

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a saint, likely St. Charles, seated on a throne and holding a book. Above the figure is a golden crown. The seal is surrounded by a blue border with Latin text: "CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA" at the top and "SACRIS LITTERAS COACTIVALENSIS INTER" at the bottom. The background of the seal is light blue with a subtle pattern.

**EXPERIENCIA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA DE ORIGEN  
SUBTERRÁNEO PARA EL USO AGRÍCOLA Y CONSUMO HUMANO CON  
FINES DE MANEJO, EN EL INSTITUTO ADOLFO V. HALL, JALAPA**

**FREDY DE JESÚS CALDERÓN GARCÍA**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2007**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“EXPERIENCIA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA DE ORIGEN  
SUBTERRÁNEO PARA EL USO AGRÍCOLA Y CONSUMO HUMANO CON  
FINES DE MANEJO, EN EL INSTITUTO ADOLFO V. HALL, JALAPA”.**

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

**FREDY DE JESÚS CALDERÓN GARCÍA**

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

**LICENCIADO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2007

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RECTOR**

**LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

DECANO	Ing. Agr. Francisco Javier Vasquez Vasquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	Ing. Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL CUARTO	Br. Mirna Regina Valiente
VOCAL QUINTO	Br. Nery Boanerges Guzmán Aquino
SECRETARIO	Ing. Agr. Edwin Enrique Cano Morales

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2007.

Guatemala, noviembre de 2007.

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

Honorables 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 su consideración, el trabajo de Graduación:

**“EXPERIENCIA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA DE ORIGEN SUBTERRÁNEO PARA EL USO AGRÍCOLA Y CONSUMO HUMANO CON FINES DE MANEJO, EN EL INSTITUTO ADOLFO V. HALL, JALAPA”.**

Presentándolo como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

**FREDY DE JESÚS CALDERÓN GARCÍA**

## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

**DIOS:** DIVINO CREADOR

**MIS PADRES:** MAURICIO LISANDRO CALDERON FLORES (QEPD)  
LUCILA ESPERANZA GARCIA YANEZ

**MIS HERMANOS:**

GLADIZ ALDINA, MAURICIO FEDERICO, BRAULA EUGENIA.

**MI ESPOSA:** LESBIA JEANETH CRUZ

**MIS HIJOS:** JOSE CASTILLO, LUCILA FERNANDA Y FREDY LIZANDRO.

**MIS SOBRINOS:** STIVEN, PABLO, RENE, CHRISTOPHER, ANDREW Y DAVID.

**MIS SUEGROS:** JUAN ALBERTO CRUZ Y RAQUEL VIRULA

ALBERTO MORALES

**TESIS QUE DEDICO**

AL INSTITUTO ADOLFO V. HALL, JALAPA.

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA.

A LOS OFICIALES SUPERIORES Y SUB-ALTERNOS, CLAUSTRO DE CATEDRÁTICOS,  
PERSONAL DE ESPECIALISTAS, SEÑORITAS Y CABALLEROS ALUMNOS Y PERSONAL  
DE TROPA.

	Pag.
<b>Indice</b>	i
<b>Indice de Cuadros</b>	iii
<b>1. Introducción</b>	1
<b>2. Definición del Problema</b>	2
<b>3. Justificación</b>	4
<b>4. Marco Referencial</b>	
4.1. Ubicación Geográfica del Lugar	5
4.1.1. Ubicación	5
4.1.2. Superficie	5
4.1.3. Vías de Acceso	5
4.1.3.1 Por la Carretera CA-9 o Carretera al Atlántico	5
4.1.3.2 Por la Carretera Interamericana CA-19	6
4.1.3.3 Por la Ruta Nacional 18	6
4.2. Aspectos Biofísicos	6
4.2.1 Suelo	6
4.2.2 Clasificación de la Serie de Suelos	6
<b>5. Marco Conceptual</b>	7
<b>5.1 Marco Teórico</b>	7
5.1.1. Recomendaciones en el uso de ácidos	11
5.1.2. Sales solubles y su expresión	12
5.1.3. Conductividad eléctrica	12
5.1.4. Relación de absorción de sodio (RAS)	13
5.1.5. Nutrientes y elementos tóxicos	14
5.1.6. Síntomas	15
5.1.7. Dimensión del total de las sales minerales disueltas	16
5.1.8. Sólidos en suspensión y materia orgánica	16
5.1.9. Tipos de Cationes	17
5.1.10 Dureza de las aguas en las regiones semiáridas	18
5.1.11. El contenido de bicarbonatos	18
5.1.12. Otras Características	18
5.1.13. El agua y los herbicidas	19
5.1.14. Valores de las características que definen la calidad del agua potable para consumo humano.	21
5.1.14.1. Definiciones	21
5.1.14.2. Características y especificaciones física y químicas	23
<b>6. Objetivos</b>	31
<b>7. Metodología</b>	32
<b>8. Discusión de resultados</b>	33
8.1 Agua de riego para uso agrícola	33
8.2 La conductividad eléctrica	34

8.3	La relación de absorción de sodio	34
8.4	La dureza del agua analizada	34
8.5	Contenido mineralógico	35
8.6	Análisis de agua para consumo humano	35
<b>9.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>36</b>
9.1	Para uso agrícola	36
9.2	El agua subterránea para el consumo humano, que según las normas guatemaltecas obligatoria de agua potable específica	37
<b>10.</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>39</b>
<b>11.</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>40</b>
<b>12.</b>	<b>Anexos</b>	<b>42</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b>	Sales más comunes en el agua de riego	9
<b>Cuadro 2</b>	Clasificación de las aguas según su dureza	9
<b>Cuadro 3</b>	Cantidad de ácido que se debe aplicar para corregir 1 meq de alcalinidad	11
<b>Cuadro 4</b>	Guía para la interpretación de la calidad de agua para fertirriego	14
<b>Cuadro 5</b>	Características sensoriales. Límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP) que debe tener el agua potable.	23
<b>Cuadro 6</b>	Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles.	24
<b>Cuadro 7</b>	Relación de las sustancias inorgánicas con significado para la salud, con sus respectivos límites máximos permisibles.	25
<b>Cuadro 8</b>	Límites máximos permisibles de las sustancias biocida.	26
<b>Cuadro 9</b>	Sustancias no deseadas. Límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP).	28
<b>Cuadro 10</b>	Substancias orgánicas con significado para la salud y su límite máximo permisible (LMP).	28
<b>Cuadro 11</b>	Frecuencias mínimas de la toma de muestra y análisis del agua para consumo humano en sistemas de distribución.	29
<b>Cuadro 12</b>	Promedio de temperatura y límites recomendados para la concentración de fluoruro.	30

## INDICE DE CUADROS DE ANEXO

<b>Cuadro 1</b>	Informe de análisis de agua para riego	42
<b>Cuadro 2</b>	Informe de análisis de agua potable	43
<b>Cuadro 3</b>	Productos y su pH adecuado para los ingredientes activos.	44
<b>Cuadro 4</b>	Fungicidas	44
<b>Cuadro 5</b>	Herbicidas	45
<b>Cuadro 6</b>	Reguladores de crecimiento/otros	45

## 1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Adolfo V. Hall, de Jalapa, para abastecerse de agua hace uso del aprovechamiento de aguas subterráneas por medio de un pozo mecánico, que la utilizan para la preparación de alimentos, aseo personal, para beber y para el uso agrícola y pecuario.

