo, especialmente el Calcio y Magnesio ambos elementos son esenciales para la cementación de los agregados del suelo, y al faltar en el suelo se pierde la estructura y con ello habrá pérdida de la permeabilidad.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento de Quetzaltenango se pueden consultar en el anexo 2 en los cuadros 28''A'' y 29''A''.

.6.2.5.c Departamento Retalhuleu

Para el departamento de Retalhuleu se tiene registros de 49 muestras aguas analizadas para riego, de tres cuencas hidrográficas. En el siguiente orden:

Cuenca 1.4 Ocosito con 29 registros

Cuenca 1.5 Samalá con 12 registros

Cuenca 1.6 Sis-Icán con 8 registros

Cuenca del Río Ocosito: para la parte del departamento que pertenece a esta cuenca se tiene análisis de agua de: lagunas, nacimientos y ríos, entre los que podemos citar: Xab, Comepán, Ocosito, Bolas, San Juan e Ixquillá. Su calidad para riego es, clase C₁S₁ agua de baja salinidad y baja probabilidad que el sodio afecte las propiedades físicas del suelo, sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 78 a 237 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácida a moderadamente alcalina pH 6.2 a 8.4 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.06 a 1.04.

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores están de 4 a 34%

Elementos tóxicos: en lo relativo a elementos tóxicos, se tiene información de cloruros de las muestras de esta clase observando valores que oscilan de 0.02 a 0.64 meq/l, estos valores no limitan el uso del agua para la agricultura bajo riego. También se encontró un valor de 1.2 meq/l de cloruros para el agua del río comepan en el municipio de Retalhuleu, este valor condiciona el agua para riego de cultivos que sean medianamente tolerantes a los cloruros.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos estos indican que no se formará Carbonato.

También se encontró agua de la clase C₂S₁ Mediano contenido de salinidad y baja en sodio, en los ríos América, del Mar, El Triunfo, Jovel y Granada. Sus características químicas se presentan a continuación.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 273 a 631 microSiemens/cm (μ S/cm).

Reacción: esta clase tiene reacción neutra a moderadamente alcalina pH 6.3 a 8.5 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.06 a 1.04, las muestras proceden de: lagunas y ríos, entre los ríos se puede mencionar a: Comepán.

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores están de 13 a 32%.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos para la muestra se tiene información de análisis de cloruros de 0.02 a 0.64 meq/l de cloruros estos valores no son limitantes para su utilización en riego de cultivos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos estos indican que no se formará Carbonato de sodio residual en la mayoría de muestras, aunque existen dos valores de 1.44 y 2.28 meq/l de los ríos Jovel y Granada

.Cuenca 1.5 Samalá

Para la parte de la cuenca del Río Samalá que corresponde a Retalhuleu se tiene registro de diez muestras de agua analizadas, las que presentan diferentes clases de agua. Siendo de las clases C₁S₁, C₂S₁ y C₃S₁.

Las muestras de la clase C₁S₁, Agua de baja salinidad y baja en sodio, proceden de: río Popoguá y río S/n. Sus características químicas son las siguientes:

Conductividad eléctrica: presenta valores de 164 a 218 microsiemens/cm (μ S/cm).

Reacción: esta clase tiene reacción moderadamente ácido a neutro pH 5.9 a 7.2 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.10 a 0.36

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores están de 4 a 18%

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para la muestra se tiene información de análisis de cloruros de 0.10 a 0.36 meq/l de cloruros estos valores no son limitantes para su utilización en riego de cultivos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números positivos, menores de 0.6 meq/l lo que indican que se formará Carbonato de sodio residual pero no es limitante para su uso en riego.

Las muestras de la clase C_2S_1 , Agua de salinidad media y baja en sodio, proceden de: los ríos O'ck, El Pilar y El Tambor. Ubicados en los municipios de San Andrés Villa Seca y San Felipe. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 271 a 413 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción moderadamente ácido a neutro pH 5.98 a 7.3 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.19 a 0.86.

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores están de 7 a 29%

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para la muestra se tiene información de análisis de cloruros de 0.21 a 0.64 meq/l de cloruros. Estos valores no son limitantes para su utilización en riego de cultivos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de Carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números positivos, de 0.2 a 1.4 meq/l lo que indican que se formará Carbonato de sodio residual, el valor más alto condiciona el agua para su uso en riego agrícola.

Las muestras de la clase C_3S_1 , Agua altamente salina y baja en sodio, proceden de lagunas y pozas, ubicadas en Chicales Champerico. Sus características químicas a continuación.

Conductividad eléctrica presenta valores de 871 a 1065 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción neutro pH 6.91 a 7.3 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera media ya que sus valores son de 1.18 a 2.22.

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores están de 25 a 44%

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos para las muestras se tiene información de análisis de cloruros de 3.20 a 4.6 meq/l de cloruros estos valores son limitantes para su utilización en riego de cultivos agrícolas.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números positivos, de 1.21 a 2.90 meq/l lo que indican que se formará Carbonato de sodio residual, el valores mayores de 2.25 meq/l condicionan el agua para su uso en riego agrícola.

Cuenca 1.6 Sis-Icán.

La cuenca de los ríos Sis e Ican, toma parte del territorio de Retalhuleu.

La mayoría de sus aguas analizadas provienen de laguna y ríos, de los ríos se pueden citar: Sis, Peraz y Cordoncillo. Su calidad para riego es, clase C_2S_1 agua de salinidad media y baja en sodio. Sus características químicas se presentan a continuación.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 260 a 508 microSiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a moderadamente alcalino con pH que varía de 6.18 a 8.06 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.13 a 1.11 Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores están de 4 a 36%

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para las muestras se tiene información de análisis de cloruros de 0.156 a 0.95 meq/l de cloruros estos valores no son limitantes para su utilización en riego de cultivos agrícolas. Pero se tiene datos también de 1.25 a 4.45 meq/l de cloruros. De laguna y río cordoncillo ubicados en San Andrés Villa Seca, laguna y río Comepàn en Retalhuleu.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos, lo que indica que no se formará carbonatos de sodio residual. También resultan valores positivos de 0.52 a 0.87 meq/l lo que indican que se formará Carbonato de sodio residual, pero no limitan el uso para riego.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

El departamento de Retalhuleu tiene en sus cuencas agua de las clases C_2S_1 , en porcentaje de 53.06 % y C_3S_1

A razón de 8.16%, sumados asciende a 61.22 % del total de muestras analizadas, esto indica que el empleo de esta clase de agua para riego puede causar problemas de salinización del suelo, si no se emplea racionalmente. Otro problema es la concentración de carbonatos y bicarbonatos que posee el agua, si es empleada en riego por goteo sin ningún corrector para reducir las concentraciones de ambos aniones. Sin lugar a dudas taponara los emisores del sistema de riego.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento de Retalhuleu se pueden ver en el anexo 2 en los cuadros 29"A" y 30"A" respectivamente.

6.2.5.d Departamento Sololá

Para el departamento de Sololá se tiene registros de 13 muestras de agua analizadas con fines de riego. Todas pertenecen a la cuenca hidrográfica 1.8 Atitlán.

La cuenca del lago de Atitlán tiene agua de la clase C_1S_1 , agua baja en salinidad y baja en sodio. Las muestras analizadas son procedentes de: nacimientos, riachuelos y ríos. Entre los ríos están Los cartuchos, Chuimanzana y Pixabaj. Sus características químicas a continuación

Conductividad eléctrica: sus valores van de 48 a 165 microsiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a moderadamente alcalino con pH que varía de 6.0 a 8.0 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.01 a 0.5

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores están de 1 a 27%

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para las muestras se tiene información de análisis de cloruros de 0.89 a 0.36 meq/l de cloruros estos valores no son limitantes para su utilización en riego de cultivos agrícolas.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos, lo que indica que no se formará carbonatos de sodio

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

El departamento de Sololá en términos generales tiene agua de muy buena calidad para riego, ya que 61.54 % de las muestras analizadas es de la clase C_0S_1 , agua de muy baja salinidad y baja en sodio y el restante porcentaje es agua de la clase C_1S_1 , agua de baja salinidad y baja en sodio con el agua de esta clase no existe problema para su utilización en riego. Pero con las aguas de muy baja salinidad C_0S_1 , se puede ocasionar la destrucción de la estructura del suelo y con ello la pérdida de la permeabilidad.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento de Sololá se pueden ver en el anexo 2 en el cuadro 30''A''.

6.2.5.e Departamento Suchitepéquez

El departamento de Suchitepéquez forma parte de dos cuencas hidrográficas, la Cuenca 1.6 Sis- Ican, con 13 registros.

Cuenca 1.7 Nahualate, con 6 registros.

Cuenca 1.6 Sis- Ican

La parte de la cuenca de los Ríos Sis-Ican que pertenece al departamento de Suchitepéquez. Tiene agua de la clase C₁S₁ de baja salinidad y baja en sodio, las fuentes analizadas son los Ríos: Quilá, Sis, Mazá, Ican, Chiíta y Paraíso. También se detectó algunas muestras de la clase C₂S₁, agua de salinidad media y baja en sodio de las siguientes fuentes: Río Sis, y Nacimiento.

Clase C₁S₁, agua de baja salinidad y baja en sodio. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 86 a 250 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a moderadamente alcalino con pH que varía de 5.6 a 8.1 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.23 a 0.63

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores están de 13 a 30%

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para las muestras se tiene información de análisis de cloruros de 0.04 a 0.58 meq/l de cloruros estos valores no son limitantes para su utilización en riego de cultivos agrícolas.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos, lo que indica que no se formará carbonatos de sodio residual. También resultan valores positivos de 0.1 a 0.8 meq/l lo que indican que se formará Carbonato de sodio residual, estas cantidades no son limitantes para su uso en riego agrícola.

Clase C₂S₁: agua de salinidad media y baja en sodio. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 291 a 626 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción neutra ligeramente alcalina con pH que varía de 6.9 a 7.4 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.5 a 1.4

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores están de 14 a 30%

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para la muestra se tiene información de análisis de cloruros de 0.53 a 0.78 meq/l de cloruros estos valores no son limitantes para su utilización en riego de cultivos agrícolas, también se encontró valores de 1.35 y 4.22 meq/l de cloruros en muestras de río ubicado en la Máquina del municipio de Cuyotenango, estos valores son limitantes para el uso en riego agrícola por la toxicidad de los cloruros para ciertas especies de plantas.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos, lo que indica que no se formará carbonatos de sodio residual. También resultan valores positivos de 0.1 a 0.8 meq/l lo que indican que se formará Carbonato de sodio residual, los valores no son limitantes para su uso en riego agrícola.

Cuenca 1.7 Nahualate.

De la parte de la cuenca del Río Nahualate del departamento de Suchitepéquez, se tiene análisis de fuentes: lagunas, nacimientos y ríos. Los ríos son Nahualate, Los Encantos y San Gabriel.

Su Calidad para riego varía de Agua de baja salinidad y baja en sodio C_1S_1 a salinidad media y baja en sodio C_2S_1 .

La Clase C_1S_1 : agua de baja salinidad y baja en sodio. Proceden de: los ríos: San Gabriel, Los Encantos y Nahualate. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 89 a 100 microSiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a neutro con pH que varía de 6.3 a 7.0 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.3 a 0.9

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores están de 18 a 38%

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para las muestras se tiene información de análisis de cloruros de 0.04 a 0.332 meq/l de cloruros estos valores no son limitantes para su utilización en riego de cultivos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos, lo que indica que no se formará carbonatos de sodio residual

Clase C_2S_1 : agua de salinidad media y baja en sodio, las muestras clasificadas así proceden de las siguientes fuentes. Nacimiento y laguna ubicados en Santo Domingo Suchitepéquez sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: sus valores van de 413 y 565 microSiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a neutro con pH que varía de 6.1 y 7.0 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.6 y 0.7

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores están de 18 y 19%

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para la muestra se tiene información de análisis de cloruros de 1.35 a 1.60 meq/l de cloruros estos valores son limitantes para su utilización en riego de cultivos sensibles a este anión.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos, lo que indica que no se formará carbonatos de sodio residual.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

En el departamento de Suchitepéquez en términos generales, se observa que tiene agua de buena calidad para riego. Ya que el 68.42% de las muestras analizadas son de las clases, C_1S_1 y C_0S_1 estas últimas con un 21% del total. Esta clase de agua puede ocasionar destrucción de la estructura del suelo si no se utiliza racionalmente en riego.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento de Suchitepéquez se pueden ver en el anexo 2 en el cuadro 31”A”.

6.2.5.f Departamento San Marcos

Departamento de San Marcos, para este departamento se tiene registro de 85 muestras de aguas analizadas para determinar su calidad para riego, en tres (3) cuencas hidrográficas, siendo las siguientes.

Cuenca 3.1 Cuilco con 32 registros

Cuenca 1.2 Suchiate con 24 registros

Cuenca 1.3 Naranjo con 29 registros

Cuenca 3.1 Cuilco.

Cuenca del río Cuilco: La parte de la cuenca que pertenece al departamento, tiene agua de la clase C₁S₁, agua de baja salinidad y baja en sodio. Sus características químicas se presentan a continuación

Conductividad eléctrica: presenta valores de 28 a 179 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: esta clase tiene reacción moderadamente ácida a ligeramente alcalina con pH 5.6 a 7.8 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que el valor encontrado es 0.07 a

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores obtenidos son de 6 a 41 %.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para las muestras se tiene información de análisis de cloruros con valores que oscilan de 0.02 a 0.86 meq/l. estos no son limitantes para la utilización del agua en riego.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los cálculos dan valores negativos esto indica que no se formará Carbonatos.

Cuenca 1.2 Suchiate.

Cuenca del río Suchiate, la parte de la cuenca que pertenece a este departamento esta formada por varios ríos y nacimientos. Su calidad para riego es agua de baja salinidad y baja en sodio clase C_1S_1 , sus características químicas se presentan a continuación.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 60 a 220 microSiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción moderadamente ácida a moderadamente alcalina con pH 5.4 a 8.01 unidades. Se encontró dos valores extremos pH 4.7 y 9.35 Río Palatza aldea Agua Caliente, de San Pedro Sacatepéquez y río de caserío las Margaritas en Malacatán

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que el valor encontrado es 0.1 a 1.47

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores obtenidos son de 6 a 38%

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos, para las muestras se tiene información de análisis de cloruros con los valores que oscilan de 0.04 a 0.78 meq/l. Estos no son limitantes para la utilización del agua en riego.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para la mayoría de muestras los cálculos dan valores negativos lo que indica que no se formará Carbonatos, aunque hay algunos valores positivos que indican que se formará carbonato de sodio residual pero estas cantidades no llegan a ser perjudiciales siendo de 0.02 a 0.92 meq/l.

Cuenca 1.3 Naranjo

Cuenca del río Naranjo, la parte de la cuenca que pertenece al departamento la forman ríos y

nacimientos, que poseen agua de buena calidad para riego de las clases C_0S_1 , C_1S_1 . Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 42 a 208 microsiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácida a moderadamente alcalina con pH 5.7 a 8.0 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que el valor encontrado es 0.04 a 0.7

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo, ya que los valores obtenidos son de 4 a 33%.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos para las muestras se tiene información de análisis de cloruros con los valores que oscilan de 0.04 a 0.78 meq/l. Estos no son limitantes para la utilización del agua en riego.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados dan números negativos lo que indica que no se formará Carbonatos, aunque hay algunos valores positivos que indican que se formará carbonato de sodio residual pero estas cantidades no llegan a ser perjudiciales siendo de 0.1 a 0.68 meq/l

A esta Cuenca pertenece la Sub-cuenca del Río Pacayá, que presenta variada calidad del agua, debido a que entra agua del mar por régimen de mareas. Se tiene registros de la calidad para riego de esta fuente, y van desde agua de mediana salinidad con poca probabilidad que el sodio afecte las propiedades físicas del suelo, hasta agua muy altamente salina con muy alta probabilidad que el sodio destruya la estructura del suelo. Las clases de agua para riego determinadas a esta fuente son. C_2S_1 , C_3S_1 y C_4S_4 . Sus características químicas se presentan a continuación.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 331 a 7891 microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Reacción: El agua de este río tiene reacción que varía de neutra a ligeramente alcalina con pH 7.0 a 7.5 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja a extremadamente alta ya que los valores encontrados son 0.86 a 17.37

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo a muy alto, ya que los valores obtenidos son de 22 a 72%.

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos para las muestras se tiene información de análisis de cloruros con los valores que oscilan desde 0.93 hasta 107.76 meq/l estos valores hacen que el agua sea intolerable para riego por todos los índices medidos.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos; se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son 0.4 a 10.52 meq/l lo que indica que se formará Carbonatos sodio residual en cantidades perjudiciales al suelo y plantas.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

Para el departamento de San Marcos se observa que la calidad del agua para riego es buena, ya que el 97.53% de las muestras analizadas es, agua de baja salinidad y baja en sodio C_1S_1 , y muy baja salinidad y baja en sodio C_0S_1 . Con el uso de esta clase de agua muy baja en sales se puede causar la destrucción de la estructura del suelo pero si se hace un uso racional del riego no sucederá tal problema.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento de San Marcos se pueden consultar en el anexo 2 en los cuadros 31''A'', 32''A'' y 33''A'' respectivamente.

6.2.5.g Departamento Totonicapán

El departamento de Totonicapán lo cubren parte de las cuencas:

Cuenca 1.5 Samalá con 5 registros

Cuenca 3.7 Salinas con 7 registros.

Cuenca 1.5 Samalá.

Parte de la cuenca del río Samalá que pertenece a Totonicapán es agua de Baja Salinidad y baja en sodio de la clase C_1S_1 ,

Clase C_1S_1 agua de baja Salinidad y baja en sodio sus características químicas a continuación.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 80 a 216 microsiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción Neutra a moderadamente alcalina pH 6.96 a 7.5 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.58 a 0.78.

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo ya que los valores están de 24 a 37%

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos para las muestras se tiene información de análisis de cloruros con los valores que oscilan de 0.02 a 0.54 meq/l. Estos no son limitantes para la utilización del agua en riego.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos, se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res). Para las muestras los valores calculados son números negativos estos indican que no se formará Carbonato.

Cuenca 3.7 Salinas.

La parte de la cuenca del Río Salinas que pertenece a Totonicapán, cuenta con agua de buena calidad para riego, ya que su clase es C_1S_1 agua baja en salinidad y baja en sodio.

Clase C_1S_1 : agua baja en salinidad y baja en sodio. Sus características químicas son las siguientes.

Conductividad eléctrica: presenta valores de 30 a 239 microSiemens/cm ($\mu S/cm$).

Reacción: esta clase tiene reacción ligeramente ácido a ligeramente alcalina pH 6.5 a 7.5 unidades.

Relación de adsorción de sodio RAS: esta relación se considera baja ya que sus valores son de 0.0 a 0.73

Porcentaje de sodio soluble: se observa bajo ya que los valores están de 0.0 a 35%

Elementos tóxicos: con relación a los elementos tóxicos para las muestras se tiene información de análisis de cloruros con los valores que oscilan de 0.00 a 0.65 meq/l. Estos no son limitantes para la utilización del agua en riego.

El efecto de carbonato y bicarbonato como elementos tóxicos se estima por la formación de carbonato de sodio residual (Na_2CO_3 res), para las muestras los valores calculados son números negativos estos indican que no se formará Carbonato.

Problemas que puede ocasionar el uso del agua

Del departamento de Totonicapán las muestras analizadas son de las clases C_0S_1 , agua de muy baja salinidad y baja en sodio, y C_1S_1 , agua de baja salinidad y baja en sodio. Esta clase de agua para riego es buena, pero la clase muy baja salina puede ocasionar problemas en la estructura del suelo por la sustracción de los cationes calcio y magnesio, ya que esta clase de agua tiene la capacidad de disolver y por lo consiguiente removerlos del suelo, causando un fenómeno similar a la sodificación y con ello la pérdida de la estructura y permeabilidad del suelo.

Los resultados de los análisis de muestras de agua para el departamento de Totonicapán se pueden ver en el anexo 2 en el cuadro 33”A”.

6.3 Problemas que pueden ocurrir por utilizar para riego aguas de baja calidad a nivel nacional.

La utilización de aguas de mala calidad para riego ocasiona con el tiempo problemas en los suelos, siendo los más comunes: la salinización, la sodificación y en algunas ocasiones una combinación de las dos anteriores con lo que favorece a la formación de suelos salino – sódicos.

Otros problemas que pueden ocurrir son causados por el efecto de iones específicos, entre los que se puede citar están: a) desbalance nutricional, b) efectos tóxicos directos debidos al efecto de Ion específico. Los iones específicos que pueden causar estos problemas son: Los sulfatos SO_4 , los cloruros Cl y el sodio Na.

En el presente estudio no se encontró muestras con iones específicos que sobresalieran, con excepción de sodio, que se detecto valores mayores de 3 meq/l en los departamentos de: Quetzaltenango en el municipio de Zunil tres nacimientos, en el departamento de Baja Verapaz en el municipio de Salamá en los ríos: Agua Caliente y río Llano Grande, en el departamento de Chiquimula en el municipio de Ipala el río Pescadero, en el departamento del Progreso en el municipio de Guastatoya, el río Guastatoya y un nacimiento en aldea El Subinal; en el departamento de San Marcos en el municipio de Ocos el zanjón Pacayá. Estas cantidades de sodio presentes en el agua de las fuentes antes citadas podrán causar problemas de toxicidad a los cultivos y problemas de formación de suelos sódicos al ser utilizados en riego agrícola.

Se ha encontrado muestras de varios grados de salinidad lo cual se describió en cada departamento y al finalizar la descripción de las clases de agua se hace una breve descripción de los posibles problemas por el uso para riego del agua del lugar.

Como puede observarse en la figura 6, distribución de las clases de agua para riego del territorio de Guatemala y la figura 7 mapa de las clases de agua para riego, las aguas clasificadas como C_0S_1

Agua de muy baja salinidad y baja en sodio, ocupa el 24.5% del total. Esta clase de agua se ha considerado como muy buena para riego, pero tiene el inconveniente de ser muy baja en sales, como no lleva suficiente cantidad de cationes Calcio y Magnesio tiende a disolver los cationes intercambiables presentes en el coloide del suelo. Al extraer estos cationes del coloide las partículas pierden su agregación y con ello la pérdida de la estructura del suelo, con lo que se provoca una disminución de la permeabilidad del suelo, pérdida de la aireación y una reducción de la infiltración del agua- Ayers, R.S.; Westcot D.W (2)

Otro problema visualizado es el uso de agua de salinidad media y alta para riego en regiones con clima seco. Ya que esto podría provocar la salinización del suelo, lo que se traduce en reducción de los rendimientos de los cultivos debido a que cada vez que se riega se esta llevando sales a la zona radicular del cultivo, La alta concentración de sales disminuye la posibilidad de las raíces de absorber agua ya que aumenta la presión osmótica de la solución del suelo.

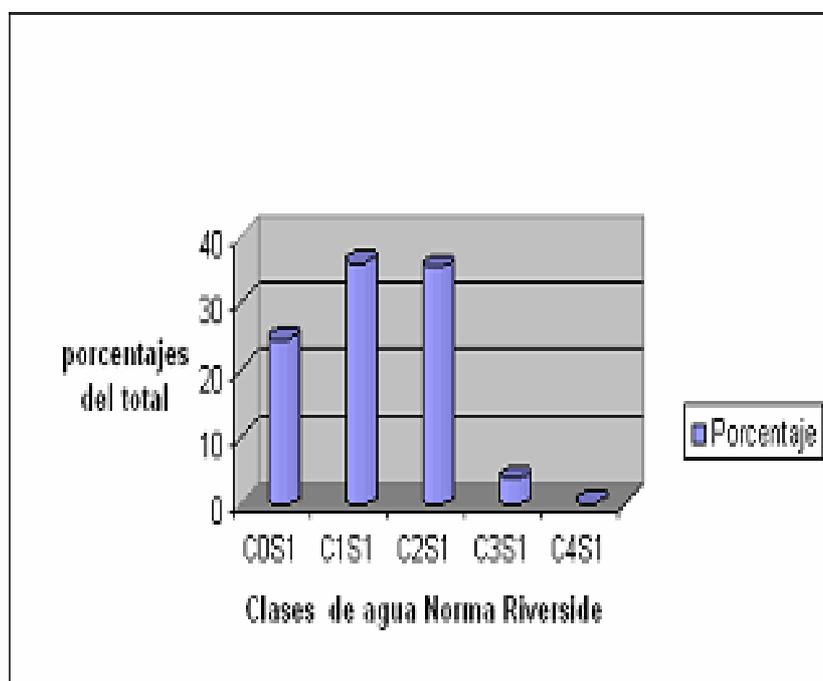


Figura 6. Porcentaje de clases de agua para riego encontradas a nivel de territorio de Guatemala.

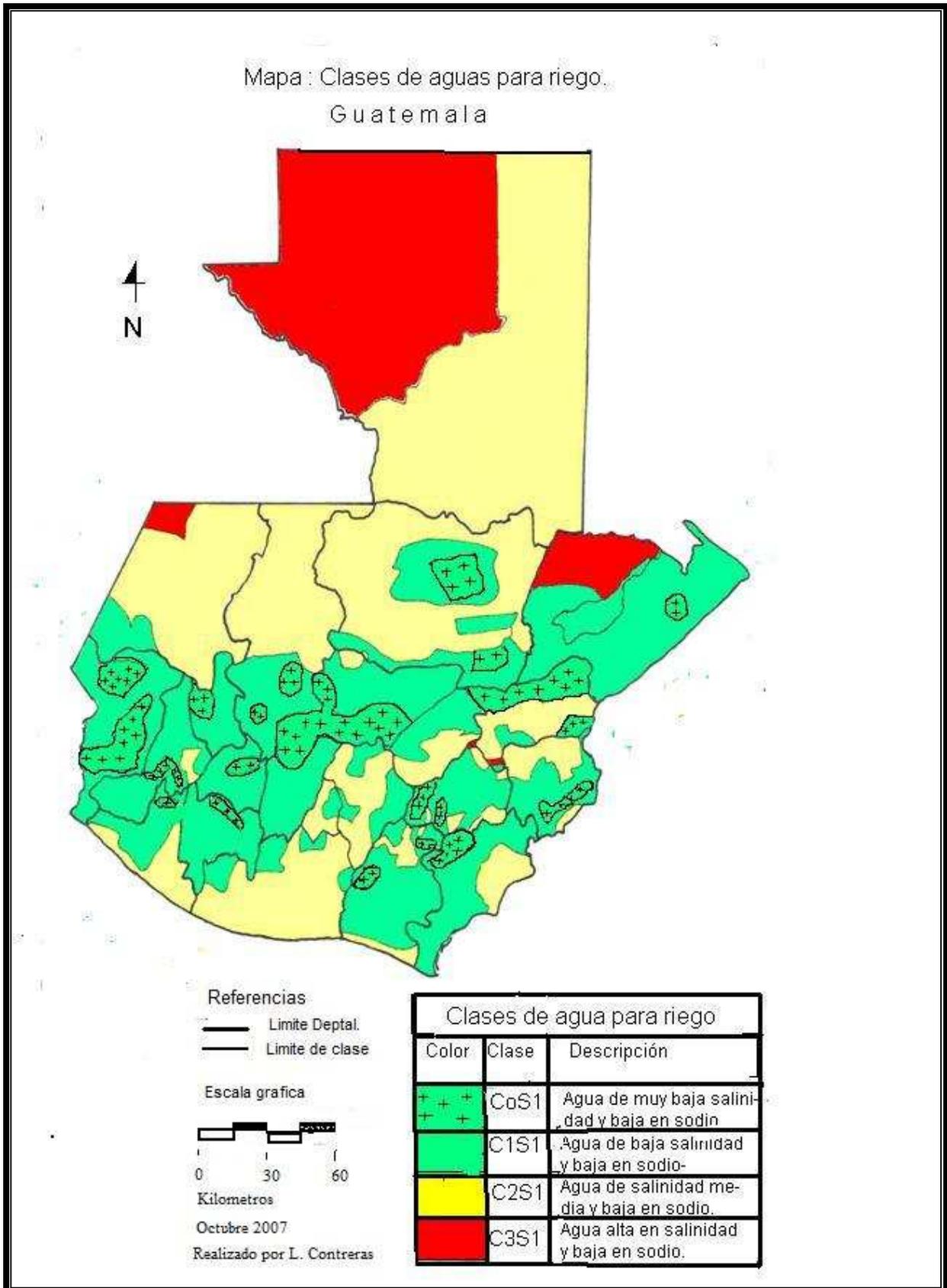


Figura 7 Mapa de Guatemala con las clases de agua para riego

7. Conclusiones.

1. Las aguas de la vertiente del Pacífico presentan contenido variado de salinidad, en la siguiente distribución en porcentaje del total muestreado: C_1S_1 (Aguas de baja salinidad y bajas en sodio): 45.57 %. C_2S_1 (aguas de salinidad media y bajas en sodio): 29.15 %. C_0S_1 (aguas de muy baja salinidad y bajas en sodio): 23.75 %. C_3S_1 (aguas de alta salinidad y bajas en sodio): 1.29 %.

Todas presentan baja concentración de sodio, poca presencia de sulfatos, el contenido de cloruros es bajo y la reacción o pH es de moderadamente ácido a moderadamente alcalino.

2. Las aguas de la vertiente Mar de Las Antillas también, presentan variado su contenido de salinidad de la siguiente manera: 38.31% son de la clase C_1S_1 (aguas de baja salinidad y baja en sodio). 35.33% son de la clase C_2S_1 (aguas de salinidad media y bajas en sodio). 24.18% constituye aguas de la clase C_0S_1 (aguas de muy baja salinidad y bajas en sodio). 2.44% aguas de la clase C_3S_1 (alta salinidad y bajas en sodio). En todas las clases de agua el contenido de sodio es bajo con las excepciones en las cuencas de los ríos Grande y Motagua en los departamentos de Chiquimula y Zacapa con valores de sodio que van de 5 a 11 miliequivalentes por litro en algunos ríos. La presencia de sulfatos es frecuente para la mayoría de muestras de estas cuencas. El contenido de cloruros es bajo y la reacción o pH es de moderadamente ácido a moderadamente alcalino.

3. Las aguas de la vertiente Golfo de México en cuanto a salinidad son variadas, existiendo predominio de la clase C_2S_1 salinidad media y bajas en sodio con un porcentaje de incidencia de 50.18% del total muestreado. De las clases C_0S_1 y C_1S_1 su presencia en las cuencas, mientras que aguas de las clases están en las cuencas pero su presencia es menor. En general, La mayoría de muestras presentan sulfatos con concentraciones de contenido medio como alto de dicho compuesto. Las concentraciones de sodio, son bajas para todas las muestras. El contenido de cloruros es bajo en todas las muestras.

4. Las aguas que se encuentran en la Zona Central, en los departamentos de Chimaltenango y Sacatepéquez son de baja salinidad, y las de los departamentos de Guatemala y El Progreso se encuentra agua de baja salinidad y salinidad media.

5. Las aguas de la región Norte, en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz e Izabal más del 60% de las muestras son de baja salinidad y baja en sodio. Y en los departamentos de El Quiché y El Petén, más del 50% de las muestras analizadas se ubican en agua de salinidad media y baja en sodio.

6. Las aguas de la zona sur, Escuintla y Santa Rosa más del 55% de las muestras analizadas son agua de baja salinidad y baja en sodio, el restante porcentaje es agua de salinidad media y baja en sodio.

7. De la región Oriente, los departamentos; Chiquimula, Jalapa Y Jutiapa, la mayoría de muestras (66 – 71 %) se han clasificado como agua de baja salinidad y baja en sodio. Y agua de salinidad media y baja en sodio. En porcentajes de 21 a 31 %, de las muestras analizadas. También hay agua de alta salinidad pero en menor proporción.

En el departamento de Zacapa, los porcentajes de muestras analizadas en relación al contenido de salinidad del agua presentan, igual número de muestras de la clase de baja salinidad y baja en sodio como salinidad media y baja en sodio. Además existen aguas de alta salinidad en porcentaje del total de alrededor de 5 %.

8. a) En la región Occidente; la calidad del agua para riego es agua de muy baja a baja en sales y baja en sodio. Para los departamentos Quetzaltenango, Sololá y Totonicapán.

Los departamentos que colindan con el océano Pacífico pertenecientes a esta región, tales como San Marcos, Retalhuleu y Suchitepéquez, además de tener agua de la clase C_0S_1 y C_1S_1 , (aguas de muy bajas a bajas en sales, y en sodio), también cuentan con fuentes de agua de las clases C_2S_1 y C_3S_1 que constituyen aguas de mediano y alto contenido de salinidad y bajo en sodio.

b) Finalmente para el departamento de Huehuetenango; la calidad de agua para riego, en la mayor cantidad de fuentes (76 % del total muestreado), presenta agua de la clase C_2S_1 cuyas características son de salinidad media y baja en sodio. De las clases C_0S_1 y C_1S_1 se encontró con un 18% de incidencia. Se encontró asimismo aguas altamente salinas en una proporción de 2% del total muestreado.

9. Las aguas del río Lagartero del departamento de Huehuetenango, podrían causar problemas de salinización de los suelos si se utilizan en riego, ya que son altamente salinas con altos contenidos de sulfatos.

10. Las aguas del río Pacayá en la zona costera que colinda con el océano pacífico en el departamento de San Marcos, se vuelven altamente salinas con valores elevados de sodio y cloruros. Esto es causado por el régimen de mareas. Esta clase de agua al utilizarse en riego causará problemas de toxicidad por iones y formación de suelos salino - sódicos

11. Un contenido de sodio mayor de 3 meq/l (contenido considerado alto) se detectó en las siguientes fuentes y departamentos: Quetzaltenango en el municipio de Zunil existen tres nacimientos. En Baja Verapaz en el municipio de Salamá los ríos Agua Caliente y Llano Grande. En el departamento de Chiquimula en el municipio de Ipala el río Pescadero. En el departamento del

Progreso en el municipio Guastatoya río Guastatoya y nacimiento de aldea Subinal. La utilización del agua de estas fuentes en riego podría causar problemas de toxicidad en los cultivos y existe la probabilidad de la formación de suelos sódicos y/o salino - sódicos.

8 Recomendaciones.

1. Por ser este un trabajo a nivel general, se recomienda hacer análisis de la calidad del agua para riego de los futuros proyectos, principalmente en los departamentos de Zacapa, Chiquimula, Jalapa, Jutiapa, Izabal, Progreso y, de todas aquellas fuentes que no se han analizado.
2. Para la utilización de las aguas clasificadas como C_0S_1 , Agua de muy baja salinidad y baja en sodio; por ser aguas muy reactivas que pueden disolver los cationes calcio y magnesio de las partículas de arcilla del suelo y volverlos suelos sin estructura. Es necesario el manejo de la fertilidad. No olvidando la trilogía, Suelo, planta y agua.
3. Las aguas clasificadas como C_1S_1 , agua de baja salinidad y baja en sodio. Esta clase de agua se pueden utilizar en riego de la mayoría de cultivos, en la mayor cantidad de suelos sin restricciones, solo ajustándose a las necesidades de la planta en cuanto a su uso consuntivo y demás factores de producción.
4. En aguas clasificadas como C_2S_1 , aguas de salinidad media y baja en sodio, es permitido su uso en riego de cultivos medianamente tolerantes a la salinidad, pero se requiere que exista un grado moderado de lavado, del exceso de sales introducidas con el agua de riego.
5. Para aguas clasificadas como C_3S_1 , agua de alta salinidad y baja sodio; no es recomendable el uso en riego, especialmente en suelos con drenaje deficiente. Aun en suelos con drenaje normal se pueden necesitar prácticas especiales de control de la salinidad, debiéndose seleccionar plantas o cultivos que sean altamente tolerantes a la salinidad.

6. Las aguas con alto contenido de sodio (mayor de 3 miliequivalentes de sodio) no deben utilizarse en riego para evitar problemas futuros de toxicidades de los cultivos y evitar la formación de suelos sódicos o salino- sódicos.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado C, GD. 1986. Interpretación del paisaje como instrumento de análisis en los recursos naturales de Guatemala. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Comisión Internacional de Límites y Aguas. 6 p.
2. Ayers, RS; Westcot, DW. 1994. FAO irrigation and drainage paper 29. California, US. 172 p.
3. Bates, R. 1973. Determination of pH theory and practice. New York, US, John Wiley. 35 p.
4. Calderón De León, RA. 2005. Estudio y diseño del sistema de miniriego por goteo de la comunidad El Zarzal Chupá, Camotán. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 117 p.
5. Canovas, J. 1986. Calidad agronómica de las aguas para riego. Madrid, España, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 55 p.
6. Carricaburu, J. 1999. Identificación de los problemas más frecuentes en aguas de riego uruguayas. Uruguay, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Dirección General de Recursos Naturales Renovables, División de Suelos y Aguas. 30 p.
7. Castillo O, S. 1989. Análisis y calidad del agua con fines de riego. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas. 108 p.
8. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de las zonas de vida a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
9. Devlin, RM. 1967. Plant physiology. Massachusetts, US, Reinhold Publishing. 564 p.
10. Foth, HD; Turk, LM. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. Trad. por Juan Navas Díaz. 5 ed. México, CECSA. 527 p.
11. Hurtado Megar, I *et al.* 2000. Informe sobre la contaminación de las aguas del río Segura (Vega Baja). Murcia, España, Universidad de Murcia, Departamento de Ecología e Hidrología. 12 p.
12. InfoAgro.com,ES. 2004. Diagnostico de aguas de riego (en línea). España. Consultado 13 oct 2006. Disponible en http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico_aguas.htm
13. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); DIGESA (Dirección General de Servicios Agrícolas, GT); DIRYA (Dirección Riego y Avenamiento, GT). 1990. Plan maestro de riego y Drenaje: caracterización hidroclimática con fines de riego. Guatemala. 66 p.
14. _____ (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); DIGESA (Dirección General de Servicios Agrícolas, GT); DIRYA (Dirección Riego y Avenamiento, GT). 1991. Plan maestro de riego y Drenaje: hidrogeología. Guatemala. 72 p.
15. Palacios, O; Aceves, E. 1980. Instructivo para el muestreo e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola: rama de riego y drenaje. México, Colegio de Postgraduados de la ENA. 67 p.

16. Perdomo, R et al. 1970. Ciencia y tecnología del suelo. Guatemala USAC, Centro de Producción de Materiales de la USAC. 366 P.
17. Prado Ponce, E. 1984. Comunidades de Guatemala. Guatemala, Hermes. 589 p.
18. Ray, MP. 1981. la planta viviente. México, CECSA. 379 p.
19. Termo Orion. US. 2003. Catalogo de productos de laboratorio para el año 2003.US.132 p.
20. USDA. US. 1954. Manual de agricultura no. 60: rehabilitación y diagnostico de suelos salinos y sódicos. Trad. Secretaría de Agricultura y Ganadería México, Secretaria de Agricultura y Ganadería 1962.
21. USGS (United States Geological Survey, US). 2005. La ciencia del agua para escuelas (en línea). US. Consultado 13 oct 2006. disponible en <http://water.usgs.gov/gotita/>



v. Bo.

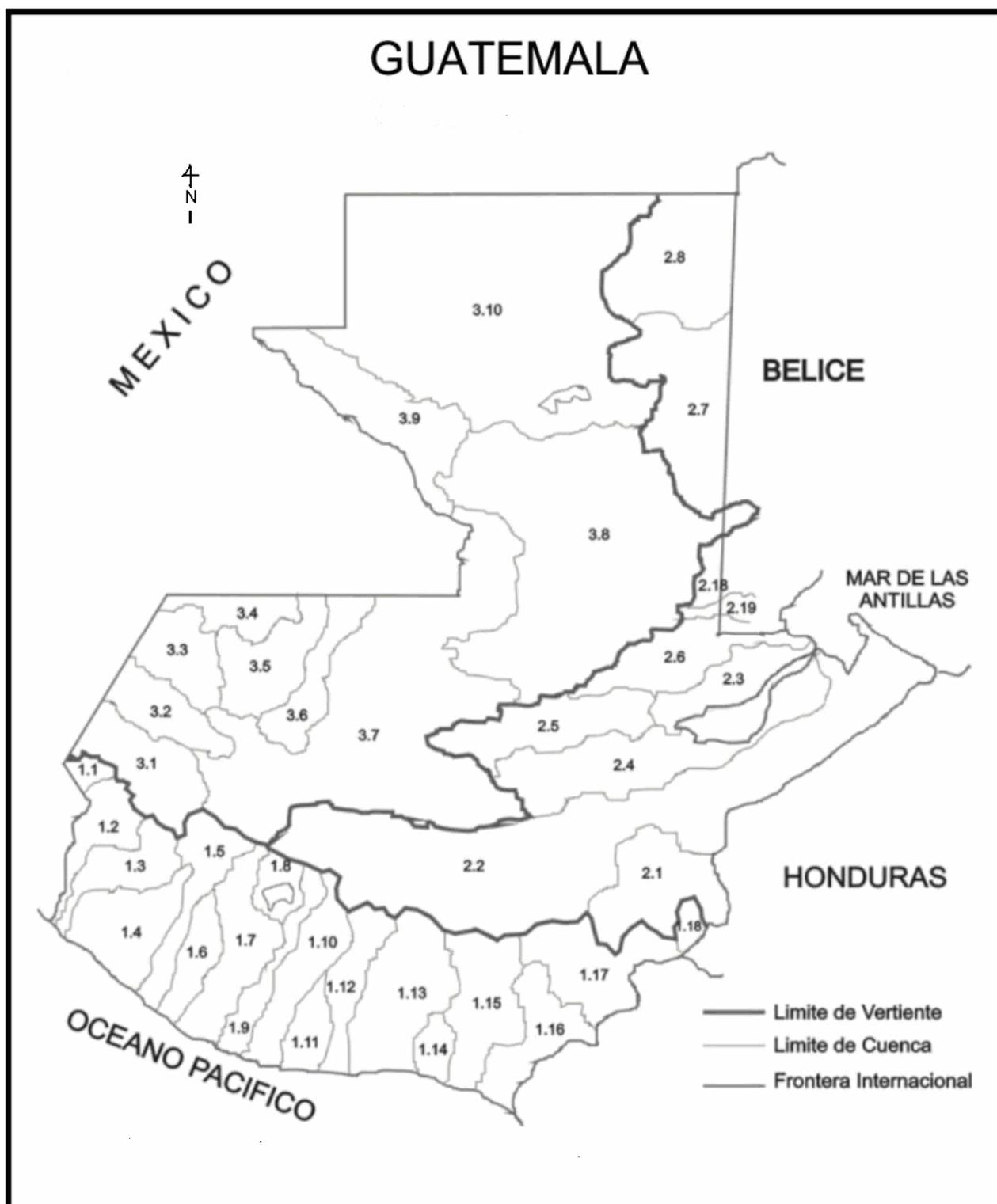
Rolando Barrera

APENDICE

Anexo 1

Mapa de cuencas de la república de Guatemala

Mapa de las regiones hidrogeológicas de la república de Guatemala



FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTACION. DIGESA - DIRYA, PLAN MAESTRO DE RIEGO Y DRENAJE, CARACTERIZACION HIDROCLIMATICA 1990

Figura 8A. Diferentes vertientes y cuencas de la república de Guatemala

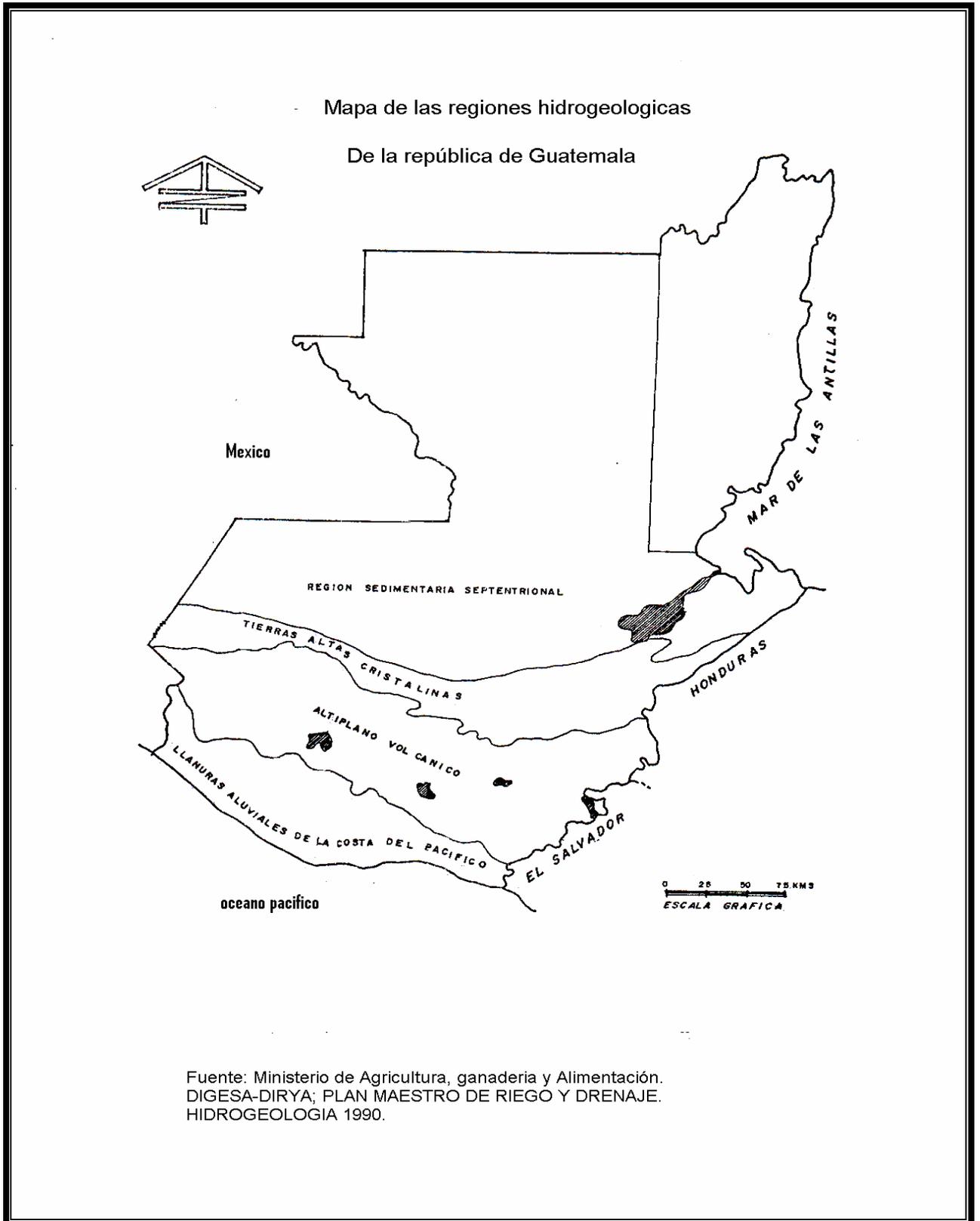


Figura 9A. Mapa de las regiones hidrogeológicas de la república de Guatemala.

Anexo 2

Datos de análisis químico de agua con fines de riego del periodo comprendido de los años 1995 a 2007

Cuadro 8 "A" Análisis químico de agua para riego de Chimaltenango

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁻	Conductividad Eléctrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
Chimaltenango														
99-232	Río Payá	Comalapa	2.2 Motagua	0,500	0,890	0,450	0,050	0,000	0,660	0,320	-	62	6,95	C ₀ S ₁
04-168	Río Xenimajuyu	Comalapa	2.2 Motagua	0,332	0,153	0,160	0,028	0,000	0,522	0,112	-	58	6,460	C ₀ S ₁
03-41	Nacimiento	Comalapa	2.2 Motagua	0,470	1,550	0,250	0,016	0,000	0,770	0,360	-	96	7,190	C ₀ S ₁
04-159	Nacimiento	Comalapa	2.2 Motagua	0,332	0,172	0,331	0,046	0,000	0,723	0,156	-	87	5,960	C ₀ S ₁
04-341	Nacimiento	Comalapa	2.2 Motagua	0,314	0,284	0,169	0,021	0	0,512	0,178	-	75	7,29	C ₀ S ₁
05-151	Río	Comalapa	2.2 Motagua	0,336	0,322	0,330	0,085	0,000	0,916	0,045	-	99	7,24	C ₀ S ₁
03-83	Río	Comalapa	2.2 Motagua	0,510	0,700	0,450	0,070	0,000	1,180	0,540	-	87	5,960	C ₀ S ₁
03-208	Quebrada	Comalapa	2.2 Motagua	0,690	0,410	0,222	0,042	0,000	1,270	0,180	-	58	6,460	C ₀ S ₁
03-308	Río	Comalapa	2.2 Motagua	1,040	0,440	0,404	0,114	0,000	1,570	0,180	-	71	6,98	C ₀ S ₁
04-160	Nacimiento	Comalapa	2.2 Motagua	1,078	0,317	0,288	0,061	0,000	1,285	0,201	-	75	7,29	C ₀ S ₁
04-166	Río	Comalapa	2.2 Motagua	0,373	0,441	0,191	0,050	0,000	0,351	0,201	-	76	6,93	C ₀ S ₁
04-167	Río Xenimajuyu	Comalapa	2.2 Motagua	0,581	0,485	0,246	0,071	0,000	0,592	0,156	-	99	7,24	C ₀ S ₁
04-169	Riachuelo	Comalapa	2.2 Motagua	0,456	0,513	0,233	0,067	0,000	0,693	0,245	-	112	6,370	C ₁ S ₁
04-170	Riachuelo	Comalapa	2.2 Motagua	0,477	0,589	0,252	0,070	0,000	0,653	0,201	-	143	7,340	C ₁ S ₁
04-171	Riachuelo	Comalapa	2.2 Motagua	0,456	0,474	0,236	0,067	0,000	0,612	0,245	-	184	7,200	C ₁ S ₁
04-181	Río	Comalapa	2.2 Motagua	0,954	0,616	0,463	0,150	0,000	1,295	0,201	-	164	6,910	C ₁ S ₁
03-82	Nacimiento	Comalapa	2.2 Motagua	0,810	1,090	0,410	0,110	0,000	0,930	0,360	-	123	6,590	C ₁ S ₁
05-153	Nacimiento	Comalapa	2.2 Motagua	0,600	0,719	0,330	0,120	0,000	1,265	0,134	-	206	6,260	C ₁ S ₁
04-333	Nacimiento	Comalapa	2.2 Motagua	0,671	0,088	0,148	0,042	0	0,834	0,205	-	122	6,350	C ₁ S ₁
05-176	Río	Comalapa	2.2 Motagua	0,839	0,459	0,500	0,170	0,000	1,48	0,647	-	116	7,58	C ₁ S ₁
05-189	Río	Comalapa	2.2 Motagua	0,629	0,469	0,410	0,120	0,000	0,875	0,089	-	145	6,84	C ₁ S ₁
04-79	Río Agua Caliente	Comalapa	2.2 Motagua	2,800	1,464	2,730	0,088	1,410	2,490	0,270	-	147	7,53	C ₁ S ₁
05-152	Río S/N	Comalapa	2.2 Motagua	1,174	0,982	0,630	0,230	0,000	2,18	0,312	-	174	6,410	C ₁ S ₁
04-199	Río S/N	Chimaltenango	1.1 Coyolate	1,555	0,867	0,628	0,141	0,803	1,566	0,223	-	305	7,36	C ₂ S ₁
04-368	Quebrada	Chimaltenango	1.1 Coyolate	1,327	1,076	0,609	0,116	0,361	1,205	0,067	-	288	7,51	C ₂ S ₁
04-162	Nacimiento	Chimaltenango	1.1 Coyolate	0,415	0,205	0,415	0,094	0,000	0,833	0,022	-	98	6,500	C ₀ S ₁
04-334	Nacimiento	Chimaltenango	1.1 Coyolate	0,252	0,347	0,321	0,073	0	0,888	0,178	-	97	6,96	C ₀ S ₁
95-139	Nac. San Antonio	Chimaltenango	1.1 Coyolate	0,340	0,300	0,210	0,020	0,000	0,720	0,170	0,000	91	7,10	C ₀ S ₁
99-300	RC. El Durazno	Parramos	1.12 Achiguate	0,990	1,390	0,540	0,060	0,000	1,680	0,210	-	148	7,56	C ₁ S ₁
03-307	Nacimiento	Patzcía	1.1 Coyolate	0,780	0,620	0,378	0,101	0,000	0,690	0,360	-	182	6,410	C ₁ S ₁
04-263	Nacimiento	Patzcía	1.1 Coyolate	0,671	0,806	0,422	0,127	0	1,084	0,112	-	204	6,83	C ₁ S ₁
99-231	Río Nimayá	Patzún	1.9 Madre Vieja	0,740	1,260	0,430	0,010	0,000	1,390	0,430	-	136	5,88	C ₁ S ₁
02-188	Río S/N	Patzún	1.9 Madre Vieja	0,790	2,100	0,220	0,080	0,000	0,690	0,270	-	126	7,150	C ₁ S ₁
03-47	Nacimiento	Patzún	1.9 Madre Vieja	0,850	0,970	0,220	0,060	0,000	1,350	0,180	-	152	7,150	C ₁ S ₁
03-46	Nacimiento	Patzún	1.9 Madre Vieja	1,570	1,450	0,370	0,090	0,830	1,700	0,720	-	324	7,360	C ₂ S ₁
03-169	Río S/N	Pochuta	1.9 Madre Vieja	0,780	2,350	0,240	0,010	0,000	1,380	0,180	-	130	7,340	C ₁ S ₁
02-140	Río El Manantial	Pochuta	1.9 Madre Vieja	1,250	0,930	0,020	0,150	0,000	0,130	0,180	-	172	6,690	C ₁ S ₁
99-283	Río Xipacay	San Andrés Itzapa	1.1 Coyolate	1,060	1,060	0,560	0,140	1,100	2,410	0,110	-	136	7,61	C ₁ S ₁
01-89	Río El Molino	San Martín Jilotepeque	2.2 Motagua	0,370	0,350	0,290	0,060	0,000	1,040	0,600	-	88	8,70	C ₀ S ₁
04-200	Nacimiento	San Martín Jilotepeque	2.2 Motagua	0,311	0,27	0,198	0,035	0	0,703	0,134	-	71	6,98	C ₀ S ₁
02-131	Río Cuchuyá	San Martín Jilotepeque	2.2 Motagua	1,150	0,430	0,720	0,160	0,300	0,950	0,250	-	241	8,150	C ₁ S ₁
02-238	N Agua Escondida	San Martín Jilotepeque	2.2 Motagua	0,860	0,540	0,260	0,060	0,000	0,840	0,180	-	155	6,720	C ₁ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 9 "A" Análisis químico de agua para riego de Chimaltenango y El Progreso

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁼	Conductividad Eléctrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
04-201	Nacimiento	San Martín Jilotepeque	2.2 Motagua	0,415	0,36	0,553	0,131	0,402	0,602	0,089	+	102	6,140	C ₁ S ₁
04-202	Nacimiento	San Martín Jilotepeque	2.2 Motagua	0,623	0,444	0,487	0,149	0,643	0,703	0,178	-	142	6,360	C ₁ S ₁
04-349	Nacimiento	San Martín Jilotepeque	2.2 Motagua	0,734	0,48	0,609	0,307	0,241	0,753	0,045	-	142	6,340	C ₁ S ₁
02-127	Río Pixcayá	San Martín Jilotepeque	2.2 Motagua	1,200	0,430	0,800	0,080	0,330	0,850	0,540	-	101	7,08	C ₁ S ₁
02-261	nacimiento	San Martín Jilotepeque	2.2 Motagua	0,540	0,700	0,280	0,120	0,000	1,510	0,180	-	170	7,390	C ₁ S ₁
03-25	Río	San Martín Jilotepeque	2.2 Motagua	1,230	0,480	0,390	ND	0,000	1,840	0,180	-	196	8,070	C ₁ S ₁
03-156	Nacimiento	Santa Apolonia	1.1 Coyolate	0,300	0,080	0,140	0,040	0,000	0,380	0,180	-	48	6,380	C ₀ S ₁
03-157	Nacimiento	Santa Apolonia	1.1 Coyolate	0,220	0,230	0,150	0,070	0,000	0,580	0,360	-	63	7,490	C ₀ S ₁
05-77	Nacimiento	Santa Cruz Balanyá	1.1 Coyolate	0,62	0,49	0,33	0,01	N/A	N/A	N/A	Nd	120	6,20	C ₁ S ₁
05-193	Río	Santa Cruz Balanyá	1.1 Coyolate	0,629	0,369	0,480	0,190	0,000	1,198	0,134	-	175	6,75	C ₁ S ₁
05-194	nacimiento	Santa Cruz Balanyá	1.1 Coyolate	0,839	0,319	0,330	0,130	0,000	1,332	0,178	-	190	6,72	C ₁ S ₁
01-137	Río Caliaj	Tecpán	1.1 Coyolate	0,120	0,100	0,070	0,050	0,000	0,080	0,520	-	23	6,57	C ₀ S ₁
05-245	Río S/n	Tecpán	1.1 Coyolate	0,314	0,289	0,052	0,160	0,000	0,982	0,045	-	39	7,29	C ₀ S ₁
03-335	Río S/N	Tecpán	1.1 Coyolate	0,130	0,330	0,155	ND	0,000	0,380	0,180	-	59	7,300	C ₀ S ₁
05-171	Río	Tecpán	1.1 Coyolate	0,629	0,768	0,460	0,160	0,000	1,722	0,201	-	216	7,29	C ₁ S ₁
05-173	Río	Tecpán	1.1 Coyolate	0,671	0,567	0,500	0,130	0,000	1,642	0,156	-	197	7,38	C ₁ S ₁
04-246	Nacimiento	Tecpán	1.1 Coyolate	0,726	0,708	0,336	0,171	0	0,532	0,156	+	219	6,43	C ₁ S ₁
05-172	Río S/N	Tecpán	1.1 Coyolate	1,174	0,722	0,540	0,180	0,000	1,992	0,245	-	294	7,20	C ₂ S ₁
05-228	Río Motagua	Tecpán	2.2 Motagua	0,320	0,427	0,022	0,033	0,000	0,336	0,095	-	76	6,93	C ₀ S ₁
05-174	Río	Tecpán	1.1 Coyolate	0,881	0,517	0,430	0,210	0,000	1,696	0,245	-	224	7,22	C ₁ S ₁
05-175	Río	Tecpán	1.1 Coyolate	0,881	0,517	0,370	0,097	0,000	1,373	0,156	-	202	7,31	C ₁ S ₁
05-190	Río	Tecpán	1.1 Coyolate	0,734	0,264	0,430	0,160	0,000	1,413	0,268	-	160	7,17	C ₁ S ₁
02-271	Río San Rafael	Yepocapa	1.1 Coyolate	0,740	0,570	0,260	ND	0,000	1,120	0,180	-	131	7,070	C ₁ S ₁
99-142	Nac. Polocón	Zaragosa	2.2 Motagua	0,830	0,670	0,760	0,110	0,000	0,510	0,210	-	134	6,70	C ₁ S ₁
El Progreso														
96-03	Reservorio	El Jícaro	2.2 Motagua	2,720	4,110	1,000	N/a	0,390	6,280	0,850	0,000	505	8,14	C ₂ S ₁
03-131	Canal de Riego	El Jícaro	2.2 Motagua	0,195	1,030	1,220	0,930	0,000	2,590	1,790	++	447	7,220	C ₂ S ₁
03-132	Canal de Riego	El Jícaro	2.2 Motagua	1,490	1,620	1,280	0,190	0,000	2,830	0,900	++	349	7,240	C ₂ S ₁
03-133	Toma	El Jícaro	2.2 Motagua	1,53	5,650	0,720	0,040	1,240	4,080	0,540	++	502	8,290	C ₂ S ₁
03-295	Nacimiento	El Jícaro	2.2 Motagua	1,390	6,790	1,138	0,052	3,720	1,960	0,540	+	786	8,090	C ₂ S ₁
03-326	Nacimiento	El Jícaro	2.2 Motagua	3,080	3,810	2,744	0,160	1,230	6,140	0,720	+	829	7,180	C ₃ S ₁
03-293	Nacimiento	El Jícaro	2.2 Motagua	0,910	5,660	0,306	0,028	2,690	3,380	0,720	-	606	7,800	C ₂ S ₁
02-153	Nacimiento	Guastatoya	2.2 Motagua	0,420	0,370	0,000	0,070	0,000	0,220	0,360	-	58	6,890	C ₀ S ₁
99-282	Río Motagua	Guastatoya	2.2 Motagua	1,240	1,550	0,770	0,160	0,000	0,180	0,210	-	241	7,62	C ₁ S ₁
02-110	Riachuelo	Guastatoya	2.2 Motagua	0,830	0,780	0,430	0,040	0,180	0,180	0,270	-	136	7,290	C ₁ S ₁
03-4	Nacimiento	Guastatoya	2.2 Motagua	1,300	0,760	0,450	ND	0,620	1,390	0,180	-	246	6,860	C ₁ S ₁
03-122	Río	Guastatoya	2.2 Motagua	0,640	0,570	0,390	0,030	0,000	0,850	0,540	-	127	7,520	C ₁ S ₁
02-33	Río Motagua	Guastatoya	2.2 Motagua	1,870	1,170	1,070	0,120	0,000	4,745	0,720	++	444	7,440	C ₂ S ₁
02-60	Río Guastatoya	Guastatoya	2.2 Motagua	1,953	1,959	1,780	0,120	0,603	1,908	3,047	+++	573	7,860	C ₂ S ₁
02-172	Río Guastatoya	Guastatoya	2.2 Motagua	1,870	1,920	1,580	0,110	0,500	1,620	1,080	+	480	8,550	C ₂ S ₁
02-173	Nacimiento	Guastatoya	2.2 Motagua	3,410	0,660	0,150	0,010	0,330	1,570	0,540	-	337	6,500	C ₂ S ₁
03-54	Nacimiento	Guastatoya	2.2 Motagua	2,890	1,270	0,460	0,020	1,160	1,780	0,720	+	418	7,560	C ₂ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 10 "A" Análisis químico de agua para riego de El Progreso y Guatemala