En cuanto a las prácticas de campo cuenta con 2 áreas productivas: El cultivo de hortalizas, principalmente: tomate (*licopersum esculentum*), güicoy (*Cucúrbita sp*), pepino (*cucumis sativus*). Además se manejan otros cultivos de fresa (*fragaria st*), limón (*citrus especie, var. Persa*) y a la producción pecuaria donde se dedica al manejo de las especies menores, pollo de engorde (raza Hy line), conejos (*orictolagus sp.*), cerdos (*sus sp.*), de la raza Landrase, producción de pez (*oreochromis sp*). También el manejo de especies mayores: crianza de vacas lecheras, raza Jersey. En ambas áreas donde se produce es para consumo interno y de enseñanza a los estudiantes de la carrera de Perito Agrónomo.

La extensión total donde se llevan a cabo estas actividades es de 12 manzanas, de las cuales en su mayoría corresponde a terreno plano con pendientes de 0 a 1%, suelos semipesados con potencial agrícola y forestal. Posee un poco de vegetación principalmente de las especies de eucalipto (*eucaliptos sp.*) y casuarina (*casuarina sp.*) y *Ficus sp.* En el presente estudio el principal factor es el recurso hídrico, como elemento esencial, se analizará en un laboratorio para que los resultados tengan aplicabilidad inmediata en la realidad agrícola del país, así mismo proveer de información específica para el lugar de estudio. Por lo que se darán

conclusiones y recomendaciones para el uso del agua subterránea en al aplicación de plaguicidas, consumo humano e irrigación, según sean sus características.

## **2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El uso de agua subterránea para fines agrícolas y de consumo humano se ha incrementado, debido a las necesidades sociales y económicas. Los países abren fronteras en la producción de alimento, como también una demanda del líquido, debido al crecimiento demográfico.

En este caso nos ocupamos del estudio del tratamiento del agua de origen subterráneo para el uso agrícola y de consumo humano para fines de manejo en el Instituto Adolfo V. Hall de Jalapa, para conocer los componentes minerales, conductividad eléctrica, dureza, relación de absorción de sodio y contenido de microorganismos.

En ambos análisis, se determinó la calidad del agua para fines agrícolas, principalmente para riego, aplicación de plaguicidas y el consumo humano. En ambos casos, que se plantean es por que en el Instituto Adolfo V. Hall se brinda el servicio de la carrera de Perito Agrónomo, donde los estudiantes pueden hospedarse, por lo que el agua que se utiliza en este centro de estudios es de origen subterráneo.

El presente trabajo es importante para conocer la calidad del agua subterránea que utiliza el instituto para todas sus necesidades personales y para la producción agrícola.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

A nivel general no se cuenta con información amplia sobre las características químicas y microbiológicas del agua subterránea en determinadas zonas donde este recurso es importante para la producción agrícola y consumo humano. En este caso nos ocuparemos del análisis para el tratamiento del agua subterránea para uso agrícola y de consumo humano con fines de manejo en el Instituto Adolfo V. Hall de Jalapa.

Por lo que al obtener los resultados de este trabajo, este centro de estudios tendrá una base para iniciar proyectos agrícolas, así podrá mejorar la producción principalmente hortícola y la calidad de agua para el consumo.

## **4. MARCO REFERENCIAL**

### **4.1. Ubicación Geográfica del Lugar**

**4.1.1. Ubicación:** El Instituto Adolfo V. Hall está situado en la aldea Llano Grande del departamento de Jalapa, a 2.5 Km. De la cabecera departamental por la carretera Nacional que conduce al departamento de Jutiapa ubicado a una altura sobre el nivel del mar de 1,361.98 mts.

La región donde se encuentra el instituto se caracteriza por pertenecer a la zona de vida Bosque Húmedo Sub-tropical (templado), se representa por las letras bh-s con una precipitación pluvial promedio de 1,200 mm al año, con temperaturas promedio de 16° C y una humedad relativa de 82% con sus estaciones definidas.

Los suelos en su mayor parte son de topografía plana, casi nada erosionado por el viento y el agua, sus pendientes van de 0 a 1%.

**4.1.2. Superficie:** El Instituto Adolfo V. Hall de Jalapa, tiene una superficie de 12 manzanas.

**4.1.3. Vías de Acceso:** Existen 3 vías de acceso por la capital al lugar de estudio:

**4.1.3.1.** Por la carretera CA-9 o Carretera al Atlántico desviándose en jurisdicción de Guastatoya, cabecera del departamento de El Progreso hacia la ruta Nacional 19

pasando por las cabeceras municipales de Sanarate y Sansare, a una distancia de 117 km.

**4.1.3.2.** Por la carretera Interamericana ruta CA-19, desviándose en jurisdicción de Jutiapa, por la ruta Nacional pasando por el municipio de El Progreso (Jutiapa) y Monjas (Jalapa), a una distancia de 172 kms.

**4.1.3.3.** Por la ruta Nacional 18 de Guatemala al municipio de Mataquescuintla (Jalapa), con una distancia de 132 Kms.

## **4.2. Aspectos Biofísicos**

**4.2.1 Suelo:** los suelos del Instituto Adolfo V. Hall de Jalapa corresponden a suelos poco profundos, sobre materiales de color claro, pertenecen al grupo de suelos sobre Materiales Volcánicos, Simmons, 1959 (13).

**4.2.2 Clasificación de la Serie de Suelos:** El Instituto Adolfo V. Hall de Jalapa se encuentra ubicado en Suelos Jalapa, los cuales poseen las siguientes características: subgrupo C Suelos pocos profundos, materiales de color claro, ocupan relieves escarpados, ninguno recomendable para cultivos limpios, usado solamente para pastos y bosques. Simmons, 1959 (13).

## **5. MARCO CONCEPTUAL**

### **5.1 Marco Teórico**

El agua subterránea es el agua que se encuentra bajo la superficie terrestre entre los poros de partículas sedimentarias y en las fisuras de las rocas más sólidas, puede encontrarse más profunda y permanecer oculta durante miles y millones de años. No obstante, la mayor parte de los yacimientos están a poca profundidad y desempeñan un papel discreto pero constante dentro del ciclo hidrológico.