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁻	Conductividad Eléctrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
05-26	Río Hato	Guastatoya	2.2 Motagua	0,750	0,510	0,039	0,010	N/A	N/A	N/A	Nd	118	7,30	C ₁ S ₁
99-161	Río Guastatoya	Guastatoya	2.2 Motagua	1,820	1,370	1,860	0,140	1,170	4,020	0,430	-	383	7,27	C ₂ S ₁
99-162	Río Guastatoya	Guastatoya	2.2 Motagua	1,780	1,030	3,100	0,110	0,950	3,920	0,530	-	383	7,28	C ₂ S ₁
03-160	Nacimiento	Guastatoya	2.2 Motagua	2,780	0,460	0,310	0,080	0,230	2,740	0,540	+	370	6,320	C ₂ S ₁
03-171	Toma de Río	Guastatoya	2.2 Motagua	1,730	0,81	1,350	0,260	0,580	2,950	0,360	+	435	7,300	C ₂ S ₁
03-249	Nacimiento	Guastatoya	2.2 Motagua	1,430	5,810	0,105	0,001	0,960	2,380	0,540	-	696	7,000	C ₂ S ₁
03-255	Nacimiento	Guastatoya	2.2 Motagua	3,32	3,76	0,388	0,005	0,778	7,19	0,09	-	708	7,39	C ₂ S ₁
03-296	Nacimiento	Guastatoya	2.2 Motagua	2,950	1,540	1,579	0,055	1,530	2,920	0,720	-	566	7,850	C ₂ S ₁
03-298	Nacimiento	Guastatoya	2.2 Motagua	3,040	1,830	0,767	0,053	1,300	2,960	0,540	-	469	7,060	C ₂ S ₁
03-97	Río	Guastatoya	2.2 Motagua	3,780	6,260	11,630	0,330	2,480	4,780	10,390	+++	1903	7,970	C ₂ S ₂
02-222	Río	Morazán	2.2 Motagua	1,060	0,280	0,070	0,020	0,000	0,840	0,180	-	160	7,840	C ₁ S ₁
03-301	Nacimiento	Morazán	2.2 Motagua	0,390	1,640	0,062	0,002	0,000	2,030	0,180	-	186	7,370	C ₁ S ₁
04-238	Río El Zapote	Morazán	2.2 Motagua	1,41	0,334	0,245	0,045	0	1,355	0,178	-	183	7,48	C ₁ S ₁
04-239	Río San Clemente	Morazán	2.2 Motagua	0,933	1,586	0,128	0,047	0,241	1,837	0,312	-	245	7,89	C ₁ S ₁
04-240	Río Morazan	Morazán	2.2 Motagua	1,286	0,846	0,233	0,054	0,321	1,556	0,223	-	228	8,03	C ₁ S ₁
05-235	Nacimiento	Morazán	2.2 Motagua	0,692	0,566	0,220	0,025	0,000	1,144	0,04	-	140	7,49	C ₁ S ₁
02-174	Río Marajuma	Morazán	2.2 Motagua	1,250	3,100	0,170	0,030	0,400	1,460	0,360	+	352	7,590	C ₂ S ₁
03-276	Nacimiento	Sanarate	2.2 Motagua	0,820	0,380	0,387	0,114	0,000	1,300	0,360	-	163	7,130	C ₁ S ₁
01-69	Río Plátanos	Sanarate	2.2 Motagua	1,620	0,470	1,070	0,100	0,470	1,940	0,910	++	279	8,40	C ₂ S ₁
96-12	Río Comaja	San Agustín Acasaguastlán	2.2 Motagua	0,540	1,030	0,050	N/a	0,000	0,860	0,100	0,000	120	7,46	C ₁ S ₁
03-280	Nacimiento	San Agustín Acasaguastlán	2.2 Motagua	0,430	2,740	0,781	0,121	0,000	1,570	0,720	+	227	7,370	C ₁ S ₁
04-310	Nacimiento	San Agustín Acasaguastlán	2.2 Motagua	1,195	0,701	0,153	0,016	0	1,777	0,067	-	197	7,3	C ₁ S ₁
03-329	Río Hato	San Agustín Acasaguastlán	2.2 Motagua	0,760	1,270	0,088	0,019	0,000	1,610	0,360	-	162	7,600	C ₁ S ₁
03-330	Río	San Agustín Acasaguastlán	2.2 Motagua	0,690	1,130	0,128	0,045	0,000	1,980	0,180	-	169	7,980	C ₁ S ₁
04-269	Río Huyus	San Agustín Acasaguastlán	2.2 Motagua	0,252	0,407	0,003	0,011	0	0,502	0,045	-	68	6,78	C ₁ S ₁
03-300	Nacimiento	San Agustín Acasaguastlán	2.2 Motagua	0,430	3,720	0,063	0,001	2,690	2,690	0,360	-	375	6,870	C ₂ S ₁
04-121	Quebrada	San Agustín Acasaguastlán	2.2 Motagua	1,908	0,844	0,045	0,020	0,482	2,098	0,089	-	277	7,200	C ₂ S ₁
05-132	Río San Agustín	San Agustín Acasaguastlán	2.2 Motagua	1,262	1,725	0,130	0,040	0,807	3,014	0,089	Nd	373	6,73	C ₂ S ₁
01-147	Qda agua Caliente	San Anjtonio La Paz	2.2 Motagua	1,870	1,090	0,420	0,013	0,000	2,310	0,650	-	321	8,50	C ₂ S ₁
03-158	Río	San Antonio La Paz	2.2 Motagua	2,260	1,880	0,440	0,130	1,230	2,380	0,540	+	444	7,320	C ₂ S ₁
03-162	Nacimiento	San Cristobal Acasaguastlán	2.2 Motagua	0,260	0,860	0,003	0,001	0,000	1,300	0,540	-	109	7,570	C ₁ S ₁
Guatemala														
05-236	Laguna de Calderas	Amatitlán	1.13 María Linda	0,713	1,682	0,780	0,180	0,538	2,247	0,178	-	293	8,25	C ₂ S ₁
99-121	Río el Mico	Amatitlán	1.13 María Linda	3,470	1,420	1,030	0,130	0,540	2,790	0,320	++	450	8,12	C ₂ S ₁
99-122	Nac. Las Trojes	Amatitlán	1.13 María Linda	2,310	1,080	1,200	0,120	0,000	3,990	0,640	+	350	8,00	C ₂ S ₁
04-176	Río Motagua	Churranchito	2.2 Motagua	0,747	0,455	0,293	0,112	0,000	1,054	0,201	-	151	6,450	C ₁ S ₁
02-135	Río Motagua	Churranchito	2.2 Motagua	1,040	0,740	0,440	0,100	0,000	1,820	0,180	++	173	7,450	C ₁ S ₁
95-144	NacimientoTanque peq	Fraijanes	1.13 María Linda	1,050	0,300	0,310	0,010	0,000	1,360	0,210	0,000	174	7,20	C ₁ S ₁
95-145	NacimientoTanque gran	Fraijanes	1.13 María Linda	0,670	0,450	0,310	0,010	0,000	1,050	0,210	0,000	128	7,40	C ₁ S ₁
04-265	promedio de los tres	Guatemala	1.13 María Linda	0,309	0,327	3,039	0,236	0,250	2,373	0,446	+	526	7,33	C ₂ S ₁
03-282	Río las Vacas	Guatemala	2.2 Motagua	1,300	0,480	0,570	0,100	0,000	0,690	0,540	-	248	6,710	C ₁ S ₁
03-285	Río Bijague	Guatemala	2.2 Motagua	0,870	0,340	1,360	0,116	0,000	2,840	0,180	-	247	6,820	C ₁ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 11 "A" Análisis químico de agua para riego de Guatemala, Sacatepéquez y Petén

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁻	Conductividad Electrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
03-283	Río las Vacas	Guatemala	2.2 Motagua	1,730	0,810	1,778	0,342	0,190	4,470	1,430	-	655	6,620	C ₂ S ₁
03-284	Río las Vacas	Guatemala	2.2 Motagua	1,780	0,930	1,156	0,183	0,380	2,650	0,360	-	411	7,080	C ₂ S ₁
02-125	aguas tratadas tesis	Guatemala	1.13 María Linda	1,330	1,440	2,470	0,040	0,330	1,660	0,900	+	475	6,940	C ₂ S ₁
99-193	Río Los Cubes	Palencia	2.2 Motagua	0,740	0,130	0,280	0,100	0,000	0,990	0,550	-	84	7,54	C ₀ S ₁
03-85	Río Leon	Palencia	2.2 Motagua	0,640	0,210	0,440	0,160	0,000	0,640	0,180	-	130	7,360	C ₁ S ₁
04-244	Nacimiento	Palencia	2.2 Motagua	0,892	0,174	0,406	0,082	0	0,853	0,022	-	148	6,37	C ₁ S ₁
03-306	Nacimiento	San José Pinula	2.2 Motagua	0,220	0,210	0,094	0,031	0,000	0,270	0,180	-	32	5,840	C ₀ S ₁
03-314	Nacimiento	San José Pinula	2.2 Motagua	0,260	0,270	0,203	0,460	0,000	0,650	0,360	-	69	7,220	C ₀ S ₁
04-217	Nacimiento	San José Pinula	2.2 Motagua	0,207	0,141	0,25	0,123	0	0,492	0,067	-	33	7,32	C ₀ S ₁
04-110	Río Negro	San José Pinula	2.2 Motagua	0,622	0,230	0,468	0,082	0,000	0,964	0,089	-	125	6,850	C ₁ S ₁
04-111	Río Pinula	San José Pinula	2.2 Motagua	1,493	0,735	0,579	0,031	0,522	1,948	0,134	-	266	7,340	C ₂ S ₁
05-37	Río Motagua	San Juan Sacatepequez	2.2 Motagua	0,620	0,490	0,520	0,100	N/A	N/A	N/A	Nd	180	8,40	C ₁ S ₁
02-128	Nacimiento el Jute	San Juan Sacatepequez	2.2 Motagua	4,160	1,970	0,270	0,050	0,400	2,460	0,360	-	480	7,200	C ₂ S ₁
03-30	Río Pixcayá	San Juan Sacatepequez	2.2 Motagua	1,270	2,360	0,910	ND	0,000	2,980	0,540	-	343	6,800	C ₂ S ₁
03-218	Riachuelo	San Raymundo	2.2 Motagua	0,930	0,400	0,298	0,027	0,000	1,610	0,360	-	178	6,670	C ₁ S ₁
99-194	Nacimiento	Villa Canales	1.13 María Linda	1,690	1,770	1,240	0,190	0,730	3,620	0,340	+	417	6,91	C ₂ S ₁
04-112	Riachuelo	Villa Canales	1.13 María Linda	0,830	1,031	0,996	0,156	0,201	1,928	0,357	-	308	6,710	C ₂ S ₁
04-174	Nacimiento	Villa Canales	1.13 María Linda	0,954	0,848	1,013	0,077	0,402	1,697	0,424	+	275	6,490	C ₂ S ₁
99-145	Río Platanitos	Villa Nueva	1.13 María Linda	0,950	1,170	0,890	0,130	0,000	2,710	0,320	-	228	7,20	C ₁ S ₁
99-143	Río Platanitos	Villa Nueva	1.13 María Linda	0,780	1,140	0,790	0,090	0,000	2,890	0,320	-	202	7,26	C ₁ S ₁
99-144	Río Platanitos	Villa Nueva	1.13 María Linda	1,070	0,930	0,870	0,160	0,000	2,490	0,530	-	226	7,30	C ₁ S ₁
05-226	Nacim. (con este riegan)	Villa Nueva	1.13 María Linda	1,363	1,571	0,540	0,200	0,610	1,844	0,134	-	370	7,20	C ₂ S ₁
Sacatepéquez														
04-101	Nacimiento	Antigua	Achiguate 1.12	0,747	0,726	0,237	0,073	0,000	1,305	0,357	-	154	6,910	C ₁ S ₁
05-24	Rc Sn Miguel Dueñas	Antigua	Achiguate 1.12	0,870	1,190	0,696	0,223					335	6,70	C ₂ S ₁
04-335	Nacimiento	Pastores	Achiguate 1.12	0,881	0,552	0,724	0,084	0	1,965	0,089		218	6,3	C ₁ S ₁
06-245	Nacimiento	San Antonio Aguas Calientes	Achiguate 1.12	0,544	0,683	0,888	0,156	0,323	1,178	0	-	191	6,9	C ₁ S ₁
01-9	Nac. Joya los papos	Santiago Sacatepequez	Motagua 2.2	0,410	0,290	0,290	0,081	0,000	1,340	0,180	-	116	6,70	C ₁ S ₁
06-153	Nacimiento	Santiago Sacatepequez	Motagua 2.2	0,478	0,748	0,306	0,123	0	0,807	0,29	-	160	7,26	C ₁ S ₁
Petén														
06-36	Río Petexbatun	Sayaxché	3.7 Salinas	2,898	1,183	0,061	0,021	0	1,851	0,023	+	364	7,86	C ₂ S ₁
04-210	Laguna Oquevix	Santa Ana	3.8 Pasión	1,866	0,653	0,066	0,024	0,402	1,717	0,201		227	7,14	C ₁ S ₁
01-83	arrollo el cabro	Dolores	3.8 Pasión	3,370	3,780	0,140	0,020	3,440	1,480	1,430	-	518	7,90	C ₂ S ₁
03-263	Nacimiento	Dolores	3.8 Pasión	3,950	3,040	0,172	0,031	1,460	5,950	0,540		620	8,040	C ₂ S ₁
03-268	Nacimiento	Dolores	3.8 Pasión	3,730	2,890	0,178	0,033	1,770	4,720	0,360		624	8,050	C ₂ S ₁
01-56	Lago Petén Itzá	Flores	3.10 San Pedro	2,620	1,480	0,420	0,260	0,760	2,520	1,910	+++	863	8,20	C ₃ S ₁
01-161	Río El Chorro	La Libertad	3.9 Usumacinta	5,240	0,600	0,200	0,030	0,550	4,330	0,930	++	500	7,4	C ₂ S ₁
04-224	Arroyo Chorro	La Libertad	3.9 Usumacinta	6,387	1,558	0,011	0,008	0,723	3,745	0,335	+++	782	7,15	C ₃ S ₁
04-225	Arroyo Chorro	La Libertad	3.9 Usumacinta	6,429	1,574	0,011	0,009	1,406	3,002	0,156	+++	778	7,67	C ₃ S ₁
03-37	Río Pañuelitos	Poptun	3.8 Pasión	3,190	2,980	0,140	0,01	1,450	3,370	0,540		498	7,900	C ₂ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 12 "A" Análisis químico de agua para riego de Petén y Alta Verapaz

Identificación	Fuente	Municipio	Cuenca	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit.	Conductividad Eléctrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
03-224	Río Concoma	Poptun	3.8 Pasión	1,890	3,830	0,101	0,001	1,150	4,220	0,360	+	532	7,200	C ₂ S ₁
06-214	Río Machaquilá	Poptún	3.8 Pasión	2,827	1,723	0,107	0,011	0,581	3,55	0,123	-	443	7,33	C ₂ S ₁
06-37	Río La Pasión	Sayaxché	3.8 Pasión	2,867	1,195	0,057	0,028	0	3,509	0,069	++	370	7,67	C ₂ S ₁
03-259	Laguna	San Andrés	3.10 San Pedro	1,840	0,270	0,218	0,096	0,000	2,110	0,360		232	6,980	C ₁ S ₁
03-36	Nacimiento	San Benito	3.10 San Pedro	6,790	2,080	0,260	0,02	1,240	5,780	0,720	+++	805	6,860	C ₃ S ₁
Alta Verapaz														
04-299	Q. Sepos	Cahabón	2.5 Cahabón	3,04	0,593	0,395	0,026	0,482	2,982	0,112		380	6,72	C ₂ S ₁
04-305	Río Cuamo	Cahabón	2.5 Cahabón	2,139	0,576	0,318	0,018	0	2,741	0,067		297	7,51	C ₂ S ₁
04-322	Q. Atzun	Cahabón	2.5 Cahabón	2,055	0,839	0,279	0,02	0,402	2,299	0,112		285	7,61	C ₂ S ₁
04-319	Q. Chacab	Cahabón	2.5 Cahabón	0,545	0,333	0,145	0,023	0	0,813	0,067		91	7,14	C ₀ S ₁
04-321	Q. Seca	Cahabón	2.5 Cahabón	0,587	0,251	0,138	0,016	0	0,773	0,022		92	7,05	C ₀ S ₁
04-295	Q. Luch	Cahabón	2.5 Cahabón	0,629	1,068	0,171	0,011	0	1,536	0,022		159	7,2	C ₁ S ₁
04-296	Q. Sechún	Cahabón	2.5 Cahabón	1,572	0,823	0,217	0,028	0	2,339	0,067		239	7,58	C ₁ S ₁
04-297	Q. Pabila	Cahabón	2.5 Cahabón	0,566	1,23	0,178	0,015	0,402	1,134	0,022		178	7,72	C ₁ S ₁
04-298	Q. Sechachi	Cahabón	2.5 Cahabón	0,294	1,23	0,197	0,019	0	1,436	0,067		152	7,11	C ₁ S ₁
04-300	Q. Seca	Cahabón	2.5 Cahabón	1,405	0,99	0,168	0,013	0	1,215	0,156		239	7,55	C ₁ S ₁
04-301	Río Ninlajá	Cahabón	2.5 Cahabón	0,503	1,134	0,127	0,01	0,361	1,054	0,067		167	7,74	C ₁ S ₁
04-302	Río Semushan	Cahabón	2.5 Cahabón	0,671	1,724	0,042	0,007	0,241	1,817	0,022		226	7,91	C ₁ S ₁
04-303	Q. Inab	Cahabón	2.5 Cahabón	0,419	0,619	0,055	0,012	0	0,793	0,067		102	7,21	C ₁ S ₁
04-304	Q. Canquib	Cahabón	2.5 Cahabón	0,356	0,901	0,134	0,014	0	1,175	0,112		136	7,59	C ₁ S ₁
04-320	Q. Sebalan	Cahabón	2.5 Cahabón	0,294	1,303	0,003	0	0	1,536	0,112		155	6,86	C ₁ S ₁
04-323	Q. Santa María	Cahabón	2.5 Cahabón	0,734	0,623	0,161	0,001	0	1,375	0,156		143	6,67	C ₁ S ₁
04-324	Río Chiis	Cahabón	2.5 Cahabón	0,147	1,53	0,003	0	0	1,616	0,067		159	7,44	C ₁ S ₁
04-294	Q. Tzuncoc	Cahabón	2.5 Cahabón	0,482	0,875	2,97	0,019	0	1,436	0,112		150	7,32	C ₁ S ₁
04-179	Río Cahabon	Cahabón	2.5 Cahabón	2,800	1,309	0,622	0,043	0,723	3,062	0,513	+	494	7,310	C ₂ S ₁
04-233	Río Verde	Coban	3.7 Salinas	3,235	0,834	0,001	0,008	0,48	1,757	0,245	++	415	7,92	C ₂ S ₁
01-14	Agua de lluvia	Coban	3.7 Salinas	0,000	0,000	0,040	0,002	0,640	0,160	0,180	-	7	5,80	C ₁ S ₁
96-41	- - -	Coban	3.7 Salinas	2,510	0,820	0,380	N/a	0,000	2,990	0,110	0,100	298	7,40	C ₂ S ₁
04-178	Río Sachichaj	Coban	3.7 Salinas	0,830	1,806	0,011	0,009	0,402	1,918	0,156	-	280	6,830	C ₂ S ₁
04-256	Río	Chisec	3.8 Pasión	0,415	0,238	0,027	0,022	0	0,392	0,022	-	66	6,51	C ₀ S ₁
97-45	Río Simón	Chisec	3.8 Pasión	2,430	1,340	0,100	N/a	0,000	3,086	0,000		250	7,03	C ₁ S ₁
02-114	Río Dolores	Chisec	3.8 Pasión	2,290	0,480	0,210	0,070	0,790	0,790	0,270	-	215	8,070	C ₁ S ₁
04-234	Río Chiquito	Chisec	3.8 Pasión	0,415	0,845	0,065	0,016	0	1,094	0,156	-	122	6,67	C ₁ S ₁
04-257	Río	Chisec	3.8 Pasión	3,94	1,331	0,146	0,041	0,924	3,383	0,29	+	556	7,05	C ₂ S ₁
04-259	Río	Chisec	3.8 Pasión	4,044	1,576	0,061	0,176	0,803	4,267	0,335	-	561	7,07	C ₂ S ₁
04-260	Río	Chisec	3.8 Pasión	2,654	0,543	0,015	0,014	0,482	2,42	0,156	-	310	7,18	C ₂ S ₁
04-258	Río	Chisec	3.8 Pasión	7,009	0,936	0,035	0,02	0,562	2,64	0,201	+++	823	7,1	C ₃ S ₁
99-165	Los nacimiento	Panzos	2.4 Polochic	0,370	0,290	0,490	0,050	0,000	0,410	0,110	-	42	6,00	C ₀ S ₁
99-166	Río Baleu	Panzos	2.4 Polochic	0,620	0,530	0,260	0,020	0,000	0,950	0,430	-	80	7,48	C ₀ S ₁
02-19	Riachuelo	Panzos	2.4 Polochic	0,208	0,464	0,073	0,017	0,000	0,180	0,360	-	45	6,990	C ₀ S ₁
06-8	Río Pueblo Viejo	Panzos	2.4 Polochic	0,115	0,057	0,087	0,013	0	0,203	0,012	-	27	7,7	C ₀ S ₁
01-51	Río Polochic	Panzos	2.4 Polochic	1,620	0,780	0,090	0,010	0,000	2,900	0,640	+	250	6,30	C ₁ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 13 "A" Análisis químico de agua para riego de Alta Verapaz y Baja Verapaz

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁻	Conductividad Eléctrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₂ ⁻	HCO ₂ ⁻	Cl ⁻				
01-73	Arrollo Jocochiquin	Panzos	2.4 Polochic	2,120	1,230	0,230	0,020	0,000	2,980	0,780	-	305	7,20	C ₂ S ₁
99-117	Nac. la Laguna	Fray Bartolomé de las Casas	3.8 Pasión	2,230	0,650	0,800	0,050	0,430	2,300	0,110	-	250	7,14	C ₁ S ₁
99-118	Río Chiyú	Fray Bartolomé de las Casas	3.8 Pasión	2,520	0,690	0,730	0,040	0,640	2,360	0,210	+	325	7,07	C ₂ S ₁
04-173	Río Raxuja	Fray Bartolomé de las Casas	3.8 Pasión	2,966	0,755	0,002	0,032	0,643	2,721	0,335	-	381	6,910	C ₂ S ₁
05-276	Río S/n	Fray Bartolomé de las Casas	3.8 Pasión	0,425	0,800	0,096	0,021	0	0,915	0,022	-	87	6,7	C ₀ S ₁
01-128	Nac. El Cholopo	San Cristobal Verapaz	3.7 Salinas	0,500	0,290	0,050	0,000	0,000	0,370	0,500	-	52	7,50	C ₀ S ₁
01-104	nacimiento (area alta)	San Cristobal Verapaz	3.7 Salinas	0,370	0,210	0,090	0,003	0,000	0,440	0,750	-	214	8,30	C ₁ S ₁
01-103	Laguneta Sn Cristobal	San Cristobal Verapaz	3.7 Salinas	2,370	1,620	0,030	0,003	0,650	3,340	0,910	-	350	8,40	C ₂ S ₁
01-105	Laguneta San Cristobal	San Cristobal Verapaz	3.7 Salinas	2,370	1,620	0,030	0,003	0,650	3,340	0,910	-	350	8,40	C ₂ S ₁
04-203	Ojo de Agua	San Juan Chamelco	2.5 Cahabón	1,866	1,95	0,002	0,004	0,482	2,329	0,045	-	291	6,95	C ₂ S ₁
99-99	Río Chió	San Pedro Carchá	3.7 Salinas	2,400	1,450	0,580	0,020	0,640	0,910	0,210	-	121	7,56	C ₁ S ₁
02-42	Río Tankalash	Santa Cruz Verapaz	3.7 Salinas	0,416	0,375	0,061	0,000	0,000	0,250	0,358	-	58	6,320	C ₀ S ₁
02-42	Río Tankalash	Santa Cruz Verapaz	3.7 Salinas	0,416	0,375	0,061	0,000	0,000	0,250	0,358	-	58	6,320	C ₀ S ₁
01-13	Arr. Chicoyoj	Santa Cruz Verapaz	3.7 Salinas	1,120	0,950	0,020	0,005	0,000	3,800	0,090	-	209	6,90	C ₁ S ₁
04-317	Nacimiento	Santa Cruz Verapaz	3.7 Salinas	2,302	1,326	0,026	0,021	0	3,183	0,022	-	358	7,73	C ₂ S ₁
02-43	Quebrada	Santa Cruz Verapaz	3.7 Salinas	1,870	1,489	0,031	0,001	0,368	1,122	0,538	-	257	7,610	C ₂ S ₁
02-44	Presa	Santa Cruz Verapaz	3.7 Salinas	2,369	1,267	0,027	0,001	0,469	1,105	0,179	-	262	8,000	C ₂ S ₁
03-244	Embalse	Tactic	3.7 Salinas	0,001	0,001	0,005	0,003	0,000	0,130	0,700	-	22	6,210	C ₀ S ₁
03-244	Embalse	Tactic	3.7 Salinas	0,001	0,001	0,005	0,003	0,000	0,130	0,700	-	22	6,210	C ₀ S ₁
05-271	Nacimiento S/N	Tactic	3.7 Salinas	0,207	0,374	0,021	0,022	0	0,363	0,045	-	33	7,50	C ₀ S ₁
05-227	Río Combuinis	Coban	3.7 Salinas	4,026	0,964	0,190	0,100	0,538	2,355	0,089	+	487	7,24	C ₂ S ₁
04-255	Río	Chisec	3.8 Pasión	0,124	0,108	0,151	0,059	0	0,131	0,067	-	60	6,37	C ₀ S ₁
05-47	Río Sacxomani	Tactic	3.7 Salinas	0,250	0,140	0,180	0,015	N/A	N/A	N/A	Nd	60	7,60	C ₀ S ₁
06-6	Río	Tactic	2.4 Polochic	2,69	2,277	0,052	0,015	0,538	5,376	0,133	-	416	7,2	C ₂ S ₁
05-48	Río Balanche	Tactic	3.7 Salinas	0,250	0,190	0,230	0,018	N/A	N/A	N/A	Nd	462	7,30	C ₂ S ₁
05-222	las Rocas	Tamahu	2.5 Cahabón	0,220	0,188	0,006	0,003	0,000	0,175	0,067	-	33	7,42	C ₀ S ₁
Baja Verapaz														
97-34	Río	Cubulco	3.7 Salinas	0,230	0,090	0,000	N/a	0,000	0,290	0,000	-	36	6,56	C ₀ S ₁
04-41	Río Chibalan	Cubulco	3.7 Salinas	0,415	0,167	0,222	0,085	0,000	0,620	0,240	-	73	7,890	C ₀ S ₁
05-28	Quebrada Rabinal	Cubulco	3.7 Salinas	0,370	0,160	0,165	0,031	N/A	N/A	N/A	Nd	49	6,90	C ₀ S ₁
04-104	Río Santa Rosa	Cubulco	3.7 Salinas	0,664	0,402	0,419	0,094	0,000	1,255	0,089	-	147	7,110	C ₁ S ₁
04-105	Quebrada Chacuxá	Cubulco	3.7 Salinas	0,518	0,528	0,418	0,092	0,000	1,295	0,223	-	152	7,210	C ₁ S ₁
99-98	Qda.El Astillero	El Chol	2.2 Motagua	0,370	0,240	0,300	0,030	0,000	0,640	0,320	-	65	6,50	C ₀ S ₁
03-136	Río Agua Caliente	El Chol	2.2 Motagua	0,420	0,220	0,350	0,020	0,000	0,520	0,360	-	85	7,970	C ₀ S ₁
03-137	Santa Cruz Chol	El Chol	2.2 Motagua	0,420	0,340	0,370	0,020	0,000	0,480	0,180	-	85	7,760	C ₀ S ₁
95-60	Río Pamac	Granados	2.2 Motagua	0,210	0,240	0,120	0,020	0,000	0,310	0,040	0,000	32	6,80	C ₀ S ₁
95-61	Río Ixchel	Granados	2.2 Motagua	0,210	0,240	0,240	0,020	0,000	0,620	0,040	0,000	73	7,00	C ₀ S ₁
95-62	Río Ixchel	Granados	2.2 Motagua	0,210	0,240	0,220	0,020	0,000	0,600	0,000	0,000	73	7,20	C ₀ S ₁
04-106	Río Pachicá	Rabinal	3.7 Salinas	1,866	0,943	1,339	0,145	1,044	1,998	0,134	-	413	7,180	C ₂ S ₁
04-81	Nacimiento	Rabinal	3.7 Salinas	0,249	0,332	0,167	0,018	0,000	0,460	0,220	-	51	6,580	C ₀ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 14 "A" Análisis químico de agua para riego de Baja Verapaz

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁼	Conductividad Eléctrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
04-107	Quebrada San Luis	Rabinal	3.7 Salinas	0,353	0,093	0,138	0,031	0,000	0,351	0,178	-	49	7,710	C ₀ S ₁
05-29	Río San Rafael	Rabinal	3.7 Salinas	0,870	0,390	0,978	0,064	N/A	N/A	N/A	Nd	177	7,40	C ₁ S ₁
99-100	Río La Estancia	Salamá	3.7 Salinas	0,620	0,570	0,800	0,070	0,000	2,840	0,420	+	275	7,00	C ₂ S ₁
01-66 **	Río Saj -cap	Rabinal	3.7 Salinas	1,750	0,970	0,380	0,040	0,310	3,450	0,780	-	347	7,60	C ₂ S ₁
01-127	Qda San Luis	Rabinal	3.7 Salinas	1,870	0,930	0,390	0,020	0,000	1,760	1,430	-	272	8,20	C ₂ S ₁
99-97	Canal Riego Sn Jerónimo	Salamá	3.7 Salinas	0,400	0,430	0,650	0,050	0,000	0,720	0,320	-	70	6,76	C ₀ S ₁
03-52	Río Canoas	Salamá	3.7 Salinas	0,020	0,380	0,070	0,010	0,000	0,290	0,180	-	44	7,570	C ₀ S ₁
03-92	Nacimiento	Salamá	3.7 Salinas	0,380	0,220	0,230	0,080	0,000	0,560	0,180	-	69	7,230	C ₀ S ₁
03-95	Río	Salamá	3.7 Salinas	0,380	0,630	0,260	0,040	0,000	0,560	0,180	-	81	7,270	C ₀ S ₁
02-123	Nacimiento	Salamá	3.7 Salinas	0,790	0,830	0,540	0,160	0,990	0,990	0,360	-	207	6,870	C ₁ S ₁
99-101	Río San Ignacio	Salamá	3.7 Salinas	0,990	0,550	0,900	0,070	0,000	1,820	0,110	-	150	6,66	C ₁ S ₁
99-138	Río Salamá	Salamá	3.7 Salinas	0,790	0,670	0,950	0,070	0,000	1,690	0,220	-	130	6,56	C ₁ S ₁
03-120	Río Payaque	Salamá	3.7 Salinas	0,810	1,410	0,350	0,060	0,410	0,850	0,540	-	197	7,850	C ₁ S ₁
03-121	Río	Salamá	3.7 Salinas	1,490	0,530	0,460	0,050	0,500	0,100	0,360	-	204	7,340	C ₁ S ₁
03-289	Nacimiento	Salamá	3.7 Salinas	0,170	0,160	0,146	0,027	0,000	0,380	0,180	-	45	6,460	C ₀ S ₁
03-291	Río	Salamá	3.7 Salinas	0,220	0,420	0,131	0,032	0,000	0,540	0,180	-	71	6,990	C ₀ S ₁
04-42	Río	Salamá	3.7 Salinas	0,35	0,270	0,247	0,078	0,000	0,780	0,200	-	94	7,710	C ₀ S ₁
04-43	Canal Riego Sn Jerónimo	Salamá	3.7 Salinas	0,332	0,211	0,211	0,055	0,000	0,560	0,280	-	76	6,540	C ₀ S ₁
04-212	Río Chuacusito	Salamá	3.7 Salinas	0,415	0,399	0,19	0,054	0	1,129	0,089	-	90	6,65	C ₀ S ₁
03-138	Río	Salamá	3.7 Salinas	0,680	0,770	0,340	0,030	0,000	0,720	0,360	-	136	7,440	C ₁ S ₁
03-155	Río	Salamá	3.7 Salinas	0,780	0,530	0,420	0,110	0,000	1,530	0,360	-	199	7,160	C ₁ S ₁
03-182	Río	Salamá	3.7 Salinas	0,520	0,200	0,140	0,020	0,000	1,000	0,360	-	106	6,550	C ₁ S ₁
04-214	Río Salamá	Salamá	3.7 Salinas	0,415	0,651	0,173	0,047	0	1,27	0,134	-	112	6,96	C ₁ S ₁
04-315	Q. Los Molinos	Salamá	3.7 Salinas	0,839	0,359	0,349	0,144	0	1,215	0,067	-	154	7,47	C ₁ S ₁
99-119	Nac. De la Peña	Salamá	3.7 Salinas	1,650	1,050	1,120	0,040	0,750	3,030	0,430	-	450	7,28	C ₂ S ₁
99-120	La Quebrada	Salamá	3.7 Salinas	2,730	0,850	0,710	0,060	1,230	3,410	0,220	-	300	7,53	C ₂ S ₁
99-139	Río Cachil	Salamá	3.7 Salinas	0,870	4,900	0,760	0,040	1,070	6,140	0,110	-	690	7,85	C ₂ S ₁
02-236	Río Agua Caliente	Salamá	3.7 Salinas	0,300	1,320	3,310	0,150	0,370	2,140	1,070	++	593	8,400	C ₂ S ₁
03-48	Nacimiento	Salamá	3.7 Salinas	1,060	3,660	0,090	0,010	0,410	4,080	0,360	-	411	7,300	C ₂ S ₁
03-49	Nacimiento	Salamá	3.7 Salinas	5,350	1,220	0,860	0,080	0,750	5,610	0,540	-	626	7,300	C ₂ S ₁
03-51	Río Cachil	Salamá	3.7 Salinas	0,980	4,710	0,140	0,020	1,160	3,460	0,180	-	465	8,410	C ₂ S ₁
03-93	Nacimiento	Salamá	3.7 Salinas	2,720	1,760	1,280	0,090	0,830	2,830	0,540	+	482	7,110	C ₂ S ₁
03-116	Río	Salamá	3.7 Salinas	1,660	1,090	1,060	0,120	0,410	1,760	0,900	+	360	7,450	C ₂ S ₁
03-117	Río	Salamá	3.7 Salinas	0,890	5,080	0,170	0,020	1,080	3,290	0,540	-	489	8,000	C ₂ S ₁
03-118	Nacimiento	Salamá	3.7 Salinas	0,850	5,040	0,150	0,020	1,490	2,480	0,360	-	490	7,980	C ₂ S ₁
03-119	Río	Salamá	3.7 Salinas	1,570	1,780	1,650	0,920	1,030	1,760	2,330	++	698	8,070	C ₂ S ₁
03-123	Río	Salamá	3.7 Salinas	1,270	1,140	1,380	0,140	0,410	2,090	0,900	+	380	7,710	C ₂ S ₁
03-181	Nacimiento	Salamá	3.7 Salinas	1,130	2,430	0,980	0,370	0,380	5,430	0,900	-	596	7,320	C ₂ S ₁
04-9	Nacimiento	Salamá	3.7 Salinas	1,327	0,534	0,863	0,196	0,610	2,730	0,300	-	290	6,900	C ₂ S ₁
04-10	Río Cachil	Salamá	3.7 Salinas	0,612	2,866	0,125	0,059	0,640	3,190	0,350	-	342	7,620	C ₂ S ₁
04-26	Nacimiento	Salamá	3.7 Salinas	1,550	3,220	1,167	0,114	2,000	2,070	0,400	-	498	7,270	C ₂ S ₁
03-170	Nacimiento	Salamá	3.7 Salinas	0,970	3,050	0,290	0,020	0,840	3,610	0,360	-	431	7,560	C ₂ S ₁
04-85	Río Chuacusito	Salamá	3.7 Salinas	1,763	0,660	0,536	0,196	0,400	2,210	0,310	-	275	7,350	C ₂ S ₁
04-86	Río Llano Grande	Salamá	3.7 Salinas	1,659	0,860	0,392	0,127	0,480	1,710	0,530	-	282	7,280	C ₂ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 15 "A" Análisis químico de agua para riego de Baja verapaz y El Quiché

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrografica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Qualit. SO ₄ ⁼	Conductividad Electrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	Cl ⁻				
04-87	Nacimiento	Salamá	3.7 Salinas	1,576	1,718	0,352	0,028	0,400	2,910	0,270	-	329	7,170	C ₂ S ₁
04-194	N. El Capulin	Salamá	3.7 Salinas	2,489	5,166	0,236	0,037	1,606	5,462	0,454	-	786	6,46	C ₃ S ₁
04-213	Ojo de Agua	Salamá	3.7 Salinas	1,555	1,739	0,35	0,028	0,602	2,896	0,357	-	334	6,63	C ₂ S ₁
05-27	Río San Jeronimo	San Jerónimo	3.7 Salinas	0,620	0,330	0,213	0,041	N/A	N/A	N/A	Nd	104	6,60	C ₁ S ₁
96-22	Río Chilascó Sn José	San Jerónimo	3.7 Salinas	0,160	0,160	0,010	N/a	0,000	0,290	0,060	0,000	25	7,03	C ₀ S ₁
03-154	Nacimiento	Salamá	3.7 Salinas	1,780	5,380	0,200	0,020	2,150	4,530	0,180	-	655	8,290	C ₂ S ₁
96-23	Río Chilascó Salida	San Jerónimo	3.7 Salinas	0,200	0,200	0,010	N/a	0,000	0,210	0,170	0,000	35	6,40	C ₀ S ₁
96-35	Río Chilascó Salida	San Jerónimo	3.7 Salinas	0,160	0,150	0,300	N/a	0,000	0,310	0,060	Nd	25	7,08	C ₀ S ₁
96-36	Río Chilascó Qda Bellota	San Jerónimo	3.7 Salinas	0,130	0,070	0,350	N/a	0,000	0,280	0,060	Nd	25	6,77	C ₀ S ₁
03-39	Río	San Jerónimo	3.7 Salinas	0,340	0,790	0,030	0,01	0,000	0,330	0,360	-	52	8,090	C ₀ S ₁
03-202	Río	San Jerónimo	3.7 Salinas	0,320	0,310	0,120	0,010	0,000	0,610	0,180	-	72	6,600	C ₀ S ₁
04-108	Canal Riego Sn Jerónimo	San Jerónimo	3.7 Salinas	0,249	0,271	0,087	0,033	0,000	0,371	0,134	-	57	7,340	C ₀ S ₁
04-193	Río	San Jerónimo	3.7 Salinas	0,207	0,219	0,073	0,021	0	0,281	0,152	-	36	6,5	C ₀ S ₁
04-195	Canal Riego Sn Jerónimo	San Jerónimo	3.7 Salinas	0,332	0,25	0,09	0,124	0	0,522	0,196	-	76	6,9	C ₀ S ₁
04-366	Embalse U. R Snjer	San Jerónimo	3.7 Salinas	0,166	0,319	0,034	0,034	0	0,241	0,022	-	47	7,73	C ₀ S ₁
03-203	Río Chilasco	San Jerónimo	3.7 Salinas	1,300	0,690	0,440	0,100	0,000	0,960	0,180	-	230	4,200	C ₁ S ₁
03-140	Quebrada	San Jerónimo	3.7 Salinas	0,640	0,810	0,280	0,010	0,000	0,760	0,360	-	126	7,160	C ₁ S ₁
04-91	Embalse	San Miguel Chicaj	3.7 Salinas	1,161	0,699	4,601	0,391	0,238	1,492	1,338	++	705	7,430	C ₂ S ₁
99-258	Río San Miguel	San Miguel Chicaj	3.7 Salinas	0,700	0,830	0,480	0,060	0,000	1,320	0,260	-	90	6,08	C ₀ S ₁
99-259	Río Pacani	San Miguel Chicaj	3.7 Salinas	0,500	0,310	0,320	0,050	0,000	0,590	0,150	-	49	5,74	C ₀ S ₁
04-25	Río	San Miguel Chicaj	3.7 Salinas	0,540	0,330	0,180	0,071	0,000	0,560	0,250	-	67	7,060	C ₀ S ₁
El Quiché														
99-276	Rc. Superficial	Canillá	3.7 Salinas	0,500	1,540	0,640	0,030	0,000	1,540	0,210	-	122	7,60	C ₁ S ₁
02-149	Río Choxoj	Cunen	3.7 Salinas	1,580	0,480	0,580	0,030	0,000	1,100	0,360	-	272	7,250	C ₂ S ₁
02-272	Río Pajales	Cunen	3.7 Salinas	4,030	1,270	0,050	ND	0,950	1,660	0,360	++	461	8,150	C ₂ S ₁
99-275	Nacimiento	Cunen	3.7 Salinas	1,860	1,680	0,500	0,110	0,730	2,890	0,320	-	242	7,20	C ₁ S ₁
03-210	Nacimiento	Cunen	3.7 Salinas	3,690	1,500	0,001	0,003	0,000	4,990	0,180	-	473	6,960	C ₂ S ₁
03-322	Río Patzula	Cunen	3.7 Salinas	3,040	0,520	0,042	0,011	0,380	2,920	0,360	-	330	7,270	C ₀ S ₁
04-1	Nac. Anonales	Cunen	3.7 Salinas	3,505	0,429	0,008	0,018	1,150	4,180	0,250	-	447	7,380	C ₂ S ₁
04-96	Nacimiento	Chajul	3.7 Salinas	2,945	0,543	0,156	0,013	0,883	2,008	0,223	-	339	7,240	C ₀ S ₁
02-126	Río Agua Escondida	Chiché	2.2 Motagua	0,330	0,420	0,330	0,040	0,000	0,400	0,180	-	65	6,560	C ₀ S ₁
04-97	Río	Chinique	2.2 Motagua	0,373	0,092	0,113	0,036	0,000	0,542	0,268	-	63	7,520	C ₀ S ₁
05-261	Río S/n	Ixcán	3.7 Salinas	2,406	1,935	0,048	0,021	0,431	4,145	0,156	-	407	7,37	C ₂ S ₁
99-11	Río	Joyabaj	2.2 Motagua	0,330	0,050	0,040	N/A	0,000	0,620	0,110	-	46	6,26	C ₀ S ₁
01-75	Río Choaxan	Joyabaj	2.2 Motagua	0,250	0,210	0,700	0,030	0,000	0,540	0,650	-	53	5,90	C ₀ S ₁
04-350	Río Kekchilaj	Joyabaj	2.2 Motagua	0,168	0,152	0,065	0,031	0	0,171	0,045	-	30	7,48	C ₀ S ₁
05-183	Río	Joyabaj	2.2 Motagua	0,252	0,267	0,260	0,054	0,000	0,592	0,067	-	83	7,64	C ₀ S ₁
04-158	Río	Joyabaj	2.2 Motagua	1,452	1,261	0,248	0,067	0,402	1,787	0,067	-	275	6,980	C ₂ S ₁
03-141	Rc. Muculinquaj	Joyabaj	2.2 Motagua	0,350	0,330	0,130	0,010	0,000	0,270	0,540	-	55	7,730	C ₀ S ₁
03-260	Quebrada	Joyabaj	2.2 Motagua	0,430	0,370	0,224	0,052	0,000	0,860	0,180	-	96	7,710	C ₀ S ₁
01-71	Río Turanza	Nebaj	3.7 Salinas	2,500	0,700	0,030	0,080	0,760	2,380	0,780	++	269	7,60	C ₂ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 16 "A" Análisis químico de agua para riego de El Quiché e Izabal

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁻²	Conductividad Eléctrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
01-72	Nacimiento Bisacuya	Nebaj	3.7 Salinas	3,490	0,780	0,030	0,020	0,840	3,060	0,650	++	355	7,30	C ₂ S ₁
03-105	Nacimiento	Nebaj	3.7 Salinas	8,660	4,930	0,000	0,000	0,820	2,420	0,360	-	411	7,690	C ₂ S ₁
03-196	Nacimiento N. 2	Nebaj	3.7 Salinas	2,950	1,180	0,090	0,001	0,460	3,720	0,720	-	380	7,590	C ₂ S ₁
03-194	Río	Nebaj	3.7 Salinas	3,040	0,820	0,001	0,001	0,840	2,880	0,360	-	370	7,720	C ₂ S ₁
03-195	Nacimiento N. 1	Nebaj	3.7 Salinas	2,120	1,410	0,000	0,001	0,690	3,220	0,540	-	317	8,020	C ₂ S ₁
03-153	Nacimiento	Nebaj	3.7 Salinas	3,950	1,010	0,020	0,020	0,460	2,710	0,180	+	483	7,510	C ₂ S ₁
04-98	Nacimiento	Nebaj	3.7 Salinas	3,733	0,918	0,008	0,009	0,803	1,948	0,178	++	450	7,220	C ₂ S ₁
04-99	Río	Nebaj	3.7 Salinas	2,800	0,785	0,004	0,009	1,004	1,787	0,089	+	340	7,600	C ₂ S ₁
97-10	Río Saltán	Pachalun	2.2 Motagua	0,700	0,600	0,100	N/a	0,000	0,790	0,000	0,000	81	5,82	C ₀ S ₁
01-95	Qda Grande, pte Maco	Pachalun	2.2 Motagua	0,500	0,350	0,230	0,050	0,000	1,060	0,520	-	82	8,30	C ₀ S ₁
01-96	Qda Grande, aforo	Pachalun	2.2 Motagua	0,500	0,390	0,250	0,060	0,000	0,800	0,520	-	96	8,00	C ₀ S ₁
99-277	Nacimiento	Patzité	2.2 Motagua	0,620	1,300	0,560	0,120	0,000	1,130	0,110	-	127	6,37	C ₁ S ₁
02-237	Río Blanco	Sacapulas	3.7 Salinas	2,560	0,690	0,140	0,150	0,340	1,190	0,360	++	379	8,400	C ₂ S ₁
03-33	Nacimiento	Sacapulas	3.7 Salinas	3,950	4,200	0,080	0,02	1,240	3,150	0,540	-	610	8,000	C ₂ S ₁
03-135	Nacimiento	Sacapulas	3.7 Salinas	3,230	0,640	0,010	0,010	0,410	1,970	0,180	-	325	7,780	C ₂ S ₁
03-172	Nacimiento	Sacapulas	3.7 Salinas	1,390	1,410	0,380	0,050	0,000	2,340	0,180	+	260	7,140	C ₂ S ₁
04-95	Nacimiento	Sacapulas	3.7 Salinas	2,800	2,239	0,023	0,023	1,406	3,795	0,134	-	587	7,130	C ₂ S ₁
01-90	Nacimiento	San Andrés Sajcabajá	3.7 Salinas	0,370	0,230	0,140	0,040	0,000	0,410	0,520	-	49	8,40	C ₀ S ₁
03-214	N. Xolcuay	Chajul	3.7 Salinas	0,220	0,160	0,001	0,001	0,770	0,270	0,360	-	20	5,710	C ₀ S ₁
02-10	Río Chimisiguan	San Andrés Sajcabajá	3.7 Salinas	0,582	0,516	0,288	0,036	0,000	0,400	0,360	-	79	6,300	C ₀ S ₁
03-209	Río	San Andrés Sajcabajá	3.7 Salinas	0,520	0,009	0,175	0,027	0,000	0,710	0,360	-	74	6,360	C ₀ S ₁
01-74	Nacimiento	Santa Cruz del Quiché	2.2 Motagua	0,190	0,190	0,140	0,028	0,000	0,520	0,520	-	50	5,90	C ₀ S ₁
99-185	Nacimiento	Uspantán	3.7 Salinas	3,140	1,000	0,280	0,020	0,000	3,980	0,210	+	379	7,34	C ₂ S ₁
05-280	nacimiento	Uspantán	3.7 Salinas	3,928	3,419	0,078	0,036	0	5,383	0,335	-	318	7,79	C ₂ S ₁
02-11	RC. Patziquil	Zacualpa	2.2 Motagua	0,416	0,172	0,141	0,009	0,000	0,200	0,180	-	45	7,100	C ₀ S ₁
02-12	Rc. Tzimatatz	Zacualpa	2.2 Motagua	0,457	0,484	0,064	0,010	0,000	0,250	0,000	-	64	7,080	C ₀ S ₁
Izabal														
05-35	Quebrada	El Estor	2.4 Polochic	0,120	1,440	0,074	0,005	N/A	N/A	N/A	Nd	158	7,60	C ₁ S ₁
05-36	Río Zarco	El Estor	2.4 Polochic	0,250	1,460	0,100	0,010	N/A	N/A	N/A	Nd	187	7,70	C ₁ S ₁
07-147	Río	Livingston	2.3 Izabal-Río Dulce	7,646	1,682	0,656	0,089	2,045	2,165	0,318	+++	900	6,95	C ₀ S ₁
07-148	Río	Livingston	2.3 Izabal-Río Dulce	9,277	2,942	0,672	0,086	2,286	1,383	0,445	+++	1111	7,06	C ₀ S ₁
06-211	Río Jubuco	Los Amates	2.3 Izabal Río Dulce	1,739	0,535	0,303	0,042	0	2,227	0,031	-	247	7,05	C ₁ S ₁
99-217	Río Trincheras	Los Amates	2.3 Izabal Río Dulce	0,540	2,080	0,270	0,010	0,000	2,930	0,380	-	300	8,09	C ₂ S ₁
04-137	Río	Morales	2.2 Motagua	0,581	0,427	0,106	0,006	0,000	0,653	0,134	-	99	6,440	C ₀ S ₁
02-270	Río Champona	Morales	2.2 Motagua	0,620	0,350	0,170	ND	0,000	0,930	0,36	-	93	6,700	C ₀ S ₁
04-135	Río	Morales	2.2 Motagua	0,788	0,646	0,171	0,007	0,000	1,275	0,089	-	161	6,440	C ₁ S ₁
04-136	Nacimiento	Morales	2.2 Motagua	0,954	0,480	0,129	0,006	0,000	1,245	0,223	-	149	7,080	C ₁ S ₁
04-177	Río Machacas	Puerto Barrios	2.2 Motagua	1,141	0,507	0,599	0,076	0,402	1,215	0,290	+	219	7,220	C ₁ S ₁
04-207	Río Machacas	Puerto Barrios	2.2 Motagua	0,415	1,135	0,268	0,044	0,402	0,914	0,022	-	155	6,53	C ₁ S ₁
02-267	Río	Puerto Barrios	2.2 Motagua	1,190	0,760	0,910	0,160	0,410	3,020	0,540	-	348	8,350	C ₂ S ₁
02-251	Río	Puerto Barrios	2.2 Motagua	0,320	0,190	0,160	0,060	0,000	0,870	0,360	0,000	92	6,850	C ₀ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 17 "A" Análisis químico de agua para riego de Izabal, Escuintla y Santa Rosa

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrografica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ²⁻	Conductividad Electrica µS/Cm	pH	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
02-269	Río	Puerto Barrios	2.2 Motagua	0,360	0,430	0,190	ND	0,000	0,790	0,180	-	88	6,710	C ₀ S ₁
02-256	Riachuelo	Puerto Barrios	2.2 Motagua	0,690	0,640	0,100	0,170	0,000	1,300	0,360	-	156	7,470	C ₁ S ₁
02-258	Riachuelo	Puerto Barrios	2.2 Motagua	0,890	0,640	0,360	0,160	0,000	1,350	0,360	-	154	7,400	C ₁ S ₁
02-266	Nacimiento	Puerto Barrios	2.2 Motagua	1,110	0,560	0,210	0,040	0,000	1,720	0,180	+	175	8,420	C ₁ S ₁
02-250	Río	Puerto Barrios	2.2 Motagua	0,330	0,190	0,160	0,050	0,000	0,370	0,180	0,000	93	6,830	C ₀ S ₁
Escuintla														
04-83	Río El Tigre	Escuintla	1.13 María Linda	0,933	0,753	0,448	0,084	0,320	1,180	0,180	-	194	6,950	C ₁ S ₁
05-188	Nacimiento	Escuintla	1.13 María Linda	1,531	1,923	0,670	0,210	0,000	2,355	0,134	+	463	6,84	C ₂ S ₁
05-49	Río Las lagunas	Escuintla	1.13 María Linda	2,074	2,577	0,780	0,130	0,140	1,076	3,485	Nd	462	6,99	C ₂ S ₁
04-88	Nacimiento	Guanagazapa	1.13 María Linda	0,456	0,319	0,178	0,022	0,000	0,600	0,220	-	75	7,370	C ₀ S ₁
97-19	Laguna Sn Antonio Ba. vis	Guanagazapa	1.13 María Linda	0,460	0,660	0,320	N/a	0,000	0,900	0,320	-	210	6,36	C ₁ S ₁
02-144	Río	Guanagazapa	1.13 María Linda	0,960	0,980	0,280	0,040	0,000	0,890	0,360	-	139	7,860	C ₁ S ₁
03-127	Río Asuchillo	Guanagazapa	1.13 María Linda	1,020	1,360	0,630	0,050	0,000	1,760	0,720	-	230	7,860	C ₁ S ₁
03-128	Nac. San Vicente	Guanagazapa	1.13 María Linda	0,980	1,200	0,380	0,030	0,000	1,970	0,360	-	193	6,900	C ₁ S ₁
03-130	Poceta	Guanagazapa	1.13 María Linda	0,890	1,530	0,370	0,030	0,000	1,740	0,180	-	217	7,380	C ₁ S ₁
04-155	Q. La Escondida	Guanagazapa	1.13 María Linda	1,099	0,703	0,487	0,075	0,462	1,831	0,089	-	232	7,070	C ₁ S ₁
05-148	Nacimiento	Guanagazapa	1.13 María Linda	0,684	0,517	0,410	0,082	0,000	1,749	0,178	-	175	6,45	C ₁ S ₁
05-292	Río El Milagro	Masagua	1.13 María Linda	1,390	1,253	0,780	0,012	0,323	2,38	0,092	-	319	6,88	C ₂ S ₁
05-285	Río Seco	Nueva Concepción	1.9 Madre Vieja	0,637	1,098	0,330	0,087	0	1,412	0,074	-	171	7,34	C ₁ S ₁
95-143	Laguna Sisicapa	Nueva Concepción	1.9 Madre Vieja	0,670	1,040	2,390	0,050	0,000	2,490	1,880	0,000	475	7,00	C ₂ S ₁
02-204	Zanjón Hidalgo	Nueva Concepción	1.9 Madre Vieja	0,850	1,440	0,750	0,140	0,440	1,070	0,360	-	349	7,840	C ₂ S ₁
05-199	nacimiento	Santa Lucía Cotzumalguapa	1.10 Coyolate	0,314	0,085	0,430	0,110	0,000	0,794	0,201	-	89	6,89	C ₀ S ₁
05-200	Río San antonio	Santa Lucía Cotzumalguapa	1.10 Coyolate	0,377	0,181	0,260	0,079	0,000	0,848	0,112	-	93	7,18	C ₀ S ₁
01-100	Sanjón Mangales	Santa Lucía Cotzumalguapa	1.10 Coyolate	0,750	0,370	0,400	0,190	0,000	1,220	0,520	-	130	8,20	C ₁ S ₁
95-179	nacmento	Santa Lucía Cotzumalguapa	1.10 Coyolate	1,050	1,720	0,600	0,100	0,000	2,180	0,170	0,400	262	7,02	C ₂ S ₁
03-28	Río	Tiquisate	1.9 Madre Vieja	0,850	1,130	0,380	ND	0,000	2,320	0,180	-	230	7,150	C ₁ S ₁
99-110	Kinel 1	Tiquisate	1.7 Nahualate	1,650	1,740	1,590	0,210	0,000	3,990	0,530	+	400	6,72	C ₂ S ₁
03-234	Río	Tiquisate	1.7 Nahualate	1,170	1,480	0,873	0,164	0,280	2,610	0,900	+	365	7,000	C ₂ S ₁
03-235	Río	Tiquisate	1.7 Nahualate	1,190	1,600	0,864	0,186	0,460	1,040	0,720	+	364	7,140	C ₂ S ₁
03-238	Río	Tiquisate	1.7 Nahualate	1,170	1,620	0,817	0,125	0,770	1,650	0,360	-	347	7,440	C ₂ S ₁
05-162	Zanjón Bella Mar	Tiquisate	1.7 Nahualate	0,985	2,108	1,430	0,200	0,000	3,241	0,424	-	502	7,25	C ₂ S ₁
02-142	Quinel a	Tiquisate	1.9 Madre Vieja	1,450	2,850	1,210	0,120	0,670	1,170	0,540	-	426	7,430	C ₂ S ₁
99-111	Kinel 2	Tiquisate	1.7 Nahualate	2,400	4,180	1,020	0,390	0,000	9,380	3,830	++	1400	7,10	C ₃ S ₁
Santa Rosa														
05-259	Río San Juan	Barberena	1.13 María Linda	0,755	0,802	0,460	0,190	0	1,467	0,089	-	199	6,82	C ₁ S ₁
01-151	Nacimlento.	Casillas	1.15 Los Esclavos	0,620	0,310	0,330	0,013	0,000	0,700	0,650	-	95	8,50	C ₀ S ₁
05-214	Nacimiento	Casillas	1.15 Los Esclavos	1,468	2,025	0,160	1,080	0,000	1,09	0,067	-	154	6,36	C ₁ S ₁
99-24	Río El Molino	Cuilapa	1.15 Los Esclavos	0,740	0,450	0,200	0,090	0,480	0,670	0,110	+	130	7,26	C ₁ S ₁
04-361	Nacimiento	Cuilapa	1.15 Los Esclavos	0,933	1,082	0,783	0,186	0,241	1,506	0,067	-	227	7,02	C ₁ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 18 "A" Análisi químico de agua para riego de Santa Rosa