A nivel global, el agua subterránea se presenta cerca de un 20% de agua dulce, que a su vez constituye el 3% del total, el 80% restante está formado por aguas superficiales, un 79% es hielo y el 1% representa el agua presente en ríos, lagos y arroyos.

El agua subterránea es esencial para la civilización, por que es la mayor reserva de agua potable, puede aparecer en la superficie en formas de manantiales o puede ser extraída mediante pozos.

En tiempos de sequía puede servir para mantener el flujo de agua superficial e incluso cuando no hay escasez de agua subterránea es preferible por que no tiende a estar contaminada por residuos o microorganismos (4).

El agua es el recurso que con mayor frecuencia se utiliza en el manejo de cultivos bajo riego, con estas se aplican los fertilizantes, así como también plaguicidas.

El agua que se emplea para riego se debe analizar cada vez que se establezca una fuente nueva tanto durante el invierno como en época seca, y debe seguir un programa de monitoreo de la solución de fertirriego (1).

En regiones húmedas, la gran cantidad de lluvia que se recibe hace que el agua se filtre a través del suelo y arrastra fuera de la zona radicular de los cultivos grandes cantidades de minerales solubles. La lluvia contiene pocas sales. Sin embargo, una precipitación pluvial anual de 250 mm, puede depositar de 50-1250 Kg./Ha de sal, dependiendo de la distancia del mar y de la dirección del viento (11).

A diferencia del agua superficial para riego, la que se extrae del subsuelo presenta ciertas características que no siempre son deseables, dependiendo de los substratos que atravesase cuando sal de la superficie. Muchos productores que utilizan el riego en sus plantaciones afrontan problemas debido a la mala calidad de agua (2).

Cuando el agua está en contacto con rocas o suelo, se disuelven las sales solubles. En regiones áridas bajo riego el suelo de agua conteniendo sales disueltas representa un alto riesgo de convertir el suelo productivo en un suelo estéril. La sal se acumula en los suelos regados cuando se le añade más de la que eliminan. Las aguas de riego contienen de 0.25 a 12.5 toneladas de sal por un volumen de agua de basa a una Ha. y 30 cms. de espesor, es común usar láminas de riego de 60 cms. en un ciclo de cultivo y obtener 3 ciclos de cultivo al año en una zona de riego, por lo que estarían agregando grandes cantidades de sal al suelo anualmente, lo

cual en un mediano o largo plazo puede volver el suelo improductivo si no se toman las medidas adecuadas tales como el drenaje agrícola para remover o lavar el exceso de sales de la zona radicular (11).

**Cuadro No. 1 Sales más comunes en el agua de riego.**

Nombre	Fórmula	Peso Equivalente
Cloruro de calcio	CaCl <sub>2</sub>	53.50
Sulfato de calcio	CaSO <sub>4</sub>	68.07
Yeso	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	86.09
Carbonato de calcio	CaCO <sub>3</sub>	50.04
Cloruro de magnesio	MgCl <sub>2</sub>	47.62
Sulfato de magnesio	MgSO <sub>4</sub>	60.19
Carbonato de magnesio	MgCO <sub>3</sub>	42.06
Cloruro de sodio	NaCl	58.45
Sulfato de sodio	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	71.03
Carbonato de sodio	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	53.00
Bicarbonato de sodio	NaHCO <sub>3</sub>	84.01
Cloruro de potasio	KCl	74.56
Sulfato de potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	87.13
Carbonato de potasio	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	69.10
Bicarbonato de potasio	KHCO <sub>3</sub>	100.11

Fuente: Sandoval Illescas

**Cuadro No. 2 Clasificación de las aguas según su dureza:**

De la revista agricultura, clasificación del agua, dependiendo de la concentración de calcio y magnesio

CONCENTRACIÓN	CARACTERÍSTICA
0 - 70 ppm	Muy blanda
70 - 150 ppm	Blandas
150 – 210 ppm	Semi blanda
210 – 310 ppm	Muy dura
310 – 540 ppm	Dura
Mas de 540 ppm	Extremadamente dura.

Fuente: Revista agricultura año II No. 16

La calidad del agua de riego depende, en parte de la concentración de sus distintos componentes. Según su composición química puede ser: dura, amargas, saladas, alcalinas, corrosivas o tóxicas. Cuando se dice que esta dura significa que tiene altas concentraciones de calcio y magnesio. Originalmente la dureza era para precipitar el jabón, ente todo por la presencia de iones de calcio y magnesio y se expresa en mg/litro o en parte por millón.

El agua dura cuando se aplica con fertilizantes en el riego, hace que estos precipiten y la solución para ablandarla es aplicarle ácidos nítricos y fosfóricos (1).

De la revista agricultura, la dureza es la medida de concentración de Ca y Mg (igual que la alcalinidad), causa los siguientes problemas:

1. Existe un desbalance entre Ca y Mg (el exceso de uno puede genera la deficiencia del otro en la planta)
2. Presenta residuos de sales en el follaje.
3. Formación de sarro en las tuberías del sistema de riego.
4. Reduce la efectividad de agentes dispersantes.

La alcalinidad es una medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos y subir el pH del medio donde se aplica.

También se puede definir como una medida de la cantidad de carbonato y bicarbonato presente en el agua y se expresa en  $\text{CaCO}_3/\text{lt}$ . Es importante comprender que aplicar agua alcalina es prácticamente igual que agregar cal agrícola al suelo.

Hay tres situaciones que dictan el nivel superior crítico de alcalinidad:

1. Duración del ciclo del cultivo.
2. Relación planta-substrato
3. Tolerancia del cultivo (1).

El uso frecuente de agua alcalina eleva el pH del medio donde se aplica, y si el medio alcalino es su pH mayor de 7. Se produce la disponibilidad de micro nutriente (Boro, cobre, hierro, manganeso y zinc). Este problema se puede resolver si se inyectan ácidos al sistema de riego (1).

### 5.1.1 RECOMENDACIONES EN EL USO DE ÁCIDOS

Cuando se aplican ácidos para corregir alcalinidad, se recomienda:

1. Buscar la cantidad para bajar esta y no el pH.
2. Nunca debe de adicionar el agua al ácido, se podría correr el riesgo de quemaduras.
3. Siempre hay que aplicar el ácido al agua. Se debe agregar antes de los fertilizantes y no hay que mezclar la concentración, mida el pH y la alcalinidad al final.
4. Emplee sistema resistente a la corrosión (1).

### **Cuadro No. 3 Cantidad de ácido que se debe aplicar para corregir 1 meq de alcalinidad:**

AC. Nítrico (67%) meq\*\* x 0.05 ml/lt.