Identificación	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrografica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁼	Conductividad Electrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
04-362	Nacimiento	Cuilapa	1.15 Los Esclavos	0,84	0,776	0,652	0,141	0,402	0,843	0,112		199	7,12	C ₁ S ₁
04-363	Nacimiento	Cuilapa	1.15 Los Esclavos	0,933	0,83	0,478	0,273	0	1,506	0,156		240	7,06	C ₁ S ₁
04-364	Quebrada	Cuilapa	1.15 Los Esclavos	0,456	0,706	0,522	0,226	0,281	0,883	0,067		184	7,19	C ₁ S ₁
04-365	Nacimiento	Cuilapa	1.15 Los Esclavos	0,684	0,73	0,696	0,236	0,321	0,984	0,112		217	7,21	C ₁ S ₁
99-23	Qda.	Cuilapa	1.15 Los Esclavos	0,660	0,760	0,520	0,090	0,530	0,940	0,320	+	112	6,99	C ₁ S ₁
01-152	Río Los Esclavos	Cuilapa	1.15 Los Esclavos	1,600	0,440	0,390	0,010	0,000	1,680	0,780	-	188	8,40	C ₁ S ₁
02-4	Río Amapa	Cuilapa	1.15 Los Esclavos	2,203	1,169	0,331	0,035	0,500	0,900	0,180	-	323	8,340	C ₂ S ₁
05-95	Río Los Esclavos	Cuilapa	1.15 Los Esclavos	1,346	1,002	0,760	0,230	0,000	2,9	0,241	Nd	325	7,37	C ₂ S ₁
05-84	Nacim.	Chiquimulilla	1.15 Los Esclavos	0,435	0,437	0,280	0,040	0,000	1,305	0,152	Nd	108	6,87	C ₁ S ₁
01-112	Río Opanos	Chiquimulilla	1.15 Los Esclavos	1,250	0,580	0,260	0,080	0,000	1,990	0,650	+	126	7,90	C ₁ S ₁
01-113	Río Ishte	Chiquimulilla	1.15 Los Esclavos	1,120	0,100	0,670	0,140	0,560	1,110	0,520	-	220	8,40	C ₁ S ₁
01-129	Río Agua Fria	Chiquimulilla	1.15 Los Esclavos	1,130	0,580	0,370	0,010	0,000	1,020	1,600	-	168	7,90	C ₁ S ₁
99-52	Río S/n	Chiquimulilla	1.15 Los Esclavos	1,070	1,040	0,540	0,140	0,480	2,440	0,340	+	225	7,35	C ₁ S ₁
97-27	Nacimiento	Chiquimulilla	1.15 Los Esclavos	0,960	0,730	0,250	N/a	0,000	1,920	0,850		200	7,22	C ₁ S ₁
99-17	Río Margarita	Chiquimulilla	1.15 Los Esclavos	1,300	1,010	0,570	0,160	0,750	1,900	0,320	-	290	8,10	C ₂ S ₁
99-50	Río Los Esclavos	Chiquimulilla	1.15 Los Esclavos	1,160	0,800	0,560	0,060	0,270	2,540	1,440	+	260	7,73	C ₂ S ₁
02-56	Río los Esclavos	Chiquimulilla	1.15 Los Esclavos	1,330	0,883	1,118	0,069	0,335	1,172	0,717	+	326	8,150	C ₂ S ₁
02-95	Río El Astillero	Guazacapán	1.14 Paso Hondo	1,040	0,500	0,440	0,060	0,230	0,770	0,180	-	213	7,790	C ₁ S ₁
05-256	Río	Guazacapán	1.14 Paso Hondo	0,503	0,495	0,300	0,059	0	1,332	0,134		121	7,05	C ₁ S ₁
04-198	Nacimiento	Nueva Santa Rosa	1.15 Los Esclavos	4,231	1,486	1,284	0,022	0,803	1,385	0,241	+++	678	6,47	C ₂ S ₁
05-65	R S/N	Oratorio	1.15 Los Esclavos	0,933	0,927	0,570	0,084	0,000	2,705	0,088	Nd	239	7,05	C ₁ S ₁
99-19	Río	Oratorio	1.15 Los Esclavos	1,320	0,970	0,540	0,150	0,400	1,770	0,210	+	200	7,44	C ₁ S ₁
99-249	Río Las Cabezas	Oratorio	1.15 Los Esclavos	1,240	1,450	0,690	0,100	1,020	2,120	0,430	-	200	7,54	C ₁ S ₁
04-216	Río Las Cabezas	Oratorio	1.15 Los Esclavos	0,995	0,942	0,557	0,023	0,402	1,496	0,022	-	246	6,92	C ₁ S ₁
04-344	Río La Virgen	Oratorio	1.15 Los Esclavos	0,755	0,642	0,441	0,084	0	1,155	0,087		169	7,2	C ₁ S ₁
01-46	Río El Pacayal	Oratorio	1.15 Los Esclavos	1,500	0,970	0,520	0,350	0,640	1,270	0,900	+	334	7,60	C ₂ S ₁
04-367	nacimiento	Oratorio	1.15 Los Esclavos	0,97	0,588	0,652	0,09	0,361	1,084	0,067		317	7,53	C ₂ S ₁
04-196	Rc. Don Gregorio	Santa Cruz Naranjo	1.13 María Linda	4,148	1,743	1,061	0,04	0,482	2,209	0,032	+++	681	6,64	C ₂ S ₁
05-63	Río Santa Barbara	Santa María Ixhuatán	1.15 Los Esclavos	0,430	0,437	0,260	0,067	0,000	0,659	0,129	Nd	94	6,61	C ₀ S ₁
01-47	qda. Renacimiento	Santa María Ixhuatán	1.15 Los Esclavos	0,870	0,680	0,430	0,050	0,510	1,230	0,640	+	203	6,80	C ₁ S ₁
01-149	Río El Amate	Santa María Ixhuatán	1.15 Los Esclavos	0,750	0,490	0,380	0,010	0,000	1,610	0,650	-	172	8,40	C ₁ S ₁
05-83	Qda, s/n	San Rafael Las Flores	1.15 Los Esclavos	0,249	0,526	0,280	0,110	0,000	0,686	0,107	Nd	79	6,66	C ₀ S ₁
02-150	Nac Los Limones	San Rafael Las Flores	1.15 Los Esclavos	1,250	0,450	0,410	0,070	0,000	0,800	0,180	+	230	6,630	C ₁ S ₁
05-297	Nacimiento (tunel minería)	San Rafael Las Flores	1.15 Los Esclavos	1,699	1,199	0,480	0,044	0	0	0	+++	320	5,67	C ₂ S ₁
05-266	Río S/n	Santa Rosa De Lima	1.15 Los Esclavos	0,332	0,405	0,200	0,067	0	0,449	0,045		53	6,65	C ₀ S ₁
05-267	Nacimiento S/n	Santa Rosa De Lima	1.15 Los Esclavos	0,705	0,615	0,520	0,240	0	1,036	0,089		185	6,62	C ₁ S ₁
05-21	Río El Jobo	Taxisco	1.13 María Linda	0,370	0,290	0,235	0,056	N/A	N/A	N/A	Nd	88	7,10	C ₀ S ₁
05-64	Río Tepeaco	Taxisco	1.13 María Linda	0,270	0,310	0,130	0,017	0,000	0,606	0,067	Nd	64	6,70	C ₀ S ₁
02-263	Río Cartago	Taxisco	1.13 María Linda	0,280	0,360	0,280	0,030	0,000	0,520	0,180	-	49	8,560	C ₀ S ₁
02-264	Nacimiento	Taxisco	1.13 María Linda	0,220	0,260	0,380	0,010	0,000	0,270	0,180	-	37	7,170	C ₀ S ₁
02-265	Embalse	Taxisco	1.13 María Linda	0,400	0,430	0,070	0,030	0,000	0,660	0,360	-	66	8,090	C ₀ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 19 "A" Análisis químico de agua para riego de Santa Rosa y Chiquimula

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁻	Conductividad Electrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
02-288	Qda. El Zope	Taxisco	1.13 María Linda	0,420	0,080	0,160	ND	0,000	0,540	0,180	-	63	7,320	C ₀ S ₁
02-24	Campo Motriz	Taxisco	1.13 María Linda	1,455	1,312	0,618	0,258	0,000	1,540	0,540	++	245	6,650	C ₁ S ₁
02-62	Río	Taxisco	1.13 María Linda	0,830	0,750	0,240	0,030	0,000	0,640	0,360	0,000	130	7,350	C ₁ S ₁
99-135	Río El Camalote	Taxisco	1.13 María Linda	1,030	0,740	1,170	0,080	0,000	2,490	0,320	-	190	6,82	C ₁ S ₁
04-24	Río	Taxisco	1.13 María Linda	0,870	0,250	0,287	0,067	0,000	1,260	0,300	-	133	6,860	C ₁ S ₁
04-120	Río Hoshone	Taxisco	1.13 María Linda	0,539	0,623	0,313	0,048	0,000	0,944	0,134	-	128	6,720	C ₁ S ₁
04-311	Río	Taxisco	1.13 María Linda	0,461	0,377	0,331	0,033	0	0,873	0,156	-	109	7	C ₁ S ₁
05-19	Nacimiento matazanales	Taxisco	1.13 María Linda	0,620	0,300	0,283	0,051	N/A	N/A	N/A	Nd	126	7,00	C ₁ S ₁
05-20	Río Obispo	Taxisco	1.13 María Linda	0,750	0,330	0,283	0,054	N/A	N/A	N/A	Nd	129	7,20	C ₁ S ₁
05-141	nacimiento Obispo	Taxisco	1.13 María Linda	0,180	0,702	0,283	0,054	0,000	1,305	0,245	-	164	6,35	C ₁ S ₁
05-142	Nacimiento matazanales	Taxisco	1.13 María Linda	0,539	0,623	0,283	0,051	0,000	1,44	0,112	-	161	8,34	C ₁ S ₁
02-25	Reserborio	Taxisco	1.13 María Linda	1,704	1,343	0,714	1,099	0,000	2,090	0,900	+	334	7,520	C ₂ S ₁
02-26	Fuente Nueva	Taxisco	1.13 María Linda	1,662	0,472	0,629	0,483	0,000	1,510	0,360	++	253	7,020	C ₂ S ₁
02-105	Nacimiento	Taxisco	1.13 María Linda	2,290	0,680	0,710	0,060	1,370	1,370	0,270	-	312	6,720	C ₂ S ₁
02-106	Nacimiento	Taxisco	1.13 María Linda	1,990	0,930	0,660	0,060	1,070	1,070	0,450	-	289	7,000	C ₂ S ₁
02-146	Río	Taxisco	1.13 María Linda	1,450	4,080	0,860	0,010	0,400	1,840	0,360	-	400	7,250	C ₂ S ₁
02-147	Río	Taxisco	1.13 María Linda	1,500	3,360	0,860	0,010	0,670	1,360	0,540	-	392	7,390	C ₂ S ₁
03-1	Quebrada	Taxisco	1.13 María Linda	1,060	1,060	1,150	ND	0,000	2,420	1,430	-	311	7,220	C ₂ S ₁
03-3	Poceta	Taxisco	1.13 María Linda	1,400	1,160	1,520	ND	0,000	3,150	1,050	-	425	7,220	C ₂ S ₁
04-82	Nacimiento	Taxisco	1.13 María Linda	2,447	1,041	0,485	0,091	0,000	2,110	0,940	+	414	7,450	C ₂ S ₁
02-15	Quinel	Taxisco	1.13 María Linda	0,831	1,540	0,940	0,411	0,000	1,490	0,540	c	365	6,900	C ₂ S ₁
02-16	Quinel	Taxisco	1.13 María Linda	1,081	1,686	0,860	0,487	0,000	1,460	0,720	++	371	6,480	C ₂ S ₁
Chiquimula														
99-164	Río Jupilingo	Camotán	2.1 Grande	1,860	0,640	0,640	0,460	0,000	1,760	0,320	+	219	7,65	C ₁ S ₁
03-186	Río Copan	Camotán	2.1 Grande	2,380	0,710	0,140	0,017	0,230	2,190	0,540	-	311	8,450	C ₂ S ₁
02-278	nacimiento	Chiquimula	2.1 Grande	0,250	0,070	0,270	ND	0,000	0,410	0,360	-	45	7,000	C ₀ S ₁
99-81	Río San José	Chiquimula	2.1 Grande	1,360	0,260	1,160	0,180	0,530	2,280	1,600	-	250	7,28	C ₁ S ₁
99-148	Río San José	Chiquimula	2.1 Grande	1,530	0,850	0,940	0,130	0,000	3,360	0,320	-	468	6,95	C ₂ S ₁
04-208	Río San José	Chiquimula	2.1 Grande	1,659	1,015	0,232	0,262	0,803	2,881	0,156	+	331	7,550	C ₂ S ₁
04-51	Nacimiento	Concepción Las Minas	1.17 Ostúa-Guija	0,498	0,239	0,185	0,020	0,000	0,560	0,270	-	74	7,450	C ₀ S ₁
01-135	Río Olopita	Esquipulas	1.18 Olopa	1,480	0,410	0,540	0,040	0,000	1,580	1,040	-	247	7,94	C ₁ S ₁
04-31	Río la Estocada	Esquipulas	1.18 Olopa	0,350	0,350	0,373	0,262	0,000	0,620	0,300	-	72	7,290	C ₀ S ₁
04-32	Río La Cañal dl Pino	Esquipulas	1.18 Olopa	0,240	0,000	0,171	0,263	0,000	0,260	0,060	-	43	7,130	C ₀ S ₁
04-52	Nacimiento	Esquipulas	1.18 Olopa	0,249	0,216	0,000	0,090	0,000	0,340	0,220	-	49	6,100	C ₀ S ₁
04-190	Río El Pescadero	Esquipulas	1.18 Olopa	0,166	0,260	0,201	0,058	0,000	0,241	0,085	2,000	58	6,150	C ₀ S ₁
04-191	Río Olopa	Esquipulas	1.18 Olopa	0,415	0,225	0,177	0,1	0	0,542	0,152	-	72	6,22	C ₀ S ₁
04-243	Río San Juan	Esquipulas	1.18 Olopa	0,29	0,252	0,097	0,083	0	0,231	0,134	-	63	7,69	C ₀ S ₁
03-180	Río Olopita	Esquipulas	1.18 Olopa	0,910	0,320	0,230	0,090	0,000	1,490	0,540	-	165	7,480	C ₁ S ₁
04-30	Río Olopita	Esquipulas	1.18 Olopa	0,190	0,220	0,413	0,240	0,000	1,910	0,250	-	230	7,140	C ₁ S ₁
04-33	Río San Juan	Esquipulas	1.18 Olopa	1,070	0,180	0,250	0,173	0,000	1,260	0,110	-	137	7,400	C ₁ S ₁
04-45	Río Los Tapines	Esquipulas	1.18 Olopa	1,659	0,376	0,533	0,128	0,000	1,890	0,280	-	246	6,470	C ₁ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 20 "A" Análisis químico de agua para riego de Chiquimula y Jalapa

Identificación Numero	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrografica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁼	Conductividad Electrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
04-281	Río Olopita	Esquipulas	1.18 Olopa	0,587	0,251	0,232	0,121	0	0,703	0,134	-	105	7,25	C ₁ S ₁
01-136	Río Atulapa	Esquipulas	1.18 Olopa	1,870	0,470	1,570	0,005	0,000	3,230	0,370	-	397	7,17	C ₂ S ₁
04-34	Río Olopita Abajo	Esquipulas	1.18 Olopa	0,970	0,120	0,456	0,276	0,000	1,790	0,280	-	257	7,370	C ₂ S ₁
04-38	Río Jupilingo	Esquipulas	1.18 Olopa	2,240	0,764	0,510	0,162	0,560	1,100	0,240	+	385	7,740	C ₂ S ₁
04-39	Qda. la Calera	Esquipulas	1.18 Olopa	2,360	1,100	1,436	0,135	1,450	2,430	0,230	-	453	8,030	C ₂ S ₁
99-76	Embalse	Ipala	2.1 Grande	0,410	0,200	0,720	0,080	0,000	0,400	0,230	+	65	6,60	C ₀ S ₁
99-78	Embalse	Ipala	2.1 Grande	0,330	0,400	0,820	0,060	0,000	0,620	0,420	+	60	6,70	C ₀ S ₁
99-79	Embalse	Ipala	2.1 Grande	0,500	0,610	0,760	0,030	0,000	0,720	0,320	-	65	6,94	C ₀ S ₁
99-82	Embalse	Ipala	2.1 Grande	0,500	1,100	0,710	0,070	0,000	0,560	0,320	-	60	6,54	C ₀ S ₁
99-83	Embalse	Ipala	2.1 Grande	0,540	0,570	0,700	0,060	0,000	0,450	0,450	+	90	6,74	C ₀ S ₁
99-128	Superficial	Ipala	2.1 Grande	0,830	0,820	1,210	0,220	0,000	2,330	0,320	-	210	7,51	C ₁ S ₁
05-46	Embalse	Ipala	2.1 Grande	1,000	0,390	0,430	0,330	N/A	N/A	N/A	Nd	249	6,70	C ₁ S ₁
03-7	Nacimiento	Ipala	2.1 Grande	0,460	0,520	0,640	ND	0,000	2,840	0,180	-	83	7,030	C ₁ S ₁
99-146	Embalse	Ipala	2.1 Grande	1,740	0,660	0,900	0,140	0,000	1,760	0,320	-	48	6,61	C ₀ S ₁
99-210	Embalse	Ipala	2.1 Grande	0,620	0,840	0,930	0,120	0,000	0,260	0,130	-	101	6,91	C ₁ S ₁
99-211	Embalse	Ipala	2.1 Grande	0,740	0,640	0,450	0,170	0,000	1,390	0,230	-	101	7,30	C ₁ S ₁
05-46	Embalse	Ipala	2.1 Grande	1,000	0,390	0,430	0,330	N/A	N/A	N/A	Nd	45	6,70	C ₀ S ₁
99-129	Superficial	Ipala	2.1 Grande	1,820	1,830	1,830	0,150	0,000	5,010	0,530	-	400	7,60	C ₂ S ₁
04-241	Río Pescadero	Ipala	2.1 Grande	1,493	0,716	9,26	0,708	1,526	7,982	1,962	++	1375	7,63	C ₀ S ₂
02-37	Quebrada Tatutu	Jocotán	2.1 Grande	3,408	1,018	0,360	0,010	0,500	2,040	0,180	-	303	8,300	C ₂ S ₁
03-150	Río Limar	Jocotán	2.1 Grande	2,430	0,750	0,100	0,030	0,500	1,630	0,840	+	231	8,170	C ₁ S ₁
02-38	Quebrada Colmena	Jocotán	2.1 Grande	1,538	0,873	0,532	0,098	0,000	1,170	0,360	-	41	5,930	C ₀ S ₁
02-274	Nacimiento	Jocotán	2.1 Grande	0,250	0,150	0,530	ND	0,000	0,330	0,180	-	400	7,44	C ₂ S ₁
97-39	Quebrada Carcaj	Jocotán	2.1 Grande	3,050	1,530	0,610	N/a	0,000	4,500	0,210	-	303	7,720	C ₂ S ₁
04-94	Qda. Honda	Jocotán	2.1 Grande	2,696	0,308	0,003	0,036	0,723	1,867	0,178	-	193	6,94	C ₁ S ₁
04-141	Nacimiento	Quezaltepeque	2.1 Grande	5,081	1,372	0,793	0,044	1,167	4,287	0,156	-	110	6,90	C ₁ S ₁
01-37	Río La Conquista	Quezaltepeque	2.1 Grande	0,500	0,330	0,230	0,038	0,000	1,340	0,800	-	230	6,640	C ₁ S ₁
04-140	Nacimiento	Quezaltepeque	2.1 Grande	1,327	0,552	0,467	0,046	0,000	1,938	0,089	+	150	7,020	C ₁ S ₁
04-142	Nacimiento	Quezaltepeque	2.1 Grande	0,995	0,361	0,107	0,066	0,000	1,054	0,134	-	114	5,910	C ₁ S ₁
04-144	Nacimiento	Quezaltepeque	2.1 Grande	0,830	0,256	0,038	0,047	0,000	0,934	0,134	-	166	5,810	C ₁ S ₁
04-145	Río	Quezaltepeque	2.1 Grande	1,141	0,313	0,040	0,041	0,000	1,134	0,045	-	50	6,180	C ₁ S ₁
04-150	Nacimiento	Quezaltepeque	2.1 Grande	0,124	0,108	0,304	0,066	0,000	0,231	0,112	-	206	7,04	C ₁ S ₁
05-287	Río San Jacinto	San Jacinto	2.1 Grande	0,743	1,196	0,850	0,260	0	1,767	0,037	-	147	6,280	C ₁ S ₁
02-286	Nacimiento	San Jacinto	2.1 Grande	0,570	0,350	0,480	ND	0,000	1,450	0,180	-	151	7,180	C ₁ S ₁
02-287	Nacimiento	San Jacinto	2.1 Grande	0,590	0,350	0,520	ND	0,000	1,610	0,360	+++	724	7,150	C ₂ S ₁
99-147	Riachuelo	San José La Arada	2.1 Grande	3,180	1,280	0,930	0,000	1,900	5,270	0,300	+	304	7,40	C ₂ S ₁
99-130	Superficial	San José La Arada	2.1 Grande	1,160	0,490	1,290	0,120	0,000	2,280	0,320	-	200	7,77	C ₁ S ₁
05-272	Río El Jobo	San Juan Ermita	2.1 Grande	0,361	0,455	0,460	0,100	0	1,992	0,134	-	473	8,28	C ₂ S ₁
Jalapa														
97-36	Rc	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	0,500	0,250	0,060	N/a	0,000	0,310	0,040	-	65	6,30	C ₀ S ₁
04-182	Embalse	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	0,311	0,270	0,242	0,073	0,000	0,502	0,152	+	68	6,460	C ₀ S ₁
95-172	nac.	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	0,380	0,620	0,080	N/a	0,000	0,020	0,040	0,150	24	5,84	C ₀ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 21 "A" Análisis químico de agua para riego de Jalapa

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁼	Conductividad Eléctrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
04-218	Embalse	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	0,518	0,412	0,359	0,119	0	0,894	0,156	-	130	6,78	C ₁ S ₁
02-252	Río Jalapa	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	0,350	0,840	0,290	0,050	0,740	0,700	0,180	0,000	200	7,830	C ₁ S ₁
06-50	Nacimiento	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	0,223	0,246	0,2	0,092	0	0,108	0,062	+	109	4,33	C ₁ S ₁
04-273	Nacimiento	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	0,692	0,705	0,137	0,02	0,402	0,803	0,045	-	143	6,8	C ₁ S ₁
04-360	Río Jalapa	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	0,664	0,112	0,565	0,149	0	1,044	0,201	-	166	7,06	C ₁ S ₁
05-143	Río Blanco	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	0,581	0,679	0,760	0,170	0,000	1,09	0,201	-	226	6,75	C ₁ S ₁
02-130	Qda. Guacamayas	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	0,710	0,240	0,300	0,070	0,000	0,620	0,360	-	118	6,950	C ₁ S ₁
05-4	Nacim. Los Hernandez	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	0,111	0,777	0,952	0,130	0,400	2,600	0,402	Nd	270	6,80	C ₂ S ₁
05-38	Nac. Los Alonzo	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	1,370	0,700	2,170	0,300	N/A	N/A	N/A	Nd	451	8,40	C ₂ S ₁
05-144	Río Ostua	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	0,788	0,818	0,630	0,160	0,000	1,924	0,112	+	256	7,42	C ₂ S ₁
05-240	Río El Sarsal	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	3,208	1,183	0,370	0,059	0,538	3,001	0,268	++	445	7,22	C ₂ S ₁
05-241	Nacimiento	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	2,516	0,877	0,280	0,056	0,000	3,028	0,089	+	348	7,70	C ₂ S ₁
05-40	Qda. Los Achiotés	Jalapa	1.17 Ostúa - Guija	6,240	3,390	1,780	2,440	N/A	N/A	N/A	Nd	1922	6,90	C ₃ S ₁
05-273	Nacimiento S/n	Mataquescuintla	2.2 Motagua	0,212	0,505	0,120	0,060	0	0,431	0,045	-	47	6,3	C ₀ S ₁
06-4	Nacimiento	Mataquescuintla	2.2 Motagua	1,083	0,769	0,48	0,13	0,269	1,081	0,092	-	241	6,18	C ₁ S ₁
03-168	Río Agua Caliente	Mataquescuintla	2.2 Motagua	1,000	2,330	2,290	0,180	0,460	3,010	0,720	+	473	7,340	C ₂ S ₁
01-61	Río Blanco	Monjas	1.17 Ostúa - Guija	0,120	0,080	0,370	0,140	0,000	0,540	0,640	+	62	7,60	C ₀ S ₁
04-226	Río Ostua	Monjas	1.17 Ostúa - Guija	0,332	0,308	0,243	0,087	0	0,592	0,112	-	86	7,57	C ₀ S ₁
05-23	Canal Lag. Del Hoyo	Monjas	1.17 Ostúa - Guija	0,370	0,160	0,217	0,113	N/A	N/A	N/A	Nd	67	6,80	C ₀ S ₁
02-262	Río Grande	Monjas	1.17 Ostúa - Guija	0,540	0,420	0,380	0,100	0,000	0,750	0,360	+	114	7,170	C ₁ S ₁
04-219	Río	Monjas	1.17 Ostúa - Guija	0,456	0,319	0,318	0,1	0	0,653	0,022	-	122	6,91	C ₁ S ₁
05-145	Río San Pedro	Monjas	1.17 Ostúa - Guija	0,664	0,538	0,850	0,210	0,000	1,44	0,156	-	221	7,50	C ₁ S ₁
02-2	Río Grande Morazan	Monjas	1.17 Ostúa - Guija	1,539	0,342	1,167	0,057	0,000	0,750	0,180	-	198	7,460	C ₁ S ₁
02-161	Río Las Pilas	Monjas	1.17 Ostúa - Guija	1,080	1,210	0,340	0,090	0,000	0,910	0,450	-	193	7,060	C ₁ S ₁
99-204	Nac. Agua Caliente	Monjas	1.17 Ostúa - Guija	0,780	0,260	0,620	0,160	0,000	1,350	0,020	-	132	6,60	C ₁ S ₁
01-179	Río Las Pilas	Monjas	1.17 Ostúa - Guija	1,370	0,860	0,540	0,167	0,000	1,790	0,090	+	444	7,10	C ₂ S ₁
05-6	Río San Pedro	Monjas	1.17 Ostúa - Guija	0,144	0,841	1,367	0,173	0,600	2,900	0,425	Nd	320	6,90	C ₂ S ₁
05-212	nacimiento	San Carlos Alzatate	1.17 Ostúa - Guija	0,001	0,001	0,200	0,490	0,000	0,135	0,000	-	71	6,70	C ₀ S ₁
04-183	Río Chaparrón	San Manuel Chaparrón	1.17 Ostúa - Guija	0,726	0,476	0,563	0,197	0,241	1,044	0,107	-	184	6,410	C ₁ S ₁
99-14	Río Chaparrón	San Manuel Chaparrón	1.17 Ostúa - Guija	1,070	1,200	0,570	0,210	1,070	3,080	0,210	-	300	8,13	C ₂ S ₁
99-15	Río Chaparrón	San Manuel Chaparrón	1.17 Ostúa - Guija	1,470	1,160	0,580	0,260	0,800	3,670	0,250	-	300	6,93	C ₂ S ₁
06-51	Río Chaparrón	San Manuel Chaparrón	1.17 Ostúa - Guija	1,699	1,832	1,43	0,31	0	4,76	0,215	-	468	7,44	C ₂ S ₁
06-275	quebrada Pitahaya	San Pedro Pinula	2.2 Motagua	0,121	0,233	0,403	0,024	0	0,505	0,031	-	55	6,88	C ₀ S ₁
04-184	Nacimiento	San Pedro Pinula	2.2 Motagua	0,166	0,222	0,125	0,018	0,000	0,161	0,196	-	38	6,540	C ₀ S ₁
05-39	Río Jalapa	San Pedro Pinula	2.2 Motagua	0,250	0,190	0,210	0,092	N/A	N/A	N/A	Nd	69	7,00	C ₀ S ₁
06-273	quebrada Guisiltepeque	San Pedro Pinula	2.2 Motagua	0,261	0,603	0,037	0,016	0	0,698	0,123	-	78	6,74	C ₀ S ₁
06-274	Nacimiento Suquinay	San Pedro Pinula	2.2 Motagua	0,217	0,503	0,140	0,024	0	0,674	0,062	-	86	6,79	C ₀ S ₁
04-220	Río	San Pedro Pinula	2.2 Motagua	0,498	0,336	0,285	0,14	0	0,773	0,201	-	117	6,8	C ₁ S ₁
05-9	Río Jalapa	San Pedro Pinula	2.2 Motagua	2,739	0,795	0,329	0,083	1,200	2,700	0,422	Nd	440	7,30	C ₂ S ₁
05-41	Río San Pedro	San Pedro Pinula	2.2 Motagua	1,370	0,490	1,300	0,240	N/A	N/A	N/A	Nd	349	8,50	C ₂ S ₁
05-242	Quebrada El Cotete	San Pedro Pinula	2.2 Motagua	2,474	0,959	0,260	0,062	0,000	3,109	0,134	++	350	7,71	C ₂ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 22 "A" Análisis químico de agua para riego de Jutiapa

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrografica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁺	Conductividad Electrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
Jutiapa														
01-79	Embalse	Agua Blanca	1.16 Paz	0,870	0,410	0,580	0,054	0,000	0,930	0,650	-	123	6,30	C ₁ S ₁
04-236	Río Ostua	Asunción Mita	1.16 Paz	0,539	0,527	0,537	0,109	0,201	0,934	0,112	-	185	7,42	C ₁ S ₁
99-04	Microcuenca Tahuapa	Asunción Mita	1.16 Paz	1,280	0,680	1,860	N/A	0,640	3,050	0,320	-	380	6,77	C ₂ S ₁
99-05	Microcuenca Tahuapa	Asunción Mita	1.16 Paz	1,400	1,330	2,060	N/A	0,750	3,190	0,530	-	383	7,35	C ₂ S ₁
02-192	Río	Asunción Mita	1.16 Paz	2,480	2,040	0,630	0,060	0,400	1,110	0,360	-	382	7,450	C ₂ S ₁
02-14	Río	Comapa	1.16 Paz	0,914	0,614	0,336	0,039	0,000	0,920	0,360	-	165	8,450	C ₁ S ₁
01-77	Río El Tempisque	Comapa	1.16 Paz	0,870	0,820	0,740	0,070	0,640	2,020	0,520	-	211	7,90	C ₁ S ₁
01-23	Nacimiento	Conguaco	1.16 Paz	0,500	0,330	0,200	0,080	0,000	1,220	0,960	-	111	6,40	C ₁ S ₁
99-203	Laguna de Retana	El Progreso	1.16 Paz	0,740	0,180	0,490	0,060	0,000	0,620	0,230	-	88	7,40	C ₀ S ₁
99-206	Laguna de Retana	El Progreso	1.16 Paz	0,990	0,930	0,620	0,170	0,000	0,400	0,230	-	91	7,36	C ₀ S ₁
99-207	Laguna de Retana	El Progreso	1.16 Paz	0,580	0,220	0,330	0,140	0,000	0,070	0,130	-	55	6,60	C ₀ S ₁
99-225	Embalse	El Progreso	1.16 Paz	0,700	1,070	0,300	0,150	0,000	1,460	0,110	-	108	7,45	C ₁ S ₁
02-109	Embalse	El Progreso	1.16 Paz	0,620	0,560	0,180	0,060	0,070	0,070	0,450	+++	101	7,070	C ₁ S ₁
03-217	Río El Ovejero	El Progreso	1.16 Paz	0,300	0,370	0,258	0,038	0,000	0,570	0,540	-	122	6,680	C ₁ S ₁
99-205	Laguna de Retana	El Progreso	1.16 Paz	0,540	0,480	0,600	0,120	0,000	0,700	0,130	-	101	8,43	C ₁ S ₁
01-169	nacimiento	El Progreso	1.16 Paz	5,490	2,040	0,720	0,030	1,140	5,620	0,970	++	659	7,40	C ₂ S ₁
99-201	Laguna de Retana	El Progreso	1.16 Paz	1,030	1,240	0,800	0,120	0,000	2,780	0,230	-	257	6,87	C ₀ S ₁
05-128	Nacimiento por escorren,	Jalpatagua	1.16 Paz	0,871	0,815	0,780	0,130	0,000	2,503	0,089	Nd	240	7,16	C ₁ S ₁
05-184	Río Pululá	Jalpatagua	1.16 Paz	0,524	0,474	0,390	0,240	0,000	1,077	0,106	-	167	7,44	C ₁ S ₁
97-13	Nacimiento El Gozo 1	Jalpatagua	1.16 Paz	1,280	1,150	0,600	N/a	0,000	2,140	0,430	-	298	7,44	C ₂ S ₁
97-14	Nacimiento El Gozo 2	Jalpatagua	1.16 Paz	1,300	1,190	0,650	N/a	0,000	3,720	0,430	-	303	7,14	C ₂ S ₁
03-19	Nacimiento	Jalpatagua	1.16 Paz	0,750	1,040	0,500	ND	1,160	1,280	0,180	-	189	7,070	C ₁ S ₁
99-237	Río Chingo	Jerez	1.16 Paz	1,070	1,630	0,680	0,080	0,880	2,230	0,110	-	219	7,43	C ₀ S ₁
99-235	Río Chingo	Jerez	1.16 Paz	1,070	1,580	0,890	0,080	0,900	2,050	0,210	+	205	7,63	C ₁ S ₁
99-236	Río Chingo	Jerez	1.16 Paz	0,780	1,200	0,950	0,030	0,730	1,680	0,320	-	160	7,10	C ₁ S ₁
01-102	Río Estanzuela	Jerez	1.16 Paz	1,250	0,970	0,040	0,005	0,000	2,230	0,520	-	188	8,30	C ₁ S ₁
01-157	nacimiento	Jerez	1.16 Paz	1,250	0,620	0,590	0,120	0,460	1,480	0,750	-	189	7,60	C ₁ S ₁
01-58	Río Estanzuela	Jerez	1.16 Paz	1,500	0,720	0,590	0,140	1,150	1,750	0,960	++	321	7,90	C ₂ S ₁
99-229	Embalse	Jutiapa	1.16 Paz	0,780	0,830	0,370	0,100	0,000	1,100	0,530	-	83	6,94	C ₀ S ₁
99-230	Río Salado	Jutiapa	1.16 Paz	0,410	0,630	0,620	0,060	0,000	0,910	0,210	-	91	7,16	C ₀ S ₁
01-25	Nacimiento	Jutiapa	1.16 Paz	0,250	0,270	0,260	0,050	0,000	0,640	0,800	-	83	7,60	C ₀ S ₁
99-227	Embalse	Jutiapa	1.16 Paz	0,370	0,240	0,250	0,050	0,000	0,580	0,320	-	50	6,69	C ₀ S ₁
99-228	Embalse	Jutiapa	1.16 Paz	0,500	1,390	0,410	0,090	0,000	1,130	0,430	-	84	6,30	C ₀ S ₁
01-167	Río Ostua	---	1.16 Paz	0,500	0,050	0,200	0,050	0,000	0,260	0,710	-	52	7,50	C ₀ S ₁
99-226	Embalse	Jutiapa	1.16 Paz	0,400	0,580	0,380	0,070	0,000	0,660	0,210	-	50	6,41	C ₀ S ₁
01-101	Río	Jutiapa	1.16 Paz	1,120	0,780	0,610	0,120	0,000	1,970	0,650	-	188	8,30	C ₁ S ₁
97-51	embalse	Jutiapa	1.16 Paz	0,380	0,340	0,420	N/a	0,000	0,870	0,210	-	115	6,32	C ₁ S ₁
01-130	Río Salado	Jutiapa	1.16 Paz	1,370	0,430	0,890	0,040	0,000	1,430	2,440	-	260	7,30	C ₂ S ₁
03-109	Río Amayito	Jutiapa	1.16 Paz	1,740	1,120	0,810	0,050	0,660	1,880	0,540	-	343	7,530	C ₂ S ₁
05-207	Río	Moyuta	1.16 Paz	0,629	0,768	0,430	0,110	0,000	1,871	0,245	-	194	7,77	C ₁ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 23 "A" Análisis químico de agua para riego de Jutiapa y Zacapa

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁼	Conductividad Eléctrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
01-18	Nacimiento	Moyuta	1.16 Paz	0,500	0,230	0,350	0,041	0,000	1,180	0,090	+	112	7,60	C ₁ S ₁
05-82	Río Paz	Moyuta	1.16 Paz	0,410	0,302	0,330	0,070	0,000	1,225	0,062	Nd	106	7,15	C ₁ S ₁
03-110	Río	Moyuta	1.16 Paz	0,980	1,000	0,280	0,010	0,240	1,060	0,360	-	194	7,480	C ₁ S ₁
03-337	Río Pasaco	Pasaco	1.16 Paz	0,910	0,890	0,613	ND	0,380	1,960	0,180	-	209	7,710	C ₁ S ₁
03-215	Río	Pasaco	1.16 Paz	1,370	0,920	0,402	0,029	0,000	2,880	0,540	-	273	6,480	C ₂ S ₁
02-139	Río Iluminas	Quesada	1.16 Paz	0,580	0,450	0,170	0,050	0,000	0,330	0,360	-	85	7,160	C ₀ S ₁
01-22	Río Tempisque	Quesada	1.16 Paz	1,000	0,510	0,520	0,140	0,000	2,860	0,800	+	217	7,60	C ₁ S ₁
01-24	Nacimiento	Quesada	1.16 Paz	0,370	0,080	0,630	0,050	0,000	1,660	0,640	-	113	6,70	C ₁ S ₁
04-128	Nacimiento	Quesada	1.16 Paz	0,747	0,765	0,522	0,047	0,241	1,496	0,223	-	184	7,140	C ₁ S ₁
03-331	Embalse	Santa Catarina Mita	1.16 Paz	0,500	0,290	0,288	0,107	0,000	0,770	0,360	-	93	8,530	C ₀ S ₁
03-225	Nacimiento	San José Acatempa	1.16 Paz	0,430	0,100	0,188	0,270	0,000	0,710	0,180	-	95	6,810	C ₀ S ₁
01-159	Río Saral	Yupiltepeque	1.16 Paz	0,540	0,300	0,540	0,030	0,000	1,090	0,660	-	135	7,60	C ₁ S ₁
01-158	Río Estanzuela	Yupiltepeque	1.16 Paz	1,800	0,970	0,630	0,130	0,450	2,410	0,750	0,7	300	7,80	C ₂ S ₁
99-06	Microcuenca Tahuapa	Yupiltepeque	1.16 Paz	1,780	1,800	1,450	N/A	0,480	3,990	0,320	-	300	7,14	C ₂ S ₁
Zacapa														
05-239	Río El Tambor	Cabañas	2.2 Motagua	0,755	0,882	0,370	0,097	0,000	1,386	0,049	-	191	7,41	C ₁ S ₁
99-262	Río San Vicente	Cabañas	2.2 Motagua	1,240	2,450	0,710	0,080	0,000	3,260	0,470	+	271	7,36	C ₂ S ₁
97-32	Río Motagua	Cabañas	2.2 Motagua	1,670	0,780	0,610	N/a	0,000	1,550	0,680	-	300	7,01	C ₂ S ₁
02-46	Río Motagua	Cabañas	2.2 Motagua	1,995	1,839	0,743	0,038	0,536	1,456	0,538	-	330	7,280	C ₂ S ₁
99-292	Río Motagua	Cabañas	2.2 Motagua	1,360	2,360	0,920	0,110	1,020	2,890	0,430	+	289	8,11	C ₂ S ₁
01-6	Río Sto. Tomas	Cabañas	2.2 Motagua	1,750	1,930	0,800	0,054	0,000	3,950	0,620	+++	453	7,90	C ₂ S ₁
01-7	Río San Diego	Cabañas	2.2 Motagua	1,500	4,130	0,630	0,038	0,640	6,080	0,700	+++	630	8,70	C ₂ S ₁
99-222	Nac Potrero de Jesus	Cabañas	2.2 Motagua	11,120	2,580	0,760	0,250	2,930	11,050	1,020	+++	1222	7,34	C ₃ S ₁
04-163	Río Los Yajes	Estanzuela	2.2 Motagua	2,157	1,176	0,927	0,117	0,402	2,841	0,067	++	475	6,940	C ₂ S ₁
04-288	Canal. De Riego	Estanzuela	2.2 Motagua	1,572	0,723	0,769	0,152	0,402	1,375	0,067	-	291	6,95	C ₂ S ₁
05-16	Quebrada Los Yajes	Estanzuela	2.2 Motagua	2,000	0,720	2,261	0,245	N/A	N/A	N/A	Nd	480	7,90	C ₂ S ₁
05-18	Río Motagua	Estanzuela	2.2 Motagua	1,370	0,970	1,304	0,190	N/A	N/A	N/A	Nd	355	7,60	C ₂ S ₁
05-76	C. de Llano de Piedras	Estanzuela	2.2 Motagua	1,866	1,040	0,430	0,110	0,000	2,624	0,085	Nd	341	7,20	C ₂ S ₁
97-30	Canal A, Llano de piedra	Estanzuela	2.2 Motagua	2,180	1,210	0,610	N/a	0,000	0,730	0,470	-	300	7,49	C ₂ S ₁
97-31	Caja Estrella, Llano de piec	Estanzuela	2.2 Motagua	2,430	0,500	0,640	N/a	0,000	0,650	0,470	-	300	7,48	C ₂ S ₁
99-266	Río Los Achiotos	Gualán	2.2 Motagua	0,250	0,410	0,320	0,080	0,000	0,550	0,260	-	35	7,80	C ₀ S ₁
99-267	Río Santiago	Gualán	2.2 Motagua	0,120	0,220	0,280	0,080	0,000	0,330	0,360	-	22	6,80	C ₀ S ₁
03-70	Río	Gualán	2.2 Motagua	0,380	0,220	0,110	0,020	0,000	0,430	0,720	-	68	7,540	C ₀ S ₁
04-62	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	0,456	0,358	0,162	0,033	0,000	0,340	0,180	-	61	7,290	C ₀ S ₁
04-68	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	0,332	0,598	0,162	0,035	0,000	0,440	0,130	-	83	7,290	C ₀ S ₁
04-69	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	0,290	0,330	0,141	0,026	0,000	0,380	0,090	-	53	6,250	C ₀ S ₁
04-73	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	0,415	0,787	0,113	0,014	0,000	0,580	0,220	-	79	6,930	C ₀ S ₁
04-75	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	0,560	0,370	0,172	0,032	0,000	0,700	0,090	-	88	7,070	C ₀ S ₁
05-252	Río Los Achiotos	Gualán	2.2 Motagua	0,210	0,190	0,012	0,023	0,000	0,39	0,045	++	37	6,06	C ₀ S ₁
99-309	Río Chinchin	Gualán	2.2 Motagua	2,390	1,850	0,450	0,050	0,000	2,340	0,420	-	196	8,11	C ₁ S ₁
99-310	Río El Naranjo	Gualán	2.2 Motagua	2,230	2,190	0,360	0,060	0,000	2,450	0,420	-	185	7,48	C ₁ S ₁
03-72	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	0,470	0,740	0,250	0,010	0,000	1,880	0,540	-	136	6,880	C ₁ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 24 "A" Análisis químico de agua para riego de Zacapa

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁼	Conductividad Electrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	Cl ⁻				
01-107	Río Oaxaca	Gualán	2.2 Motagua	1,750	0,600	0,350	0,080	0,000	2,460	0,780	+	234	7,60	C ₁ S ₁
02-253	Río El Zapote	Gualán	2.2 Motagua	1,030	0,350	0,310	0,050	0,500	0,740	0,360	+	191	8,030	C ₁ S ₁
03-66	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	1,020	2,130	0,150	0,030	0,910	0,890	0,180	-	241	7,540	C ₁ S ₁
03-68	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	1,610	0,200	0,130	0,010	0,000	1,640	0,360	-	186	7,850	C ₁ S ₁
04-71	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	1,078	1,538	0,213	0,058	0,400	2,050	0,270	-	245	7,360	C ₁ S ₁
04-76	Río	Gualán	2.2 Motagua	0,539	0,817	0,354	0,021	0,000	0,560	0,620	-	145	6,810	C ₁ S ₁
05-62	quebrada	Gualán	2.2 Motagua	0,415	0,748	0,180	0,100	0,000	1,386	0,174	Nd	136	6,47	C ₁ S ₁
01-8	Río Managua	Gualán	2.2 Motagua	2,000	0,560	0,250	0,046	1,590	3,330	0,270	+	286	7,70	C ₂ S ₁
03-67	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	2,630	1,440	1,010	0,060	0,000	3,330	0,720	+	427	8,230	C ₂ S ₁
03-69	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	2,000	2,160	0,110	0,040	0,000	2,960	0,540	-	383	6,850	C ₂ S ₁
03-71	Río	Gualán	2.2 Motagua	2,250	2,310	0,110	0,040	0,000	3,540	0,360	-	386	7,080	C ₂ S ₁
03-74	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	1,780	2,410	0,550	0,010	1,040	2,170	0,900	-	376	8,070	C ₂ S ₁
04-61	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	2,406	0,617	0,398	0,074	0,800	1,450	0,180	+	314	7,730	C ₂ S ₁
04-63	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	2,426	1,294	1,227	0,137	1,000	2,810	0,710	-	448	7,430	C ₂ S ₁
04-64	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	2,489	1,271	1,214	0,136	0,960	2,930	0,620	-	443	7,570	C ₂ S ₁
04-65	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	2,447	1,215	1,218	0,138	1,120	2,730	0,670	-	445	7,600	C ₂ S ₁
04-67	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	2,489	0,612	0,401	0,068	0,000	2,850	0,180	+	324	7,070	C ₂ S ₁
04-70	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	2,177	1,795	0,152	0,089	1,200	2,490	0,040	-	406	7,230	C ₂ S ₁
04-72	Nacimiento	Gualán	2.2 Motagua	2,177	2,183	0,158	0,088	0,880	3,090	0,040	-	409	6,870	C ₂ S ₁
04-351	Río San Miguel	Huite	2.2 Motagua	0,419	0,579	0,217	0,332	0	0,984	0,045	0	157	7,31	C ₁ S ₁
05-15	Quebrada	La Unión	2.2 Motagua	0,370	0,250	0,265	0,092	N/A	N/A	N/A	Nd	75	6,60	C ₀ S ₁
05-237	Quebrada S/n	La Unión	2.2 Motagua	0,189	0,410	0,170	0,074	0,000	0,121	0,045	+	57	7,95	C ₀ S ₁
99-196	Río Pasabien	Río Hondo	2.2 Motagua	2,717	1,769	1,623	0,218	1,530	5,680	0,400	-	628	7,440	C ₂ S ₁
99-268	Río Cañas	Río Hondo	2.2 Motagua	0,370	0,320	0,360	0,080	0,000	0,550	0,150	-	45	7,23	C ₀ S ₁
99-269	Río Colorado	Río Hondo	2.2 Motagua	0,170	0,050	0,310	0,090	0,000	0,040	0,260	-	91	6,03	C ₀ S ₁
99-270	Río Los Jutes	Río Hondo	2.2 Motagua	0,250	0,680	0,460	0,080	0,000	0,910	0,040	-	62	7,20	C ₀ S ₁
99-271	Río La Lima	Río Hondo	2.2 Motagua	0,420	0,160	0,380	0,090	0,000	0,360	0,150	-	22	6,58	C ₀ S ₁
99-272	Río Jones	Río Hondo	2.2 Motagua	0,080	0,090	0,340	0,080	0,000	0,400	0,100	-	50	6,83	C ₀ S ₁
99-273	Río Blanco	Río Hondo	2.2 Motagua	0,420	0,390	0,340	0,070	0,000	0,440	0,260	-	40	7,05	C ₀ S ₁
99-284	Río Morán	Río Hondo	2.2 Motagua	0,210	0,220	0,290	0,040	0,000	0,150	0,210	-	31	7,04	C ₀ S ₁
99-285	Río Manajales	Río Hondo	2.2 Motagua	0,370	0,320	0,260	0,040	0,000	0,330	0,110	-	32	7,14	C ₀ S ₁
04-13	Nacimiento	Río Hondo	2.2 Motagua	0,249	0,224	Nd	Nd	0,000	0,619	0,027	Nd	70	7,26	C ₀ S ₁
04-15	Río	Río Hondo	2.2 Motagua	0,301	0,126	0,521	0,072	0,000	0,630	0,200	-	95	6,800	C ₀ S ₁
04-17	Río	Río Hondo	2.2 Motagua	0,187	0,172	0,132	0,052	0,000	0,260	0,250	-	39	6,950	C ₀ S ₁
04-56	Río	Río Hondo	2.2 Motagua	0,000	0,233	0,101	0,017	0,000	0,160	0,220	-	20	7,220	C ₀ S ₁
04-58	Río	Río Hondo	2.2 Motagua	0,249	0,216	0,168	0,025	0,000	0,280	0,270	-	46	7,510	C ₀ S ₁
04-16	Río	Río Hondo	2.2 Motagua	0,270	0,302	0,369	0,057	0,000	0,760	0,300	-	92	6,910	C ₀ S ₁
05-61	Río Pasabien	Río Hondo	2.2 Motagua	0,410	1,180	0,330	0,080	0,000	0,840	0,130	-	60	6,62	C ₀ S ₁
05-120	Río	Río Hondo	2.2 Motagua	0,249	0,042	0,095	0,015	0,000	0,336	0,085	Nd	35	6,53	C ₀ S ₁
97-50	Quebrada	Río Hondo	2.2 Motagua	0,420	0,660	0,060	N/a	0,000	1,270	0,110	-	100	6,88	C ₁ S ₁
99-12	nacimiento	Río Hondo	2.2 Motagua	1,450	0,800	0,580	N/A	0,800	1,740	0,740	-	225	8,27	C ₁ S ₁
99-195	Río sunzapote	Río Hondo	2.2 Motagua	0,990	0,550	0,230	0,080	0,000	1,350	0,200	+	106	6,93	C ₁ S ₁
01-33	presa (Río El Naranjo)	Río Hondo	2.2 Motagua	0,620	0,190	0,240	0,054	0,000	1,340	0,800	-	110	7,80	C ₁ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 25 "A" Análisis químico de agua para riego de Zacapa

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualif. SO ₄ ⁼	Conductividad Electrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	Cl ⁻				
97-47	Quebrada	Río Hondo	2.2 Motagua	1,380	1,310	2,030	N/a	0,680	2,850	0,110		300	7,38	C ₂ S ₁
97-48	Nacimiento	Río Hondo	2.2 Motagua	2,170	2,300	2,460	N/a	1,580	5,780	0,960		600	7,67	C ₂ S ₁
99-265	Qda. Rosareña	Río Hondo	2.2 Motagua	1,530	3,660	2,160	0,180	1,830	8,300	0,680	-	609	7,41	C ₂ S ₁
04-205	Nacimiento	Río Hondo	2.2 Motagua	2,696	2,245	2,249	0,077	0,241	4,207	0,112		655	7,37	C ₂ S ₁
99-305	Ojo de Agua	Río Hondo	2.2 Motagua	2,930	2,220	0,860	0,090	0,000	4,860	0,420	-	302	7,12	C ₂ S ₁
05-34	Quebrada	Río Hondo	2.2 Motagua	1,250	0,530	0,940	0,100	N/A	N/A	N/A	Nd	258	7,90	C ₂ S ₁
01-31	Quebrada Pampur	San Diego	2.2 Motagua	0,370	0,570	0,270	0,023	0,000	0,890	0,960	++	117	7,20	C ₁ S ₁
02-227	Qda San Diego	San Diego	2.2 Motagua	0,520	2,060	0,480	0,090	0,330	0,700	0,180	+	224	8,320	C ₁ S ₁
04-289	Río Pampur	San Diego	2.2 Motagua	0,797	0,6	0,797	0,017	0,482	0,914	0,112		196	7,48	C ₁ S ₁
04-369	Río	San Diego	2.2 Motagua	0,705	0,38	0,522	0,067	0	0,944	0,112		165	7,72	C ₁ S ₁
01-30	Río Pampur	San Diego	2.2 Motagua	1,250	0,820	0,460	0,028	0,000	0,870	1,110	-	256	8,00	C ₂ S ₁
01-145	Río San Diego	San Diego	2.2 Motagua	1,620	4,810	0,800	0,015	2,740	4,970	2,070	+++	748	8,50	C ₂ S ₁
02-141	Río Del Rastro	San Diego	2.2 Motagua	0,290	1,310	0,510	0,040	1,870	2,480	0,180	-	708	8,100	C ₂ S ₁
04-291	Qda. Silencio	San Diego	2.2 Motagua	1,51	1,884	0,763	0,047	0,602	2,259	0,201	-	384	7,58	C ₂ S ₁
02-156	Qda el Silencio	San Diego	2.2 Motagua	2,240	7,140	0,410	0,020	2,010	2,444	0,360	++	882	8,020	C ₂ S ₁
02-157	Q el rastro	San Diego	2.2 Motagua	1,990	7,250	0,570	0,010	1,270	2,590	0,180	++	819	8,480	C ₂ S ₁
02-158	confluencia arriba	San Diego	2.2 Motagua	1,950	7,850	0,500	0,010	1,510	2,640	0,360	++	849	8,300	C ₂ S ₁
02-159	Confluencia abajo	San Diego	2.2 Motagua	2,000	8,470	0,530	0,010	2,340	1,760	0,180	++	895	8,440	C ₂ S ₁
02-226	Q el rastro	San Diego	2.2 Motagua	1,890	0,010	0,640	0,090	1,610	2,680	0,540	+++	760	8,770	C ₂ S ₁
02-232	Río Teculután	Teculután	2.2 Motagua	0,580	0,840	0,090	0,070	0,330	0,370	0,180	-	147	7,930	C ₁ S ₁
02-233	Río Teculután	Teculután	2.2 Motagua	0,400	0,790	0,080	0,070	0,300	0,170	0,180	-	121	8,170	C ₁ S ₁
02-279	Río	Teculután	2.2 Motagua	0,790	0,590	0,120	ND	0,000	1,300	0,180	-	105	6,990	C ₁ S ₁
02-59	Nacimiento	Río Hondo	2.2 Motagua	1,746	2,759	2,590	0,130	0,837	1,908	4,301	++	650	8,750	C ₂ S ₁
03-321	Nacimiento	Teculután	2.2 Motagua	1,910	0,720	0,128	0,019	0,000	2,840	0,180	-	238	6,450	C ₁ S ₁
05-32	Río Teculután	Teculután	2.2 Motagua	0,620	0,390	0,100	0,023	N/A	N/A	N/A	Nd	111	7,50	C ₁ S ₁
02-230	Canal de Riego	Teculután	2.2 Motagua	1,830	0,010	0,950	0,140	0,840	2,430	0,360	-	491	8,150	C ₂ S ₁
99-199	La Laguna	Teculután	2.2 Motagua	1,400	1,320	0,390	0,130	1,320	4,210	0,130	-	352	7,90	C ₂ S ₁
99-291	La Laguna	Teculután	2.2 Motagua	1,450	3,090	0,860	0,090	0,730	3,840	0,320	-	287	7,61	C ₂ S ₁
02-231	Río Teculután	Teculután	2.2 Motagua	1,190	3,080	0,280	0,080	0,540	1,340	0,180	-	333	7,860	C ₂ S ₁
04-36	Canal de Riego	Teculután	2.2 Motagua	2,280	0,354	0,368	0,126	0,690	1,590	0,280	-	306	7,640	C ₂ S ₁
05-149	Río La Palmilla	Usumatán	2.2 Motagua	0,311	2,072	0,083	0,015	0,646	1,803	0,045	-	233	7,19	C ₁ S ₁
01-32	presa Jutillo	Usumatán	2.2 Motagua	0,500	2,010	0,140	0,015	0,000	3,380	0,640	-	266	7,60	C ₂ S ₁
03-319	Nacimiento	Usumatán	2.2 Motagua	0,650	4,770	0,069	0,003	0,000	6,180	0,180	-	469	6,170	C ₂ S ₁
05-255	Río Huijó	Usumatán	2.2 Motagua	0,629	4,102	0,280	0,033	1,084	3,485	0,401	-	450	7,71	C ₂ S ₁
03-185	Río Punilá	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	0,110	0,100	0,160	0,006	0,000	0,400	0,180	-	43	6,980	C ₂ S ₁
04-55	Río	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	0,332	0,443	0,171	0,035	0,000	0,540	0,130	-	74	6,820	C ₂ S ₁
99-184	Canal de la Fragua	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	1,980	1,480	0,510	0,080	0,000	1,940	0,380	+	250	7,68	C ₁ S ₁
99-197	Canal de la Fragua	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	1,900	0,100	0,380	0,170	0,000	2,380	0,230	+	216	7,35	C ₁ S ₁
99-198	Canal de la Fragua	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	1,490	1,090	0,360	0,080	0,000	1,790	0,340	-	229	8,20	C ₁ S ₁
99-264	Rc. Jumuzna	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	0,660	0,680	0,770	0,070	0,000	1,680	0,260	-	115	8,01	C ₁ S ₁
01-133	Río San Juan	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	1,000	0,640	0,830	0,020	0,000	0,940	1,720	-	217	8,01	C ₁ S ₁
01-134	Río San Juan	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	0,750	0,350	0,720	0,030	0,000	0,570	1,050	-	187	7,80	C ₁ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 26 "A" Análisis químico de agua para riego de Zacapa y Huehuetenango