AC Fosfórico (75%) meq x 0.06 ml/lt.

AC. Sulfúrico (96%) meq x 0.03 ml/lt

1 meq = 500 ppm

\*\* Cálculos estimados para bajar el pH a 5.8

Fuente: Nelson, Paúl, 1998

### **5.1.2 SALES SOLUBLES Y SU EXPRESIÓN**

El contenido de sales de la solución del suelo y del agua de riego se expresa generalmente de una de las tres maneras:

1. Partes por millón (ppm)
2. Mili equivalentes por litro (meq/lit)
3. conductividad eléctrica que se expresa en mmhos por centímetro (mmhos/cm).

### **5.1.3 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

Es una medida indirecta del contenido de sales disueltas en el agua, y es muy utilizada debido a que las determinaciones se pueden hacer rápidamente y con precisión (13).

De la revista Agricultura Año II No. 16, dice que una alta C.E. impide el flujo de agua hacia las raíces y disminuye la absorción de nutrientes así como la del agua. El efecto de estos problemas se observan en plantas que empiezan a marchitarse (durante el período más caluroso del día) a pesar que existe humedad en el suelo, por otro lado se reduce el crecimiento, las raíces mueren, algunas plantas manifiestan necrosis (1).

También es importante que un alto contenido de sales en el agua de riego induce a antagonismo en la absorción de nutrientes (Na, Ca, Mg, K, NH<sub>4</sub> y PO<sub>4</sub>) ocasionando deficiencias, aparte causa toxicidad por iones individuales Na, Cl, B y Fe (1).

#### 5.1.4 RELACIÓN DE ABSORCIÓN DE SODIO (RAS)

El RAS expresa la concentración relativa de Na con respecto al Ca y Mg, y se ilustra así:

$$RAS = \frac{Na^{++}}{(Ca^{++} + Mg/2)^2}$$

Dónde Na, Ca y Mg se expresa en meq/lt.

Esta relación representa la actividad de los iones solubles de sodio en la reacción de intercambio catiónico con el suelo. El peligro de la sodificación que conlleva el uso de agua de riego, queda determinado por la concentración absoluta y relativa de los cationes. Si la proporción de sodio es alta será mayor el peligro de sodificación y al contrario, si predomina el Ca y Mg, el peligro es menor (11).

De la revista Agricultura, año II No. 16, dice que los problemas que se presentan cuando este parámetro sale de los rangos adecuados son los siguientes:

1. Se concentra un nivel alto de Na que afecta la estructura del suelo.
2. Disminuye la absorción de Ca, Mg, K y NH<sub>4</sub>, promoviendo deficiencias en plantas.
3. Reduce la infiltración de agua y aire.
4. Desciende la penetración de agua y fertilizantes al suelo (1).

**Cuadro No. 4: Guía para la interpretación de la calidad de agua para fertirriego.**

**CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA:**

Pilones .....menor de 0.75 ds/m  
Cultivos en general .....menor de 1.50 ds/m

**Alcalinidad:**

Nivel de precaución .....75ppm CaCO<sub>3</sub>  
Perjudicial.....150ppm CaCO<sub>3</sub>

**RAS:**

Pilones .....menor de 2  
Cultivos en general .....menor de 4

**Dureza:**

Cuido del balance de Ca: Mg  
(3-5 ppm Ca: 1 ppm Mg) = mayor de 150ppm de CaCO<sub>3</sub>

**Iones Específicos:**

Sodio .....menor de 50ppm  
Cloro.....menor de 70ppm  
Cloro residual .....menor 2ppm  
Boro.....menor de 0.5ppm  
Hierro .....4ppm  
Manganeso .....1 ppm  
Zinc .....0.3ppm  
Cobre.....0.2ppm  
Fluoruro.....0.5ppm

Fuente: Revista Agricultura Año II No. 16.

**5.1.5 NUTRIENTES Y ELEMENTOS TÓXICOS**

La cantidad de nutrientes en el agua de riego es un parámetro que es importante conocer para no aplicarlos en exceso, es decir, que se restan del total de nutrientes a aplicar en el programa de fertirriego cuando

se aplica en mayor concentración de la que necesita un programa de fertilización es mejor suplir Ca y Mg o sulfatos como relleno. En el caso de micronutrientes, su exceso puede producir toxicidad en plantas. Cuando se prepara la solución de riego se recomienda NO mezclar Ca y Mg o micronutrientes con sulfatos ( $\text{SO}_4$ ) o fosfatos ( $\text{PO}_4\text{-3}$ ), usar tanquetas separadas para evitar precipitación.

El agua también puede tener iones tóxicos para la planta, como sodio ( $\text{Na}^+$ ) cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) y clorato ( $\text{ClO}_4^-$ ). Tanque. El cloruro es un nutriente y el requerimiento por la planta es muy bajo.

El cloro ( $\text{Cl}_2$ ) representa un riesgo de toxicidad para plantas. Se utiliza como desinfectante en las aguas municipales (1-2ppm), bajas concentraciones son suficientes pero perjudiciales al entrar en contacto con la materia orgánica, se convierte en cloruro cuando más tiempo pase, desaparece del agua (una hora aproximadamente). El cloro es perjudicial en bajas concentraciones especialmente en cultivos hidropónicos e igual que el cloro, se convierte con rapidez a cloruro al entrar en contacto con la materia orgánica.

### **5.1.6 SÍNTOMAS**

1. Disminuye el crecimiento.
2. Acolochamiento de hojas.
3. Clorosis intervenal en todas las hojas (1).

### **5.1.7 DIMESIÓN DEL TOTAL DE LAS SALES MINERALES DISUELTAS**

La primera propiedad importante a tener en cuenta para determinar la adaptabilidad del agua para diluir agroquímicos es el total de sólidos disueltos (TSD), expresado en ppm. Puede ser determinado evaporando una muestra y pesando los minerales que quedan o puede también ser determinado midiendo la concentración de los seis iones principales y calculando la suma de los iones.

**Ejemplo:** Calcio = 666 ppm, sulfatos = 2,434 ppm, magnesio = 234 ppm, cloruros = 32, sodio = 13 ppm, bicarbonato = 346 ppm, total es la suma de iones = 3,846 ppm. Este método es tedioso y es caro y los laboratorios no lo hacen en su mayoría. Entonces existe un método más sencillo como es determinar la conductividad eléctrica, como una alternativa para medir mineral total disuelto en el agua.

Cuando más alto es el TSD más es la C.E. del agua considerada. La C.E. es dependiente de la temperatura y deben ser estandarizadas a 25 grados centígrados.