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁼	Conductividad Eléctrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
99-131	Reservorio	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	1,860	0,640	1,200	0,120	0,000	2,130	0,260	+	300	7,77	C ₂ S ₁
99-132	Manguera	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	2,150	0,930	1,590	0,120	0,000	3,030	0,110	+	300	7,22	C ₂ S ₁
99-182	Río Grande	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	3,300	2,120	0,480	0,070	0,000	3,040	0,380	+	480	6,99	C ₂ S ₁
99-218	Río san Pablo	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	1,570	0,890	0,830	0,080	0,000	2,630	1,550	++	255	8,26	C ₂ S ₁
99-238	Canal de la Fragua	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	2,440	1,640	0,730	0,080	1,760	5,710	0,210	+	313	6,20	C ₂ S ₁
99-240	C. de llano de Piedras	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	1,860	1,400	0,840	0,140	0,660	2,740	0,320	+	300	7,30	C ₂ S ₁
02-189	Río Grande	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	2,350	1,480	0,590	0,060	0,170	1,280	0,180	+	362	7,640	C ₂ S ₁
02-191	Canal de la Fragua	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	2,120	2,600	1,140	0,050	6,500	1,060	0,720	+	431	8,610	C ₂ S ₁
02-228	Río Grande	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	1,420	4,470	1,630	0,120	0,400	1,190	1,440	++	712	7,810	C ₂ S ₁
03-13	Río	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	2,080	0,480	0,330	ND	1,240	2,320	0,360	-	308	7,410	C ₂ S ₁
03-258	Río Grande	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	2,060	0,860	0,538	0,011	0,460	2,510	0,180	+	338	8,000	C ₂ S ₁
03-261	Río	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	1,520	0,350	0,000	0,003	0,000	2,010	0,360	++	296	7,120	C ₂ S ₁
04-54	Nacimiento	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	2,696	2,342	1,493	0,159	1,530	4,040	0,450	-	611	7,220	C ₂ S ₁
05-17	Canal de La Fragua	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	2,120	0,560	0,500	0,097	N/A	N/A	N/A	Nd	288	8,00	C ₂ S ₁
05-80	C B, Llano de piedras	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	0,767	4,310	1,470	0,130	0,700	3,378	0,981	Nd	677	7,06	C ₂ S ₁
99-183	Río Motagua	Zacapa	2.2 Motagua	2,600	1,250	0,460	0,060	0,000	2,890	0,280	-	300	6,13	C ₂ S ₁
99-219	Río san Pablo	Zacapa	2.1 Grande de Zacap	3,390	2,570	5,700	0,240	2,780	11,340	2,300	++	918	8,59	C ₃ S ₁
Huehuetenango														
03-64	Nacimiento	Aguacatán	3.7 Salinas	4,120	2,290	0,190	0,050	1,240	2,500	0,720	+	565	7,450	C ₂ S ₁
03-57	Río	Barillas	3.5 Ixcán	0,130	0,070	0,004	0,030	0,000	0,060	0,180	-	21	6,810	C ₀ S ₁
03-58	Nacimiento	Barillas	3.5 Ixcán	1,910	0,950	0,180	0,010	0,410	1,350	0,360	-	231	7,680	C ₁ S ₁
03-59	Nacimiento	Barillas	3.5 Ixcán	6,030	6,530	0,020	0,040	0,830	2,010	0,540	++	613	7,250	C ₂ S ₁
03-60	Nacimiento	Barillas	3.5 Ixcán	0,550	0,090	0,860	0,600	0,000	1,490	0,360	++	309	7,880	C ₂ S ₁
03-262	Nacimiento	Chiantla	3.2 Selegua	0,320	0,310	0,510	0,082	0,000	0,630	0,360	-	99	6,320	C ₀ S ₁
05-289	Nacimiento San Antonio	Chiantla	3.2 Selegua	0,701	0,422	0,070	0,008	0	0,863	0,031	-	72	6,95	C ₀ S ₁
97-40	río San Joaquín	Chiantla	3.2 Selegua	1,340	0,240	0,100	N/a	0,000	1,300	0,210	+	140	6,76	C ₁ S ₁
01-171	Río Torlón	Chiantla	3.5 Ixcán	2,370	0,560	0,07	0,003	1,040	0,180	0,760	++	260	7,60	C ₂ S ₁
02-1	A. Chichalum	Chiantla	3.5 Ixcán	0,374	4,408	0,001	0,000	0,670	1,570	0,360	-	369	8,290	C ₂ S ₁
02-82	Río Torbo	Chiantla	3.5 Ixcán	5,070	2,680	0,040	0,010	0,870	1,160	0,180	+	646	8,200	C ₂ S ₁
03-142	Nac. Quilínco	Chiantla	3.5 Ixcán	3,170	0,940	0,030	0,010	0,330	2,260	0,720	+	400	7,580	C ₂ S ₁
05-274	Río Selegua	Chiantla	3.2 Selegua	3,971	1,029	0,026	0,015	0	5,033	0,112	+	446	7,09	C ₂ S ₁
05-275	nacimiento del Chochal	Chiantla	3.2 Selegua	2,017	1,044	0,039	0,018	0	2,88	0,067	+	287	7,37	C ₂ S ₁
02-86	Río Chanjon	Colotenango	3.1 Cuilco	2,580	1,340	0,080	0,010	0,500	1,100	0,180	-	289	8,400	C ₂ S ₁
02-88	Río Ug barranca	Colotenango	3.1 Cuilco	3,410	2,090	0,090	0,000	0,670	1,600	0,360	-	413	7,910	C ₂ S ₁
95-86	----	Concepción Huista	3.2 Selegua	3,320	1,230	0,000	0,001	0,000	4,000	0,200	0,000	389	7,30	C ₂ S ₀
95-87	----	Concepción Huista	3.2 Selegua	3,230	1,240	0,000	0,001	0,380	3,260	0,210	0,000	389	7,50	C ₂ S ₀
05-109	Nacim.	Concepción Huista	3.2 Selegua	2,157	2,157	0,040	0,020	0,323	2,49	0,107	Nd	283	7,32	C ₂ S ₁
04-103	Río Chapala	Cuilco	3.1 Cuilco	0,332	0,153	0,303	0,046	0,000	0,632	0,268	-	72	6,860	C ₀ S ₁
97-07	Laguna Ocubilá	Huehuetenango	3.7 Salinas	0,830	0,200	0,200	N/a	0,000	1,500	0,100	0,000	183	5,94	C ₁ S ₁
97-08	Laguna Ocubilá	Huehuetenango	3.7 Salinas	0,880	0,280	0,590	N/a	0,000	2,110	0,000	0,000	188	6,18	C ₁ S ₁
97-09	Laguna Ocubilá	Huehuetenango	3.7 Salinas	0,670	0,530	0,600	N/a	0,000	2,050	0,000	0,000	188	6,25	C ₁ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 27 "A" Análisis químico de agua para riego de Huehuetenango

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁻²	Conductividad Electrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
02-83	Río Zaculeu	Huehuetenango	3.7 Salinas	2,700	2,160	0,210	0,020	0,740	0,960	0,720	+++	379	8,030	C ₂ S ₁
05-208	Río Cuilco	Ixtahuacán	3.2 Selegua	0,545	0,453	0,330	0,860	0,000	0,781	0,156	+	131	7,16	C ₁ S ₁
05-291	Nacimiento Jom Tzala	Jacaltenango	3.3 Nentón	1,954	1,394	0,100	0,023	0,516	3,223	0,123	-	346	7,13	C ₂ S ₁
97-11	Río Azul	Jacaltenango	3.3 Nentón	3,140	1,500	0,100	N/a	0,000	2,140	0,110	+	409	7,26	C ₂ S ₁
97-12	nac. Riego Bujxup	Jacaltenango	3.3 Nentón	4,180	1,210	0,400	N/a	0,000	5,330	0,640	+	569	6,94	C ₂ S ₁
03-176	Río Azul	Jacaltenango	3.3 Nentón	3,170	1,410	0,150	0,010	0,000	3,740	0,540	+	433	6,880	C ₂ S ₁
04-77	Nacimiento	Jacaltenango	3.3 Nentón	3,733	1,305	0,044	0,041	0,600	4,060	0,270	-	465	7,080	C ₂ S ₁
04-231	Nacimiento Chejhal	Jacaltenango	3.3 Nentón	2,8	0,688	0,002	0,024	0,803	1,396	0,112	+	360	7,89	C ₂ S ₁
04-232	Nacimiento	La Democracia	3.2 Selegua	2,592	0,993	0,022	0,084	0,803	2,279	0,201	-	371	7,57	C ₂ S ₁
99-287	Nacimiento	La Democracia	3.2 Selegua	3,780	5,190	0,360	0,060	2,340	7,430	0,310	+	596	6,08	C ₂ S ₁
01-27	Nacimiento	La Democracia	3.2 Selegua	4,790	2,320	0,100	0,010	0,000	8,310	0,960	++	722	7,10	C ₂ S ₁
02-94	Río Chojil	La Democracia	3.2 Selegua	3,120	2,020	0,050	0,890	1,810	1,810	0,360	-	427	7,480	C ₂ S ₁
02-91	Río Inourela	La Democracia	3.2 Selegua	2,660	2,200	0,140	0,120	0,570	1,160	0,540	-	325	7,620	C ₂ S ₁
04-230	Río Valparaiso	La Democracia	3.2 Selegua	1,866	0,885	0,144	0,101	0,723	1,636	0,067	+	303	7,32	C ₂ S ₁
99-244	Superficial	La Libertad	3.2 Selegua	2,480	2,410	0,350	0,020	1,020	3,000	0,530	-	429	7,39	C ₂ S ₁
99-247	Río. Valparaiso	La Libertad	3.2 Selegua	3,510	2,640	0,280	0,050	1,320	4,800	0,110	-	653	6,80	C ₂ S ₁
99-301	Nacimiento	La Libertad	3.2 Selegua	3,760	2,390	0,540	0,060	0,000	5,300	0,420	-	378	7,63	C ₂ S ₁
02-89	Río Jute	La Libertad	3.2 Selegua	2,580	2,090	0,050	0,000	0,900	0,760	0,180	-	346	8,110	C ₂ S ₁
02-92	Río Marago	La Libertad	3.2 Selegua	2,490	2,170	0,100	0,000	0,670	1,050	0,180	++	332	8,260	C ₂ S ₁
05-269	Nacimiento La Cascada	La Libertad	3.2 Selegua	4,044	3,320	0,026	0,087	0	5,88	0,58	++	719	6,52	C ₂ S ₁
05-290	Nacimiento La Esperanza	La Libertad	3.2 Selegua	2,633	0,632	0,048	0,018	0,484	4,058	0,062	++	421	6,83	C ₂ S ₁
04-46	Río Lagartero	Nentón	3.3 Nentón	0,311	0,270	0,284	0,094	0,000	0,640	0,060	-	71	6,580	C ₀ S ₁
03-257	Nacimiento	Jacaltenango	3.3 Nentón	3,530	0,910	0,000	0,007	0,380	3,650	0,180	++	436	7,430	C ₂ S ₁
04-80	Río Nentón	Nentón	3.3 Nentón	1,306	1,155	1,967	0,266	0,000	2,550	1,560	-	403	7,390	C ₂ S ₁
05-111	Río Nentón	Nentón	3.3 Nentón	2,592	2,592	0,910	0,060	0,000	2,658	0,664	Nd	507	7,36	C ₂ S ₁
05-288	Río Nentón	Nentón	3.3 Nentón	1,970	1,331	0,240	0,028	0,323	2,864	0,123	-	294	6,66	C ₂ S ₁
03-175	Río Lagartero	Nentón	3.3 Nentón	5,380	1,910	0,060	0,010	0,000	0,820	0,180	+++	1254	6,870	C ₂ S ₁
05-99	Afluente R. Lagartero	Nentón	3.3 Nentón	12,173	0,432	0,280	0,040	1,346	2,463	0,196	+++	1501	7,12	C ₂ S ₁
06-264	Río Lagartero	Nentón	3.3 Nentón	15,11	2,791	0,157	0,026	0	4,76	0,092	+++	1615	7,02	C ₂ S ₁
06-265	Río Lagartero	Nentón	3.3 Nentón	12,937	8,661	0,152	0,028	0	4,711	0,242	+++	1619	7,19	C ₂ S ₁
02-87	Río Selegua	Santa Ana Huista	3.2 Selegua	2,240	1,630	0,120	0,020	0,540	1,210	0,540	+	298	7,550	C ₂ S ₁
02-93	Río Huista	Santa Ana Huista	3.2 Selegua	2,700	0,460	0,080	0,020	0,230	1,050	0,720	-	296	7,920	C ₂ S ₁
03-63	Nacimiento	San Mateo Ixtatán	3.4 Pojón	3,400	1,440	0,001	0,010	0,75	1,800	0,540	+	391	7,210	C ₂ S ₁
97-41	Río Catarina	San Miguel Acatán	3.3 Nentón	2,550	1,420	0,010	N/a	0,000	3,210	0,530	+	250	7,41	C ₂ S ₁
02-90	Río San Pedro	San Pedro Necta	3.2 Selegua	2,830	1,360	0,120	0,020	0,470	1,330	0,360	-	320	8,350	C ₂ S ₁
05-167	Afluente R. Selegua	San Pedro Necta	3.2 Selegua	2,453	1,140	0,074	0,010	0,380	2,799	0,112	-	343	7,49	C ₂ S ₁
02-84	Río San Juan	San Rafael Petzal	3.7 Salinas	2,990	1,630	0,060	0,000	0,500	1,330	0,180	+++	352	8,020	C ₂ S ₁
02-85	Río Esquisal	San Sebastián Huehuetenango	3.2 Selegua	2,870	5,430	0,050	0,010	0,600	1,180	0,360	+	369	7,860	C ₂ S ₁
03-99	Río Isquisal	San Sebastián Huehuetenango	3.2 Selegua	2,550	1,160	0,050	0,010	1,160	0,720	0,360	-	290	8,040	C ₂ S ₁
03-167	Río Colorado	San Sebastián Huehuetenango	3.2 Selegua	2,600	5,210	0,009	0,000	0,610	2,740	0,180	-	348	8,220	C ₂ S ₁
05-185	Nacimiento Tuizpic	Todos Santos Cuchumatán	3.2 Selegua	0,168	0,132	0,035	0,010	0,000	0,363	0,095	-	40	7,23	C ₀ S ₁
05-210	Nacimiento Valentón	Todos Santos Cuchumatán	3.2 Selegua	0,001	0,001	0,026	0,380	0,000	0,108	0,000	-	16	6,51	C ₀ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 28 "A" Análisis químico de agua para riego de Huehuetenango y Quetzaltenango

Identificación Numero	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrografica	Cationes en mg/l				Aniones en mg/l			Qualit. SO ₄ ⁻²	Conductividad Electrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
96-39	Canton Chichoy	Todos Santos Cuchumatán	3.2 Selegua	2,720	1,190	0,200	N/a	0,000	3,690	0,110	0,000	320	7,22	C ₂ S ₁
96-40	Canton Batzalon	Todos Santos Cuchumatán	3.2 Selegua	2,270	0,750	0,200	N/a	0,000	2,630	0,110	1,000	360	7,20	C ₂ S ₁
99-215	Nac. A. El Rancho	Todos Santos Cuchumatán	3.2 Selegua	2,200	1,300	0,230	0,010	1,460	2,350	0,060	-	395	7,59	C ₂ S ₁
03-40	Nacimiento	Todos Santos Cuchumatán	3.2 Selegua	4,250	1,160	0,010	0,001	0,410	2,360	0,180	+	407	7,500	C ₂ S ₁
05-209	Nacimiento Las Lajas	Todos Santos Cuchumatán	3.2 Selegua	2,726	0,568	0,017	0,100	0,646	2,503	0,245	Nd	338	7,19	C ₂ S ₁
Quetzaltenango														
01-132	nacimiento	Cabrican	1.2 Suchiate	0,500	0,300	0,220	0,020	0,000	0,610	0,130	-	92	7,66	C ₀ S ₁
99-187	Río Naranjo	Coatepeque	1.3 Naranjo	0,356	0,248	0,300	0,063	0,060	0,000	0,620	-	82	7,22	C ₀ S ₁
99-188	Río Nopalera	Coatepeque	1.3 Naranjo	0,410	0,370	0,790	0,210	0,060	0,000	0,600	-	88	7,47	C ₀ S ₁
99-298	Río Pacayá	Coatepeque	1.3 Naranjo	0,830	2,630	0,330	0,030	0,000	1,350	0,110	-	89	7,45	C ₀ S ₁
03-221	Río	Coatepeque	1.3 Naranjo	0,520	0,110	0,148	0,014	0,000	0,690	0,180	-	85	6,100	C ₁ S ₁
99-28	Pampa	Coatepeque	1.3 Naranjo	0,540	1,190	0,540	0,020	0,000	1,310	0,430	-	140	6,45	C ₁ S ₁
99-274	Río Ocosito (Canal)	Coatepeque	1.3 Naranjo	0,660	1,150	0,490	0,110	0,000	1,210	0,430	-	111	7,00	C ₁ S ₁
03-173	Río Naranjo	Coatepeque	1.3 Naranjo	0,600	0,260	0,290	0,030	0,000	0,900	0,360	-	118	6,610	C ₁ S ₁
04-118	Río Chopá	Coatepeque	1.3 Naranjo	0,788	0,142	0,320	0,081	0,000	1,034	0,134	Nd	127	6,500	C ₁ S ₁
04-119	Río Pacayá	Coatepeque	1.3 Naranjo	0,560	0,525	0,430	0,086	0,000	1,094	0,223	Nd	140	6,660	C ₁ S ₁
04-228	Río Cubalsado	Coatepeque	1.3 Naranjo	0,373	0,363	0,258	0,044	0	0,653	0,112	-	90	6,85	C ₁ S ₁
05-81	Nacim. Santa Isabel	Coatepeque	1.3 Naranjo	0,373	0,421	0,300	0,040	0,000	1,121	0,084	Nd	107	6,81	C ₁ S ₁
01-28	Riachuelo	Colomba	1.3 Naranjo	0,370	0,350	0,150	0,013	0,000	0,890	1,110	-	88	7,30	C ₀ S ₁
01-91	Río Ixchilan	Colomba	1.3 Naranjo	0,500	0,410	0,200	0,050	0,000	1,270	0,650	-	90	8,20	C ₀ S ₁
01-93	Río La Fama	Colomba	1.3 Naranjo	0,500	0,370	0,240	0,050	0,000	1,270	0,650	-	97	8,50	C ₀ S ₁
01-29	embalse	Colomba	1.3 Naranjo	0,620	0,600	0,250	0,028	0,000	1,660	0,960	-	148	6,90	C ₁ S ₁
04-48	Río Ayal	Colomba	1.3 Naranjo	0,456	0,610	0,266	0,037	0,000	0,820	0,090	Nd	122	7,030	C ₁ S ₁
02-115	Nacimiento	El Palmar	1.5 Samalá	0,420	0,260	0,210	0,040	0,720	0,720	0,270	-	82	7,820	C ₀ S ₁
02-116	Nacimiento	El Palmar	1.5 Samalá	0,580	0,290	0,170	0,020	0,450	0,450	0,450	-	98	6,690	C ₀ S ₁
03-187	Riachuelo s1	El Palmar	1.5 Samalá	0,430	0,750	0,120	0,006	0,000	0,540	0,360	-	50	6,420	C ₀ S ₁
02-72	Riachuelo	El Palmar	1.5 Samalá	0,420	0,370	0,160	0,010	0,000	0,690	0,360	-	118	7,610	C ₁ S ₁
03-188	Riachuelo p1	El Palmar	1.5 Samalá	0,560	0,920	0,320	0,017	0,000	1,340	0,540	-	141	6,750	C ₁ S ₁
05-68	Riachuelo	San martin Sacatepequez	1.3 Naranjo	0,373	0,402	0,190	0,033	0,000	0,740	0,085	Nd	99	7,23	C ₀ S ₁
04-18	Río	El Palmar	1.5 Samalá	0,970	0,400	0,227	0,648	0,000	1,690	0,300	-	238	6,340	C ₁ S ₁
02-163	Rc. Talpishte I	Génova	1.4 Ocosito	0,580	0,520	0,120	0,030	0,000	0,300	0,180	-	86	6,680	C ₀ S ₁
02-164	Rc. Talpishte II	Génova	1.4 Ocosito	0,500	0,410	0,170	0,020	0,000	0,390	0,360	-	93	7,170	C ₀ S ₁
02-194	Río Ocos	Génova	1.4 Ocosito	0,180	0,440	0,140	0,030	0,000	0,300	0,180	-	73	7,340	C ₀ S ₁
02-195	Río El Botin	Génova	1.4 Ocosito	0,330	0,250	0,160	0,030	0,000	0,330	0,180	-	83	7,300	C ₀ S ₁
03-342	Río Batza	Génova	1.4 Ocosito	0,470	0,200	0,201	ND	0,000	0,630	0,180	-	81	7,560	C ₀ S ₁
03-343	Río Rosario	Génova	1.4 Ocosito	0,580	0,170	0,191	ND	0,000	0,690	0,360	-	89	7,530	C ₀ S ₁
05-150	Río Talchulul	Génova	1.4 Ocosito	0,332	0,366	0,300	0,046	0,000	0,942	0,089	-	99	7,40	C ₀ S ₁
02-70	Río Rosario	Génova	1.4 Ocosito	0,750	0,240	0,260	0,020	0,000	0,590	0,180	-	136	7,700	C ₁ S ₁
02-79	Río Rosario, Canal	Génova	1.4 Ocosito	0,710	0,760	0,170	0,020	0,000	0,490	0,360	-	115	7,980	C ₁ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 29 "A" Análisis químico de agua para riego de Quetzaltenango y Retalhuleu

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Qualit. SO ₄ ⁻	Conductividad Electrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
04-153	Río Santa Elena	Génova	1.4 Ocosito	0,415	0,515	0,287	0,032	0,000	0,934	0,201	-	119	6,700	C ₁ S ₁
05-69	Riachuelo	Génova	1.4 Ocosito	0,373	0,460	0,300	0,046	0,000	1,117	0,067	Nd	109	7,24	C ₁ S ₁
05-263	Laguna	Génova	1.4 Ocosito	0,410	0,651	0,200	0,036	0	0,646	0,067	-	119	6,92	C ₁ S ₁
05-265	Río El Tarro	Génova	1.4 Ocosito	0,290	0,465	0,150	0,026	0	0,188	0,022	-	153	5,62	C ₁ S ₁
01-143	nacimiento	Quetzaltenango	1.2 Suchiate	1,120	0,620	0,370	0,020	0,000	1,090	2,330	-	207	7,70	C ₁ S ₁
01-139	Arrollo	Quetzaltenango	1.5 Samalá	1,370	0,760	0,370	0,047	0,380	2,050	0,650	-	267	7,39	C ₂ S ₁
05-264	Río Ayal	Génova	1.4 Ocosito	0,477	0,628	0,200	0,041	0	0,807	0,022	-	116	7,02	C ₁ S ₁
97-42	Nacimiento La Libertad	Olintepeque	3.1 Cuilco	0,540	0,390	0,880	N/a	0,000	1,025	0,330	-	150	7,10	C ₁ S ₁
99-60	Afluente Samalá	San Carlos Sija	1.5 Samalá	0,330	0,280	0,920	0,060	0,000	0,300	0,110	+	65	6,34	C ₀ S ₁
01-17	Richuelo S/n	San Carlos Sija	1.5 Samalá	0,500	0,430	0,190	0,100	0,000	0,670	0,090	-	122	6,60	C ₁ S ₁
04-229	Nacimiento	San Martín Sacatepequez	1.3 Naranjo	0,332	0,327	0,134	0,024	0	0,452	0,067	-	63	6,95	C ₀ S ₁
02-180	Nacimiento 1	San Martín Sacatepequez	1.3 Naranjo	0,830	0,430	0,220	0,040	0,000	0,450	0,450	-	129	6,600	C ₁ S ₁
02-181	Nacimiento 2	San Martín Sacatepequez	1.3 Naranjo	0,620	0,760	0,160	0,030	0,000	0,670	0,250	-	138	7,030	C ₁ S ₁
03-189	Nacimiento 1	San Miguel Siguilá	1.5 Samalá	0,960	0,150	0,360	0,042	0,000	1,650	0,720	-	192	7,040	C ₁ S ₁
03-190	Nacimiento 2	San Miguel Siguilá	1.5 Samalá	0,610	0,540	0,220	0,037	0,000	1,300	0,540	-	140	7,200	C ₁ S ₁
97-38	Nacimiento	Zunil	1.5 Samalá	0,710	0,130	0,180	N/a	0,000	0,870	0,040	-	106	6,89	C ₁ S ₁
01-181	Nacimiento	Zunil	1.5 Samalá	0,520	0,62	0,370	0,082	0,000	0,720	0,270	+	161	6,60	C ₁ S ₁
02-23	N Pasac II	Zunil	1.5 Samalá	1,205	0,929	0,552	0,020	0,000	0,870	1,970	+	237	7,020	C ₁ S ₁
99-192	Nacimiento	Zunil	1.5 Samalá	1,400	0,780	0,900	0,350	0,070	0,000	0,950	-	116	6,49	C ₁ S ₁
01-92	Nac. Santa María	Zunil	1.5 Samalá	1,120	1,380	0,590	0,070	0,000	2,410	0,520	-	292	8,50	C ₂ S ₁
04-29	Nacimiento	Zunil	1.5 Samalá	0,850	0,760	5,436	0,459	0,000	3,470	2,750	++	700	6,400	C ₂ S ₁
99-243	Nacimiento	Zunil	1.5 Samalá	0,870	1,130	8,590	0,280	0,000	5,270	2,000	++	842	7,10	C ₃ S ₁
99-243	Nacimiento	Zunil	1.5 Samalá	0,870	1,130	8,590	0,280	0,000	5,270	2,000	++	842	7,10	C ₃ S ₁
06-124	Nacimiento Chuatux	Zunil	1.5 Samalá	0,652	0,812	6,174	0,366	0,387	2,807	0,982	++	877	7,56	C ₃ S ₁
Retalhuleu														
99-54	Río Bolas	Champerico	1.4 Ocosito	0,950	0,890	0,820	0,090	0,000	1,660	0,190	-	170	6,45	C ₁ S ₁
99-56	Río Comepán	Champerico	1.4 Ocosito	0,910	1,130	0,970	0,120	0,000	2,060	0,060	-	180	6,31	C ₁ S ₁
99-94	Laguna	Champerico	1.4 Ocosito	0,780	1,100	1,010	0,060	0,000	1,960	0,320	-	190	8,05	C ₁ S ₁
04-325	Zanjon el Español	Champerico	1.4 Ocosito	0,629	0,309	0,249	0,053	0	0,974	0,022	-	121	7,17	C ₁ S ₁
05-217	Río Exquilla	Champerico	1.4 Ocosito	0,629	0,469	0,280	0,068	0,000	1,278	0,112	-	135	7,03	C ₁ S ₁
05-218	Río San Juan	Champerico	1.4 Ocosito	0,713	0,264	0,230	0,056	0,000	1,144	0,067	-	124	7,31	C ₁ S ₁
02-68	Riachuelo	Champerico	1.4 Ocosito	1,480	2,200	0,990	0,050	0,480	1,650	0,900	-	423	7,380	C ₂ S ₁
03-113	Embalse la Laguna	Champerico	1.4 Ocosito	0,420	0,820	1,420	0,070	0,000	0,810	1,970	-	352	6,310	C ₂ S ₁
04-89	Río El Triunfo	Champerico	1.4 Ocosito	2,074	2,674	1,357	0,158	1,188	3,042	1,160	-	625	7,000	C ₂ S ₁
04-90	Río Del Mar	Champerico	1.4 Ocosito	1,576	1,815	0,611	0,089	0,990	2,267	0,847	-	446	7,290	C ₂ S ₁
05-25	Zanjón El español	Champerico	1.4 Ocosito	1,250	1,500	1,174	0,174	N/A	N/A	N/A	Nd	352	7,30	C ₂ S ₁
05-106	Río Granada	Champerico	1.4 Ocosito	1,721	1,121	1,190	0,150	0,915	4,212	0,241	Nd	518	7,17	C ₂ S ₁
05-108	Río Jovel	Champerico	1.4 Ocosito	1,908	1,908	1,300	0,160	0,969	4,293	0,196	Nd	552	7,32	C ₂ S ₁
05-219	Río Granada	Champerico	1.4 Ocosito	0,713	0,365	0,630	1,050	0,000	2,436	0,201	Nd	273	7,10	C ₂ S ₁
97-16	Laguna 2	Champerico	1.5 Samalá	2,590	3,190	2,000	N/a	0,000	8,080	3,200	-	871	6,89	C ₂ S ₁
97-17	poza 1	Champerico	1.5 Samalá	2,090	2,570	2,600	N/a	0,000	6,790	3,950	+	920	7,30	C ₃ S ₁
97-18	poza 2	Champerico	1.5 Samalá	1,670	2,220	3,100	N/a	0,000	6,790	4,160	+	920	7,21	C ₃ S ₁
97-15	Laguna 1	Champerico	1.5 Samalá	2,640	3,500	2,850	N/a	0,000	7,350	3,410	-	1065	6,91	C ₃ S ₁
99-257	Río	El Asintal	1.4 Ocosito	0,500	0,500	0,040	0,040	0,000	1,130	0,530	-	84	6,17	C ₀ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 30 "A" Análisis químico de agua para riego de Retalhuleu y Sololá