### **5.1.8 SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN Y MATERIA ORGÁNICA**

Recientes investigaciones han demostrado que la efectividad de los herbicidas puede ser reducida por algunas clases de agua subterránea. Los factores principales de la calidad de agua son:

1. Limpieza
2. Contenido de iones minerales

La limpieza se refiere a la falta de suciedad y color (derivados de la presencia de limo y materia orgánica en suspensión) que se observa en el agua, estos productos en suspensión pueden ocasionar desactivación de DICUAL y PARAQUAT y el GLIFOSATO y otros.

Estos herbicidas son muy susceptibles a la inactivación por limo y materia orgánica por ello el uso de agua limpia es muy importantes (3).

### **5.1.9 TIPOS DE CATIONES**

El agua dura empleada como vehículo en la aplicación de herbicidas puede afectar adversamente la emulsibilidad y disposición del herbicida en el vehículo y en consecuencia en su fitotoxicidad.

El agua natural contiene usualmente iones de calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), hierro como el ion férrico ( $\text{Fe}^{+++}$ ) y posibles otros iones como sodio, potasio, etc. El agua dura es apta para propósitos de irrigación. El agua con una dureza menos de 150ppm es adecuada para propósitos domésticos.

El verdadero problema del agua dura con respecto al uso y efectividad de herbicidas radica en que los iones, especialmente  $\text{Ca}^{+++}$ ,  $\text{Mg}^{+++}$  y  $\text{Fe}^{+++}$ , reaccionan con las sales de los herbicidas y con algunos surfactantes para formar sales solubles los cuales precipitan, removiendo el herbicida.

### **5.1.10 DUREZA DE LAS AGUAS EN LAS REGIONES SEMIÁRIDAS**

Para aguas subterráneas la dureza no está en relación con la C.E. sino que depende del tipo de propósito geológico que el agua ha atravesado en su camino al acuífero. Los acuíferos de lecho de roca producen agua blanda.

### **5.1.11 EL CONTENIDO DE BICARBONATOS**

Algunas aguas subterráneas de la región semiárida contienen relativamente altos niveles de iones de bicarbonatos, aparecen generalmente asociados con iones de sodio. Su nivel oscila de 500 – 2000 ppm. Pueden afectar la performance de ciertas familias de herbicidas del grupo del 2,4D SAL. Los mayores problemas parecen surgir en aguas con elevado contenido de bicarbonato pero con bajos niveles de otros aniones como sulfatos y cloruros. Concentraciones tan bajas de bicarbonato como de 500 ppm reducen en ciertas circunstancias, la actividad de diversos herbicidas. Dosis reducidas de herbicidas, aplicaciones tardías, malezas tolerantes y condiciones deficitarias de desarrollo de las mismas combinado con altos contenidos de bicarbonatos pueden ocasionar fallas en los resultados esperados (3).

### **5.1.12 OTRAS CARACTERÍSTICAS**

1. El hierro puede aparecer en algunas aguas subterráneas, pero en general no es un catión detectado en la mayoría de los análisis. Los problemas aparecen cuando el agua que lo contiene disuelto lo expone al aire, el hierro rápidamente puede oxidarse para formar partículas de herrumbre que puede precipitar y asentarse en la parte inferior de los tanques y tapar filtros, por esta razón es mejor evitar

usar aguas con significativos contenidos de hierro para las pulverizaciones. Altos niveles pueden afectar la actividad de herbicidas como el glifosato.

2. El pH y la alta alcalinidad puede afectar la solubilidad de herbicidas, porque puede formar sedimento en el fondo del tanque. Para evitar esto se agrega en el formulado un producto para bajar el pH, puede ser agregado antes de adicionar el herbicida.
3. La temperatura del agua, también puede afectar algunos herbicidas o la formulación del herbicida. Si la temperatura es demasiado baja, los herbicidas pueden formar un precipitado en el fondo del tanque pulverizador o crema en la parte superior del líquido a pulverizar.

### **5.1.13 EL AGUA Y LOS HERBICIDAS**

La estabilidad de la mayoría de los herbicidas disueltos en agua es muy buena siempre y cuando los mismos sean pulverizados dentro de un día o dos de la mezcla. Otros pesticidas en particular, fungicidas e insecticidas, se degradan más rápidamente en soluciones alcalinas (pH mayor de 8). Herbicidas como el paraquat es considerado susceptible a condiciones de soluciones alcalinas (3).

El efecto del pH de la solución sobre la toma del herbicida por la planta no está aún bien definido. En teoría, los herbicidas ácidos débiles penetran mejor las superficies foliares en una forma neutral.

Los minerales, arcillas y la materia orgánica en el agua utilizada como el vehículo para agroquímicos puede reducir la efectividad de los herbicidas. La arcilla inactiva el paraquat y el glifosato. La materia orgánica

inactiva herbicidas y los minerales pueden inactivar el 2,4D amina, dicamba y el glifosato.

El grado de dureza (una media de la problemática del agua para los herbicidas) necesario para reducir la actividad herbicida no está documentada y depende del herbicida, fuente de agua y contenido mineral, malezas, condiciones ambientales durante su aplicación.

Los cationes de calcio, magnesio, sodio, potasio, etc. Contenidos en el agua pueden antagonizar los efectos de distintas formulaciones sales de herbicidas como el glifosato, 2,4D, dicamba, sobre distintas malezas. Antagonismo de ciertos herbicidas con el Ion Ca, puede ocurrir a niveles de concentración desde 150 ppm del mismo. Los iones de sulfato en el agua han reducido el antagonismo de Ca y Mg, pero la concentración de sulfato debe ser al menos, de tres veces la concentración de Ca+++ para superar el antagonismo. La cantidad natural de sulfato en el agua en general es insuficiente para lograr esto.

El bicarbonato de sodio, un contaminante natural del agua en algunas áreas, reduce la actividad de herbicidas de las familias de los ciclohexanodionas, 2,4D, glifosato dicambas. Se ha encontrado agua con contenido de 1600ppm de bicarbonato de sodio, pero el antagonismo sobre los herbicidas mencionados comienza a partir de los 300ppm (3).

El antagonismo está relacionado a la concentración de sales. A niveles bajos las disminuciones en los efectos fitotóxicos sobre malezas puede no notarse bajo condiciones ambientales normales. No obstante, el

efecto antagónico de bajos niveles de sales puede resultar un control inadecuado de malezas.

El agua frecuentemente contiene una combinación de sodio, magnesio, potasio y otros cationes generalmente son aditivos en su antagonismo a herbicidas.

Un análisis de las fuentes de agua, empleadas en la pulverización en lo referente a contenido de sales, dureza y pH proveerá una guía para determinación de posibles efectos sobre la eficacia herbicida. Este análisis expresará los niveles de sales en ppm(mg/lit) (3).