Identificación Numero	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrografica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ²⁻	Conductividad Electrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
05-168	Río El Xab	El Asintal	1.4 Ocosito	0,335	0,263	0,200	0,043	0,000	0,646	0,067	-	93	7,82	C ₀ S ₁
05-258	Río Ixchiya	El Asintal	1.4 Ocosito	0,377	0,541	0,150	0,031	0	0,525	0,045	-	78	7,62	C ₀ S ₁
03-80	Nacimiento	Nuevo San Carlos	1.4 Ocosito	0,590	0,090	0,090	0,010	0,000	0,720	0,180	-	91	6,830	C ₀ S ₁
03-45	Río Ocosito	Nuevo San Carlos	1.4 Ocosito	0,810	0,480	0,050	0,020	0,000	0,970	0,540	-	198	8,390	C ₁ S ₁
99-289	Río	Retalhuleu	1.4 Ocosito	0,830	0,710	0,780	0,000	0,000	1,790	0,210	-	127	6,43	C ₁ S ₁
01-45	Nacimiento La Luz	Retalhuleu	1.4 Ocosito	0,870	0,680	0,430	0,050	0,510	2,230	0,640	+	203	6,80	C ₁ S ₁
02-291	Río Ocosito	Retalhuleu	1.4 Ocosito	0,360	0,410	0,190	ND	0,000	0,670	0,300	-	102	7,490	C ₁ S ₁
05-51	Río Comepán	Retalhuleu	1.4 Ocosito	0,601	1,240	0,570	0,097	0,240	0,807	3,835	Nd	224	7,24	C ₁ S ₁
97-03	Laguna	Retalhuleu	1.4 Ocosito	1,970	2,250	1,950	N/a	0,000	5,180	1,210	0,010	621	8,08	C ₂ S ₁
02-34	Río	Retalhuleu	1.4 Ocosito	1,579	1,464	0,803	0,036	0,530	2,340	0,540	-	377	7,390	C ₂ S ₁
02-35	Laguna No.1	Retalhuleu	1.4 Ocosito	1,247	3,021	1,355	0,099	0,870	2,960	0,360	-	466	8,500	C ₂ S ₁
02-36	Laguna No 2	Retalhuleu	1.4 Ocosito	1,205	4,011	1,609	0,259	1,000	4,380	4,300	-	631	7,500	C ₂ S ₁
03-178	Río Comepán	Retalhuleu	1.4 Ocosito	1,820	2,630	1,020	0,120	0,690	3,780	0,720	-	485	7,540	C ₂ S ₁
03-245	Río America	Retalhuleu	1.4 Ocosito	1,990	2,140	0,642	0,039	0,920	3,490	0,540	Nd	507	7,330	C ₂ S ₁
96-27	Río Popogua	San Andrés Villa Seca	1.5 Samalá	0,880	1,230	0,100	N/a	0,000	2,160	0,100	Nd	218	7,24	C ₁ S ₁
95-177	Laguna el Guisocoyol	San Andrés Villa Seca	1.5 Samalá	1,170	1,680	0,700	N/a	0,330	1,890	0,640	0,050	321	7,70	C ₁ S ₁
96-29	Agua de la Fabrica	San Andrés Villa Seca	1.5 Samalá	1,130	2,160	0,270	N/a	0,000	3,490	0,270	Nd	298	7,35	C ₂ S ₁
96-25	Río O'ck	San Andrés Villa Seca	1.5 Samalá	1,210	1,190	0,210	N/a	0,000	3,740	0,210	Nd	271	7,22	C ₂ S ₁
96-26	Río El Pilar	San Andrés Villa Seca	1.5 Samalá	1,250	2,360	0,490	N/a	0,000	5,010	0,490	Nd	413	5,98	C ₂ S ₁
05-169	Río Sis	San Andrés Villa Seca	1.6 Sis - Iacán	0,692	1,045	0,480	0,100	0,000	2,261	0,156	-	216	7,74	C ₁ S ₁
96-28	Río Sis	San Andrés Villa Seca	1.6 Sis - Iacán	1,460	1,550	0,170	N/a	0,000	3,880	0,170	Nd	344	6,18	C ₂ S ₁
03-201	Laguna Natural	San Andrés Villa Seca	1.6 Sis - Iacán	0,950	2,010	0,820	0,090	0,320	3,440	1,250	Nd	450	8,060	C ₂ S ₁
03-313	Río	San Andrés Villa Seca	1.6 Sis - Iacán	1,300	0,540	1,064	0,021	0,000	2,360	0,180	Nd	260	6,290	C ₂ S ₁
04-20	Río Peraz	San Andrés Villa Seca	1.6 Sis - Iacán	1,780	0,608	0,696	0,186	0,000	2,330	0,950	-	271	7,850	C ₂ S ₁
04-357	Río Cordoncillo	San Andrés Villa Seca	1.6 Sis - Iacán	1,742	1,824	0,174	0,14	0,321	2,731	0,156	Nd	414	7,15	C ₂ S ₁
05-186	Río	San Andrés Villa Seca	1.6 Sis - Iacán	1,468	2,025	1,280	0,140	0,964	3,189	0,178	-	508	7,13	C ₂ S ₁
03-220	Río S/I	Santa Cruz Mulúa	1.5 Samalá	0,820	0,360	0,273	0,022	0,000	1,760	0,360	-	164	5,900	C ₁ S ₁
04-272	Río Ocosito	San Felipe	1.4 Ocosito	0,461	0,457	0,391	0,04	0	0,803	0,134	Nd	124	7,44	C ₁ S ₁
04-271	Río Tambor	San Felipe	1.5 Samalá	0,587	1,369	0,846	0,089	0,482	1,224	0,491	+	287	7,31	C ₂ S ₁
Sololá														
99-134	Río	Sololá	1.8 Atitlán	0,210	0,290	0,120	0,070	0,000	0,240	0,300	+	165	6,92	C ₁ S ₁
02-178	Nac.el Chaparro	Sololá	1.8 Atitlán	0,370	0,300	0,150	0,050	0,643	0,643	0,357	-	161	7,02	C ₁ S ₁
04-109	Afluente del Pixabaj	Sololá	1.8 Atitlán	0,590	0,260	0,170	0,020	0,000	0,600	0,110	-	48	7,11	C ₀ S ₁
99-53	Río	Sololá	1.8 Atitlán	0,790	0,360	0,260	0,160	0,410	0,350	0,180	-	124	8,000	C ₁ S ₁
03-309	Rc. Concepción	Concepción	1.8 Atitlán	0,540	0,350	0,282	0,060	0,000	0,980	0,360	-	112	6,070	C ₁ S ₁
99-96	Río Los cartuchos	Sololá	1.8 Atitlán	0,500	0,300	0,230	0,050	0,000	0,640	0,110	-	95	6,92	C ₀ S ₁
04-247	Río	Sololá	1.8 Atitlán	0,664	0,449	0,386	0,093	0,000	0,773	0,089	-	93	6,730	C ₀ S ₁
03-106	Nacimiento	Sololá	1.8 Atitlán	0,600	0,370	0,240	0,010	0,000	1,210	0,270	-	107	8,00	C ₁ S ₁
02-129	N. Chuimanzana	San José Chacayá	1.8 Atitlán	0,370	0,250	0,250	0,060	0,000	0,321	0,178	-	51	7,090	C ₀ S ₁
04-114	Nacimiento	Sololá	1.8 Atitlán	0,249	0,216	0,122	0,023	0,000	0,890	0,180	-	95	7,120	C ₀ S ₁
96-07	Nac. Panyebar	San Juan La Laguna	1.8 Atitlán	0,540	0,500	0,010	N/a	0,000	0,250	0,180	+	99	6,200	C ₀ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 31 "A" Análisis químico de agua para riego de Suchitepéquez y San Marcos

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁼	Conductividad Electrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	Cl ⁻				
Suchitepéquez														
04-227	Río Nahualate	Chicacao	1.7 Nahualate	0,415	0,399	0,205	0,073	0,000	0,713	0,201	-	89	7,03	C ₀ S ₁
99-47	Río F. El Paraiso	Cuyotenango	1.6 Sis - Ican	1,400	1,100	0,540	0,090	0,430	2,870	0,580	-	250	6,96	C ₁ S ₁
04-21	Río Sis	Cuyotenango	1.6 Sis - Ican	0,923	0,501	0,533	0,166	0,480	1,390	0,250	+	236	8,140	C ₁ S ₁
04-276	Río Ican	Cuyotenango	1.6 Sis - Ican	0,556	0,492	0,316	0,086	0,402	0,502	0,134	-	134	7,83	C ₁ S ₁
05-139	Río Ican	Cuyotenango	1.6 Sis - Ican	0,415	0,438	0,410	0,120	0,000	1,036	0,201	-	144	7,07	C ₁ S ₁
01-84	Río Sis	Cuyotenango	1.6 Sis - Ican	1,500	1,600	0,760	0,138	1,660	2,250	0,780	-	291	7,30	C ₂ S ₁
02-112	Río S/I	Cuyotenango	1.6 Sis - Ican	3,280	1,850	1,830	0,070	0,570	2,060	4,220	-	626	6,900	C ₂ S ₁
02-113	Río S/I	Cuyotenango	1.6 Sis - Ican	2,490	1,740	0,750	0,070	0,770	1,420	1,350	-	457	7,400	C ₂ S ₁
04-157	Nacimiento	Cuyotenango	1.6 Sis - Ican	1,078	0,801	0,880	0,172	0,000	2,048	0,535	+	300	7,110	C ₂ S ₁
03-23	Río Quila	Samayac	1.6 Sis - Ican	0,490	0,490	0,230	ND	0,000	1,060	0,360	Nd	108	6,880	C ₁ S ₁
05-298	Nacimiento	Santa Barbara Suchitepequez	1.7 Nahualate	0,28	0,307	0,24	0,074	0	0,565	0,046	-	89	6,55	C ₀ S ₁
99-125	Río Los Encantos	Santo Domingo Suchitepequez	1.7 Nahualate	0,580	0,500	0,700	0,060	0,000	1,200	0,320	-	90	6,37	C ₀ S ₁
99-85	Río San Gabriel	Santo Domingo Suchitepequez	1.7 Nahualate	0,800	0,590	0,760	0,100	0,000	1,040	0,110	-	100	6,33	C ₁ S ₁
02-111	Laguneta	Santo Domingo Suchitepequez	1.7 Nahualate	2,580	2,170	1,070	0,080	2,760	2,760	1,350	-	565	7,030	C ₂ S ₁
05-100	Toma Benef- Café	San Francisco Zapotitán	1.6 Sis - Ican	0,498	0,393	0,300	0,070	0,000	0,818	0,107	Nd	127	7,07	C ₁ S ₁
05-204	Río Chitá	San Lorenzo	1.6 Sis - Ican	0,545	0,253	0,260	0,077	0	0,902	0,156	-	121	6,99	C ₁ S ₁
97-24	Nacimiento	Santo Domingo Suchitepequez	1.7 Nahualate	1,670	1,060	0,650	N/a	0,620	2,060	1,600	Nd	413	6,12	C ₂ S ₁
03-219	Río	San Pablo Jocopilas	1.6 Sis - Ican	0,690	0,260	0,157	0,028	0,000	1,340	0,180	-	123	5,610	C ₁ S ₁
05-224	Río Mazá	Santo Tomas La Unión	1.6 Sis - Ican	0,314	0,384	0,170	0,054	0,000	0,875	0,045	-	86	6,93	C ₀ S ₁
San Marcos														
99-112	Río Melendrez	Ayutla	1.2 Suchiate	0,580	0,310	0,840	0,120	0,000	1,070	0,320	-	75	6,65	C ₀ S ₁
99-113	Río Cabuz	Ayutla	1.2 Suchiate	0,540	0,340	0,650	0,100	0,000	0,670	0,220	-	100	6,27	C ₁ S ₁
05-154	Río	Ayutla	1.2 Suchiate	0,166	0,125	0,220	0,056	0,000	0,404	0,045	+	79	6,52	C ₀ S ₁
05-102	Río	Catarina	1.2 Suchiate	0,415	0,415	0,390	0,090	0,000	0,94	0,194	Nd	127	6,39	C ₁ S ₁
99-163	Río Gramal	Catarina	1.2 Suchiate	0,410	0,360	0,330	0,060	0,000	0,520	0,220	-	64	7,10	C ₀ S ₁
99-151	Río Seratil	Comitancillo	3.1 Cuilco	0,500	0,730	0,580	0,070	0,000	0,990	0,220	+	76	6,97	C ₀ S ₁
03-197	Río Vista Hermosa	Comitancillo	3.1 Cuilco	0,350	0,330	0,140	0,027	0,000	0,670	0,360	-	76	7,240	C ₀ S ₁
02-280	Río	Concepción Tutuapa	3.1 Cuilco	0,470	0,200	0,280	ND	0,000	0,700	0,360	-	81	7,350	C ₀ S ₁
02-289	Río	Concepción Tutuapa	3.1 Cuilco	0,230	0,050	0,200	ND	0,000	0,500	0,180	-	47	6,790	C ₀ S ₁
02-290	Río	Concepción Tutuapa	3.1 Cuilco	0,140	0,110	0,180	ND	0,000	0,460	0,360	-	42	6,230	C ₀ S ₁
05-155	Río	Concepción Tutuapa	3.1 Cuilco	0,705	0,516	0,460	0,15	0,000	1,48	0,223	-	179	7,57	C ₁ S ₁
03-111	Nacimiento	El Quetzal	1.3 Naranjo	0,470	0,500	0,070	0,000	0,000	0,350	0,360	-	50	6,300	C ₀ S ₁
99-279	Río	El Rodeo	1.3 Naranjo	0,311	0,115	0,300	0,070	0,000	0,283	0,241	-	77	6,79	C ₀ S ₁
05-92	Río Zarco	El Rodeo	1.3 Naranjo	0,430	0,430	0,158	0,086	0,000	0,420	0,400	-	50	5,690	C ₀ S ₁
04-27	Nacimiento	El Tumbador	1.4 Ocosito	0,250	0,680	0,350	0,030	0,000	0,110	0,210	-	37	6,24	C ₀ S ₁
04-125	Río	ixchihuan	3.1 Cuilco	0,622	0,269	0,197	0,081	0,000	0,939	0,178	-	109	6,400	C ₁ S ₁
04-23	Rc. el Jardín	ixchihuan	3.1 Cuilco	0,310	0,310	0,142	0,058	0,000	0,320	0,250	-	55	5,900	C ₀ S ₁
04-186	Q. La Piña	Malacatán	1.2 Suchiate	0,415	0,244	0,171	0,038	0,000	0,522	0,062	-	76	6,520	C ₀ S ₁
05-202	Río	Malacatán	1.2 Suchiate	0,210	0,110	0,180	0,056	0,000	0,39	0,067	-	62	7,08	C ₀ S ₁
05-88	Río	Malacatán	1.2 Suchiate	0,332	0,560	0,350	0,080	0,000	1,225	0,196	Nd	138	7,14	C ₁ S ₁
05-101	Río	Malacatán	1.2 Suchiate	0,207	0,322	0,460	0,150	0,000	0,875	0,241	Nd	105	7,00	C ₁ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 32 "A" Análisis químico de agua para riego de San Marcos

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁼	Conductividad Electrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
05-156	Río	Malacatán	1.2 Suchiate	0,419	0,379	0,410	0,085	0,000	0,861	0,089	-	134	9,35	C ₁ S ₁
03-211	Río	Nuevo Progreso	1.3 Naranjo	0,390	0,290	0,109	0,024	0,380	0,880	0,360	-	84	7,190	C ₀ S ₁
99-104	Río Naranjo	Ocos	1.3 Naranjo	0,360	0,220	0,270	0,050	0,000	0,800	0,110	-	95	7,21	C ₀ S ₁
01-163	Río Pacayá	Ocos	1.3 Naranjo	0,620	0,250	0,800	0,080	0,000	0,570	84,000	++	69	7,10	C ₀ S ₁
05-91	Río	Ocos	1.3 Naranjo	0,207	0,219	0,240	0,070	0,000	0,125	0,152	Nd	63	7,39	C ₀ S ₁
04-204	Río Naranjo	Ocos	1.3 Naranjo	0,344	0,187	0,265	0,065	0	0,723	0,178	-	94	6,62	C ₀ S ₁
05-157	Embalse	Ocos	1.3 Naranjo	0,252	0,227	0,190	0,074	0,000	0,404	0,045	-	64	7,78	C ₀ S ₁
99-02	Río	Ocos	1.3 Naranjo	1,120	1,570	1,710	N/A	0,000	2,550	0,210	-	190	6,86	C ₁ S ₁
04-7	Río	Ocos	1.3 Naranjo	0,404	0,312	0,342	0,110	0,000	1,070	0,250	-	119	7,550	C ₁ S ₁
05-74	Canal de La Blanca	Ocos	1.3 Naranjo	0,415	0,515	0,390	0,089	0,000	1,171	0,129	Nd	141	6,68	C ₁ S ₁
05-75	Embalse	Ocos	1.3 Naranjo	0,538	0,560	0,390	0,089	0,000	1,440	0,174	Nd	144	6,75	C ₁ S ₁
05-89	Río	Ocos	1.3 Naranjo	0,489	0,374	0,370	0,090	0,000	1,171	0,58	Nd	140	7,23	C ₁ S ₁
01-164	Río Pacayá	Ocos	1.3 Naranjo	1,500	1,750	1,090	0,600	0,340	3,600	0,930	++	416	7,00	C ₂ S ₁
02-97	Río Pacayá	Ocos	1.3 Naranjo	3,410	3,310	3,000	0,470	0,500	16,740	17,960	+	2160	7,210	C ₃ S ₁
97-28	Río	Ocos	1.3 Naranjo	1,920	3,220	18,020	N/a	0,000	0,900	19,890	2,100	3000	7,11	C ₄ S ₃
04-102	Río Salitre	Sipacapa	3.1 Cuilco	0,498	0,801	0,492	0,100	0,000	0,763	0,178	-	159	5,920	C ₁ S ₁
04-123	Río	Sipacapa	3.1 Cuilco	0,207	0,180	0,030	0,036	0,803	1,335	0,379	-	35	7,370	C ₀ S ₁
01-99	Nac. San Antonio	San Antonio Sacatepequez	1.3 Naranjo	0,750	0,530	0,330	0,090	0,000	1,220	0,520	-	121	7,90	C ₁ S ₁
02-21	N.Los Tres Chorros	San Antonio Sacatepequez	1.3 Naranjo	0,665	0,402	0,361	0,030	0,000	0,690	0,180	-	113	7,940	C ₁ S ₁
02-31	Riachuelo	San Antonio Sacatepequez	1.3 Naranjo	0,623	0,720	0,272	0,026	0,000	0,740	0,360	-	128	7,610	C ₁ S ₁
02-293	nacimiento	San Antonio Sacatepequez	1.3 Naranjo	0,530	0,300	0,290	ND	0,000	0,960	0,120	-	114	6,980	C ₁ S ₁
03-107	Río	San Antonio Sacatepequez	1.3 Naranjo	0,680	0,490	0,240	0,030	0,500	1,100	0,180	-	119	7,640	C ₁ S ₁
03-193	Riachuelo Guativil	San Antonio Sacatepequez	1.3 Naranjo	1,130	0,520	0,180	0,035	0,000	1,270	0,900	-	208	6,890	C ₁ S ₁
03-286	Nac. El Cutiambre	San Antonio Sacatepequez	1.3 Naranjo	0,690	0,430	0,403	0,117	0,000	1,800	0,360	-	167	6,280	C ₁ S ₁
04-268	Nac. De los Molinos	San Antonio Sacatepequez	1.3 Naranjo	0,524	0,434	0,326	0,089	0,361	0,743	0,134	-	123	6,72	C ₁ S ₁
02-65	Riachuelo	San Cristobal Cucho	1.3 Naranjo	0,500	0,530	0,240	0,050	0,000	0,540	0,180	-	102	7,020	C ₁ S ₁
04-126	Río	San José Ojetenan	3.1 Cuilco	0,539	0,313	0,139	0,039	0,000	0,803	0,089	-	100	6,700	C ₁ S ₁
02-20	Riachuelo Bolol	San Lorenzo	1.3 Naranjo	0,499	0,331	0,171	0,023	0,000	0,318	0,360	-	75	7,450	C ₀ S ₁
04-187	Nacimiento	San Marcos	3.1 Cuilco	0,207	0,219	0,080	0,023	0,000	0,181	0,107	-	44	6,790	C ₀ S ₁
04-249	Nacimiento	San Marcos	3.1 Cuilco	0,29	0,252	0,294	0,06	0	0,693	0,067	-	75	6,49	C ₀ S ₁
04-215	Río Palatza	San Marcos	3.1 Cuilco	0,373	0,596	0,467	0,12	0	1,451	0,223	-	140	6,56	C ₁ S ₁
02-9	Río Palatzi	San Marcos	3.1 Cuilco	0,707	0,587	0,184	0,040	0,000	0,670	0,180	-	122	7,600	C ₁ S ₁
03-198	Nacimiento	San Marcos	3.1 Cuilco	0,780	0,700	0,210	0,040	0,000	1,300	0,540	-	171	7,000	C ₁ S ₁
02-122	Nacimiento	San Pablo	1.2 Suchiate	0,830	0,510	0,520	0,080	0,570	0,570	0,180	+	203	6,220	C ₁ S ₁
01-111	Río Ixlamá	San Pablo	1.2 Suchiate	0,500	0,370	0,480	0,080	0,000	0,780	0,780	-	143	7,70	C ₁ S ₁
02-121	Río Afluente Cabuz	San Pablo	1.2 Suchiate	0,750	0,710	0,230	0,040	0,650	0,650	0,360	-	147	6,050	C ₁ S ₁
05-90	Nacimiento	San Pedro Sacatepequez	1.2 Suchiate	0,560	0,351	0,610	0,140	0,000	1,847	0,116	Nd	165	7,05	C ₁ S ₁
04-359	Nacimiento	San Pedro Sacatepequez	1.2 Suchiate	0,912	1,064	0,431	0,077	0	0,602	0,156	-	226	6,87	C ₁ S ₁
99-114	Riachuelo Suj	San Pedro Sacatepequez	1.2 Suchiate	0,620	0,650	0,780	0,100	0,000	1,340	6,430	-	130	7,91	C ₁ S ₁
99-133	Río Fuente de Vida	San Pedro Sacatepequez	1.2 Suchiate	0,500	0,230	0,720	0,070	0,960	0,260	0,220	+	61	6,33	C ₀ S ₁
02-6	Nacimiento	San Pedro Sacatepequez	1.2 Suchiate	0,623	0,749	0,280	0,017	0,000	0,970	0,180	-	147	6,100	C ₁ S ₁
02-73	Nacimiento	San Pedro Sacatepequez	1.2 Suchiate	0,420	0,340	0,200	0,030	0,000	0,510	0,360	-	118	7,050	C ₁ S ₁
02-96	Río Pacayá	Ocos	1.3 Naranjo	5,820	10,980	50,330	2,040	10,040	10,040	107,760	+++	7891	7,220	C ₄ S ₄
05-231	Río Palatza	San Pedro Sacatepequez	1.2 Suchiate	0,671	0,527	0,300	0,140	0,000	0,875	0,045	-	128	4,70	C ₁ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR

Cuadro 33 "A" Análisis químico de agua para riego de San Marcos y Totonicapán

Identificación Número	Fuente	Municipio	Cuenca Hidrográfica	Cationes en meq/l				Aniones en meq/l			Cualit. SO ₄ ⁼	Conductividad Electrica µS/Cm	pH Unidades	Clase de agua según USDA
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻				
04-185	Río carrizal	San Rafael Pie de La Cuesta	1.2 Suchiate	0,415	0,128	0,170	0,040	0,000	0,582	0,241	-	76	6,360	C ₀ S ₁
96-05	Río Esquichá	Tacaná	3.1 Cuilco	0,670	0,370	0,100	N/a	0,000	0,650	0,470	0,000	77	7,52	C ₀ S ₁
96-04	Río Esquichá	Tacaná	3.1 Cuilco	0,580	0,900	0,100	N/a	0,000	0,600	0,860	0,000	77	7,80	C ₀ S ₁
04-222	Nacimiento	Tacaná	3.1 Cuilco	0,518	0,295	0,272	0,025	0	0,452	0,022	-	113	5,75	C ₁ S ₁
04-223	Nacimiento	Tacaná	3.1 Cuilco	0,518	0,257	0,277	0,024	0	0,392	0,067	-	112	5,99	C ₁ S ₁
03-222	Nacimiento	Tajumulco	1.2 Suchiate	0,390	0,120	0,170	0,020	0,000	0,730	0,360	-	88	5,480	C ₀ S ₁
96-20	Río Esquipulas	Tejutla	3.1 Cuilco	0,370	0,900	0,100	N/a	0,000	0,600	0,170	0,000	77	7,06	C ₀ S ₁
96-38	Río Esquipulas	Tejutla	3.1 Cuilco	0,460	0,260	0,500	N/a	0,000	0,790	0,110	Nd	77	7,18	C ₀ S ₁
99-168	Río San Sebastián	Tejutla	3.1 Cuilco	0,910	0,360	0,420	0,080	0,000	0,880	0,280	-	83	7,17	C ₀ S ₁
02-74	Riachuelo	Tejutla	3.1 Cuilco	0,370	0,420	0,120	0,020	0,000	0,360	0,540	-	84	6,930	C ₀ S ₁
02-268	Nacim	Tejutla	3.1 Cuilco	0,070	0,030	0,170	ND	0,000	0,330	0,180	-	28	6,720	C ₀ S ₁
04-124	Río	Tejutla	3.1 Cuilco	0,249	0,274	0,166	0,099	0,000	0,632	0,223	-	76	7,150	C ₀ S ₁
96-21	Río Esquipulas	Tejutla	3.1 Cuilco	0,450	0,510	0,100	N/a	0,000	0,670	0,170	0,000	102	7,08	C ₁ S ₁
96-37	Río Esquipulas	Tejutla	3.1 Cuilco	0,540	0,390	0,480	N/a	0,000	0,790	0,060	Nd	158	7,05	C ₁ S ₁
99-170	Nacimiento chicá	Tejutla	3.1 Cuilco	1,740	0,490	0,430	0,080	0,000	1,240	0,380	-	139	6,70	C ₁ S ₁
99-171	Nac. Suelo Verde	Tejutla	3.1 Cuilco	1,160	0,490	0,480	0,060	0,000	1,500	0,280	-	116	6,90	C ₁ S ₁
Totonicapán														
99-186	Río Pocop	Momostenango	3.7 Salinas	0,290	0,480	0,450	0,100	0,000	0,510	0,110	-	72	6,95	C ₀ S ₁
01-67	Riachuelo	Momostenango	1.5 Samalá	0,120	0,140	0,270	0,040	0,000	0,600	0,520	-	80	7,30	C ₀ S ₁
02-137	rebalse	Momostenango	1.5 Samalá	0,580	0,210	0,450	0,090	0,000	0,540	0,180	-	90	7,020	C ₀ S ₁
02-136	Riachuelo	Momostenango	1.5 Samalá	0,620	0,210	0,380	0,090	0,000	0,570	0,360	+	102	7,380	C ₁ S ₁
04-252	Río Pocol	Momostenango	1.5 Samalá	0,518	0,218	0,482	0,114	0,482	0,291	0,022	-	119	6,96	C ₁ S ₁
02-118	Riachuelo	San Bartolo	3.7 Salinas	0,660	0,240	0,000	0,010	0,370	0,370	0,450	-	97	7,330	C ₀ S ₁
02-30	Riachuelo	San Cristobal Totonicapán	1.5 Samalá	0,997	0,504	0,505	0,056	0,000	1,210	0,540	-	216	7,500	C ₁ S ₁
97-37	Nacimiento	Santa María Chiquimula	3.7 Salinas	0,420	0,090	0,000	N/a	0,000	0,030	0,000	-	30	7,29	C ₀ S ₁
01-106	nacimiento	Santa María Chiquimula	3.7 Salinas	0,500	0,160	0,230	0,050	0,000	0,670	0,650	-	53	8,30	C ₀ S ₁
03-243	Río	Santa Lucía La Reforma	3.7 Salinas	0,220	0,290	0,331	0,086	0,000	0,400	0,540	-	90	7,200	C ₀ S ₁
03-183	Nacimiento	Totonicapán	3.7 Salinas	0,950	0,360	0,200	0,050	0,000	1,440	0,540	-	183	6,560	C ₁ S ₁
03-184	Nacimiento	Totonicapán	3.7 Salinas	0,870	0,400	0,210	0,060	0,000	1,270	0,360	-	187	6,750	C ₁ S ₁

Fuente: Archivo de laboratorio de agua MAGA- PLAMAR



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES
-IIA-



REFIIA03/09

TITULO DEL DOCUMENTO: "ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL PARA RIEGO EN GUATEMALA"

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: LEONARDO CONTRERAS RALDA

CARNÉ: 7801139

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 Ing. Agr. Joaquín Antonio Gaitán Aja

Los asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, enmarcado en el "PROGRAMA EXTRAORDINARIO PARA LA REALIZACIÓN DE TESIS DE GRADO PARA LA CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO", Aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Agronomía, según el Punto Cuarto del Acta No. 43-98 de sesión celebrada el 17 de septiembre de 1,998.

Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 ASESOR

Ing. Agr. Joaquín Antonio Gaitán Aja
 ASESOR

MSc. Amílcar Sánchez Pérez
 DIRECTOR IIA.



IMPRIMASE

MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
 DECANO



Cc:control Académico
 Archivo
 ... PattyR.