#### **5.1.14 VALORES DE LAS CARACTERÍSTICAS QUE DEFINEN LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE IDEAL PARA CONSUMO HUMANO.**

Esta norma constituye la primera revisión a la norma COGUANOR NGO 29 001 AGUA POTABLE. Especificaciones publicadas en el Diario Oficial del 18 de octubre de 1985, al cual sustituye.

##### **5.1.14.1 DEFINICIONES**

*Agua Potable:* es aquella que por sus características de calidad especificada en esta norma, es adecuada para el consumo humano.

*Cloro:* es el elemento número 17 de la tabla periódica de los elementos. En condiciones normales de temperatura y presión es un gas verde, poderoso, oxidante, dos y media veces más pesado que el aire.

*Límite Máximo Aceptable (LMA):* es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser

rechazable por los consumidores, desde el punto de vista sensorial pero sin que impliquen un daño a la salud del consumidor.

Límite máximo permisible: es el valor de la concentración de cualquier característica de la calidad del agua, arriba del cual el agua no es adecuada para consumo humano.

Características físicas: son aquellas características relativas a su comportamiento físico que determinan su calidad.

Características químicas: Son aquellas características relativas a sustancias contenidas en ella, que determinan su calidad.

Características bacteriológicas: Son aquellas características relativas a la presencia de bacterias, que determinan su calidad.

Grupo coliforme total: Son bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, Gram. negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a 35 grados centígrados más o menos en un período de 24-48 horas, características cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación. Para el caso de la determinación del grupo coliforme total empleando el método de membrana de filtración, se definirá como todos los microorganismos que desarrollen una colonia rojiza con brillo metálico dorado en un medio tipo endo u otro medio de cultivo reconocido internacionalmente después de una incubación de 24 horas a 35 grados centígrados

Más o menos 2 horas cuando se investiga por el método de los tubos múltiples de fermentación. En el método de filtración en membrana se utiliza un medio de lactosa enriquecido y una temperatura de incubación de 44.5 grados centígrados más o menos 0.2 grados centígrados en un

período de 24 horas más o menos 2 horas. Al grupo coliforme fecal también se le designa como termotolerante o termorresistente.

*Escherichia coli*: son las bacterias coniformes que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a 44 o 45° C con producción de gas y que también producen indol a partir de triptofano.(8).

### 5.1.14.2 CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES FÍSICA Y QUÍMICAS

#### Características físicas

**Cuadro No. 5 Características sensoriales. Límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP) que debe tener el agua potable.**

Características	LMA	LMP
Color	5.0u	35.0u(1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT(2)

Fuente: COGUANOR, 290001, 98.

(1) Unidades de color en la escala de platino-cobalto.

(2) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

(3) Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.

(4) Conductividad eléctrica: el agua potable deberá tener una conductividad eléctrica de 100 mmhos/cm a 750 mmhos a 25°C.

*Características químicas del agua potable*: son aquellas características que afectan la potabilidad del agua y que se indican:

**Cuadro No. 6 Sustancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles**

<b>Características</b>	<b>Límite máx. aceptable</b>	<b>Límite máx. permisible</b>
Cloro residual libre (1)	0.5mg/lt	1.0mt/lt
(2)	100.000mt/lt	25.000 mg/lt
Cloruro (Cl)	-----	< 1500.000mmhos/cm
Conductividad	100.000 mg/lt	500.000 mg/lt
Dureza total (CaCo3)	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5
Potencial de H. (3)	500.0mg/lt	1000.0 mg/lt
Sólidos totales	100.000 mg/lt	250.000 mg/lt
Disueltos	15.2°C – 25.0°C	34.0°C
Sulfato (So4)	0.050 mg/lt	0.100 mg/lt
Temperatura	75.000 mg/lt	150.000 mg/lt
Aluminio (Al)	3.000 mg/lt	70.000 mg/lt
Calcio (Ca)	0.050 mg/lt	1.500 mg/lt
Cinc (Zn)	50.000 mg/lt	100.000 mg/lt
Cobre (Cu)		
Magnesio (Mg)		

Fuente: COGUANOR, 290001,98.

(1) El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/lt, después de por lo menos 30 min de contacto, a un pH menor de 8.0, con el propósito de reducir en un 99% la concentración de Escherichia coli y ciertos virus.

(2) En aquellas ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, el residual de cloro puede mantenerse en un límite máximo permisible de 2.0 mt/lt, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben tomarse medidas

similares en los casos de interrupción o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua (3).

En unidades de pH.

*Agua clorada:* la cloración de los abastecimientos públicos de agua representa el proceso más importante usado en la obtención de agua calidad sanitaria segura, potable. La desinfección por cloro y sus derivados significa una disminución de bacterias y virus hasta una concentración de cloro libre residual que es aquella porción de cloro residual total que esté libre y que sirve como medida de capacidad de oxidar la materia orgánica que pueda encontrarse en el interior de las tuberías y por ruptura de las mismas que pueda producir cierta contaminación microbiológica.

*Límites de toxicidad:* En el siguiente cuadro se indican algunas sustancias o compuestos químicos que al sobrepasar el límite máximo permisible en el agua potable causa toxicidad.(8).

**Cuadro No. 7. Relación de las sustancias inorgánicas con significado para la salud, con sus respectivos límites máximos permisibles.**

<b>SUBSTANCIAS</b>	<b>LMP en miligramos/l+</b>
Arsénico (As)	0.010
Bario (Ba)	0.700
Boro (B)	0.300
Cadmio (Cd)	0.003
Cianuro (CN)	0.070
Cromo (Cr)	0.050
Mercurio (Hg)	0.010
Selenio (Se)	0.010

Fuente: COGUANOR, 29001, 9 (8)

**Cuadro No. 8: Límites máximos permisibles de las sustancias biocida.**

COMPUESTOS	LMP (en microgramos/litro)
<b>Insecticidas organoclorados</b>	
DDT + TDE + DDE	1.0
Hexaclorobenceno	1.0
Aldrín	0.03
Dieldrín	0.03
Heptacloro	0.2
Heptacikoro epóxido	0.1
Lindano	0.2
Endrín	0.2
Metoxicloro	20
Clordano	0.2
Toxafeno	3.0
Pentaclorofenol	1.0
Dinoseb	7.0
<b>Ácidos Fenoxi</b>	
2, 4-D	30
2,4,5 – TP (silvex)	9
2,4,5 – T	9
Mecoprop	10
Dicloroprop	100
MCPA	2
Dicamba	2
Picloram	500
Dalapon	200
Endotal	100
<b>Fumigantes</b>	
DBCP (2,2 – dibromuro – 3.3 – cloropropano	0.2
EBD (dibromuro de etileno)	0.05
1.2 – dicloropropano	5.0
1.3 – dicloropropano	20
<b>Triazinas</b>	
Atrazina	2
Simazina	2
<b>Acetanilidas</b>	

COMPUESTOS	LMP (en microgramos/litro)
Alaclor	2
Metolaclor	10
Propaclor	10
Butaclor	10
<b>Carbamatos</b>	
Aldicarb	3
Sulfóxido de aldicarb	3
Sulfota de aldicarb	3
Carbofurán	5
Oxamil	200
Metomil	200
Bentazón	30
Molinato	6
Pendimetalina	20
Isoproturón	9
<b>Piretroides</b>	
Permetrina	20
<b>Amidas</b>	
Propanil	20
Piridato	100
Trifluralín	20
Diquat	20
Glifosato	700
Di (2 – etil – hexil adipato)	400
Benzopireno	0.2
Hexaclorociclopentadieno	50
Di (etil – hexil) ftalato	6
PCB'S	0.5
<b>Órganos Fosforados</b>	
Etil paratión	0
Leptofós	0.1
Diazinón	0.1
Dimetoato	
De los restantes órganos fosforados	No más de 0.1 cada uno

Fuente: COGUANOR, 29001,98 (8)

**Cuadro No. 9 Sustancias no deseadas. Límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP)**

<b>Características</b>	<b>LMA en miligramos/litro</b>	<b>LMP, en miligramos/litro</b>
Fluoruro (F)	-----	1.700
Hierro total (Fe)	0.100	1.000
Manganeso (Mn)	0.050	0.500
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>''</sup> )	-----	10
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>''</sup> )	-----	1

Fuente: COGUANOR, 89001,98

**Cuadro No. 10 Sustancias orgánicas con significado para la salud y su límite máximo permisible (LMP).**

<b>COMPUESTO</b>	<b>LMP, en microgramos/litro</b>
Benceno	5
Cloruro de vinilo	2
Detergentes aniónicos	200
o-diclorobenceno	600
p-diclorobenceno	75
1.2 –dicloroetano	5
1.1-dicloroetileno	7
Cis-1.2-dicloroetileno	70
Trans-1.2-dicloroetileno	100
1.2 – dicloropropano	5
Estireno	100
Etilbenceno	700
Monoclorobenceno	100
Substancias fenólicas	2
Tetracloruro de carbono	5
Tetracloroetileno	5
Tolueno	1000
1.1.1. – tricloroetano	200
Tricloroetileno	2
Xileno	10000

Fuente: COGUANOR, 29001,98

**Cuadro No. 11 Frecuencias mínimas de la toma de muestras y análisis del agua para consumo humano en sistemas de distribución**

Población servida en número de habitantes	Calidad de muestra al año		
	Análisis E1	Análisis E2	Análisis E3
1- 500	2	1	(1)
501- 5 000	4	1	(1)
5 001- 10 000	12	3	(1)
10 001- 50 000	60	6	1
50 001- 100 000	120	12	2
100 001- 150 000	180	18	3
150 001- 300 000	360	36	6
300 001- 500 000	360(2)	60	10
500 001- 1 000 000	360(2)	120(2)	20(2)
1 000 001- 5 000 000	360(2)	120(2)	20(2)

(1) La frecuencia deberá ser determinada por las autoridades nacionales competentes.

(2) Las autoridades nacionales competentes deberán esforzarse, de ser posible, por aumentar esta frecuencia

E1 Corresponde al programa de análisis básico, fácilmente ejecutable por cada laboratorio de control de calidad del agua autorizado. Los análisis en esta etapa de control son: coliforme fecal, cloro residual.

E2 Corresponde al programa de análisis normal y comprende la ejecución de los análisis de la etapa anterior ampliado con: olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, pH, conductividad, cloruros, dureza, sulfatos, calcio, magnesio, nitratos, nitritos, hierro, manganeso.

E3 Corresponde a un programa de análisis avanzado de agua potable. Comprende la ejecución de los análisis de la segunda etapa, ampliado con: aluminio, cobre, sodio, potasio, amonio, fluoruro, arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, antimonio, plomo, selenio, sulfuro de hidrógeno, zinc, sólidos totales disueltos, desinfectantes, subproductos de la desinfección y sustancias orgánicas (plaguicidas) de significado para la salud.

Fuente: COGUANOR, 29001,98 (8).

**Cuadro No. 12 Promedio de temperatura y límites recomendados para la concentración de fluoruro.**

Promedio de temperatura máxima diaria en grados Celsius (°C.) (1)	Límites recomendados para la concentración de ión fluoruro en miligramos/litro		
	Mínimo	Optimo	Máximo
10.1-12.0	0.9	1.2	1.7
12.1-14.6	0.8	1.1	1.5
14.7-17.7	0.8	1.0	1.3
17.8-21.4	.07	0.9	1.2
21.5-26.3	0.7	0.8	1.0
26.4-32.5	0.6	0.7	0.8

Fuente: COGUANOR, 29001,98 (8).

## **6. OBJETIVOS**

### **General**

Analizar el agua subterránea para el uso agrícola y consumo humano con fines de manejo en las instalaciones del Instituto Adolfo V. Hall de Jalapa.

### **Específicos**

1. Determinar la calidad del agua subterránea del lugar de estudio.
2. Analizar el agua subterránea para la aplicación de plaguicidas.
3. Analizar el agua subterránea para fertirriego.
4. Analizar el agua subterránea para riego.
5. Analizar el agua subterránea para consumo humano.

## **7. METODOLOGÍA**

En la metodología general para efectos del presente trabajo, se tomó como de referencia las características de las clases de agua que se pueden encontrar en el subsuelo para uso de la agricultura y de consumo humano, también se analizó el factor para relacionarlos y así discutirlos ampliamente. Esto sirvió para entrar a conocer posteriormente aspectos particulares del lugar de estudio, y tener un marco teórico con lo cual se pudiera estudiar y analizar las diversas características particulares.

Toda la información obtenida fue estudiada y analizada para dar las conclusiones y recomendaciones para el presente trabajo.

Metodología para la toma de muestras de agua para riego, fertirriego y aplicación de plaguicidas agrícolas.

- Se usó un envase de vidrio claro de capacidad de un litro.
- Se limpió y se enjuagó tres veces con el agua que se utilizaría para muestrear.
- Para el muestreo del agua, en este caso fue de un pozo mecánico, se esperaron treinta minutos de bombeo, con el propósito que la concentración total de sales en la muestra sea confiable.
- Se identificó la muestra.
- Se llevo la muestra de agua al laboratorio.

Metodología para la toma de muestra de agua de consumo humano y contenido microbiológico:

- Se localizó un chorro dentro del Instituto, que viene de la tubería principal del pozo mecánico, que estuviera en condiciones de que no estuviera averiado o que no tenga fugas.
- Se abrió el chorro al máximo y se dejó correr el agua por espacio de tres minutos.
- Luego se cerró un poco el chorro para evitar salpicaduras.
- Lavar las manos con agua y jabón antes de abrir el recipiente en el que se tomará la muestra.
- Se mantuvo cerrado el recipiente antes de llenarse, luego se removió la tapa con cuidado de no contaminar la tapa, la boca o el cuello del recipiente.
- La capacidad del recipiente fue de un litro.
- Se dejó un espacio de aire en el recipiente aproximadamente de dos y medio centímetro, para facilitar la homogenización de la muestra.
- Se cerró el recipiente cuando se llegó al volumen requerido.
- Se identificó la muestra.
- Se llevó la muestra al laboratorio.

## **8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **8.1 Agua de Riego para uso Agrícola**

El agua es ligeramente alcalina porque se encuentra arriba de 7 (7.8) por lo que es modificado para el uso de agroquímicos (herbicidas, fungicidas, insecticidas y uso en el fertirriego) no es adecuada, porque estos tienen una mejor eficacia con pH's ácidos no menores de 3.5, pero también es de hacer la aclaración que existen productos agrícolas que a pH's neutrales es el mejor.

Ej. El Thiodan. El pH adecuado o ideal se encuentra entre 5.0 – 6.8, pero el pH normal para aguas de riego es de 6.5 – 8.4.

**8.2 La conductividad Eléctrica**, o también se le conoce como la concentración de sales se encuentra en un nivel normal, tanto para el uso con plaguicidas como también para el uso en fertirriego, porque se recomienda una conductividad que se encuentre entre 1 – 3 as/m. Por lo que también debe tenerse en cuenta para la calidad en agua para riego, porque hay que tomar como base la calidad química que la calidad agronómica. Para la primera solamente no va especificar si el agua debe o no ser empleada.

La calidad agronómica va a estar determinada por los factores de calidad química, o suelo por regar, método de riego, condiciones de drenaje, cultivo por regar, que condiciones climáticas, prácticas de manejo del agua, suelo y de las plantas.

**8.3** La relación de absorción de sodio, también se conoce la concentración relativa de sodio con respecto a los cationes Ca y Mg se encuentran en un nivel normal, para su uso en riego de cultivos en general.

La proporción de sodio es alta, será mayor el peligro de sodificación, pero si es lo contrario el peligro es menor.

El agua analizada está abajo de 4, por lo que no existe problema para usarle en el fertirriego o riego.

**8.4** La dureza del agua analizada, se encuentra que el Ca y Mg están dentro del nivel adecuado, abajo de 150 ppm, por lo que el agua está clasificada como muy blanda y no va a existir ningún efecto negativo para su uso en la agricultura.

**8.5** En cuanto al contenido mineralógico o iones de Boro (B), Hierro (Fe), Manganeso (Ma), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Calcio (Ca) Magnesio (Mg) carbonatos y bicarbonatos (HCD39 todos se encuentran en un rango normal por lo que en el momento no presentan ningún problema para riego, en la aplicación de plaguicidas y en fertirriego (ver cuadro de resultados).

**8.6** Para el análisis del agua para consumo humano son los siguientes:

- a. Para las características químicas y físicas del agua se encuentra dentro de los límites aceptables. No existe ningún problema que pueda alterarla.
- b. En cuanto al contenido microbiológico, el agua analizada de origen subterráneo los resultados no son adecuados para su ingesta, el agua presenta contenido de coliformes totales 14 NMP/100 ml, coliformes fecales 4 NMP/100 ml y *Escherichia coli* < 2 NMP/100 ml, ambos resultados para ser aceptables deben estar menor de 2 respectivamente. Por lo que el agua en base a la Norma Guatemalteca COGUANOR, para análisis microbiológico de agua potable la muestra analizada se encuentra fuera de los límites establecidos.

## **9. CONCLUSIONES**

Luego de haber discutido los resultados se dan las siguientes conclusiones:

### **9.1 Para uso agrícola**

9.1.1 El pH del agua es de 7.7, este dato nos indica que se considera una agua alcalina, por lo que no es adecuado para el riego, lo aceptable es de 5.0 a 6.5.

9.1.2 El pH 7.8 es adecuado para la aplicación de plaguicidas, herbicidas, fungicidas, insecticidas, reguladores del crecimiento y para fertirriego, por lo que el pH debería estar debajo de 7.

9.1.3 La concentración de sales (C.S.) o conductividad eléctrica está dentro del nivel normal 0.27 dS/m, abajo del rango adecuado. 1.0-dS/m, por lo que no afecta al suelo, al cultivo como también a la aplicación de plaguicidas, fertirriego, riego y otros.

9.1.4 La relación de absorción de sodio, (RAS), está dentro del nivel normal, su rango adecuado es de menor de 4.0, por lo que es una agua de media salinidad (C2S1) y baja en sodio que se puede usar en el riego de la mayor parte de los cultivos.

9.1.5 La dureza, es un parámetro, es la medida de la concentración de Ca y Mg en el agua y se expresa en ppm de CaCO<sub>3</sub>. estos

minerales están en un nivel adecuado, debajo de 150 ppm por lo que el agua se clasifica como muy blanda, y no afecta para uso agrícola.

9.1.6 Todos los minerales presentes en el agua subterránea Calcio (Ca) Magnesio (Mg), Boro (B), Cobre (Cu), Hierro (Fe) Manganeseo (Mn), Zinc (Zn), Sodio (Na), Carbonatos ( $\text{CO}_3$ ) y bicarbonatos ( $\text{HCO}_3$ ) se encuentran en un nivel normal, por que es éstos no serán problema.

## **9.2 El agua subterránea para el consumo humano, que según las normas guatemaltecas obligatoria de agua potable especifica que**

9.2.1 El pH está dentro del parámetro de 7.8 y el límite máximo aceptable es de 7.0 – 7.5 y el límite máximo permitido es 6.5 – 8.5, por lo que el agua no afecta el sabor al consumirla.

9.2.2 La dureza del agua se encuentra dentro del parámetro de 54.5 ppm de ( $\text{CaCO}_3$ ), por lo que el límites máximo aceptable es de 100 ppm y el límite máximo permitido es de 500 ppm de  $\text{CaCO}_3$  por lo que el agua se encuentra dentro del parámetro adecuado. (ver anexo, cuadro No. 2)

9.2.3 La turbiedad del agua es del parámetro menor de 5.00 NTU y el límite máximo aceptable es de 5.00 NTU y su límite máximo permitido es de 15 NTU, por lo que el agua es clara.

9.2.4 El contenido mineralógico del agua, el calcio, magnesio, sulfato, cobre, boro, hierro, manganeseo, zinc y cloruro se encuentra debajo de los límite máximo aceptable y lejanos del límite máximo permitido, por lo que no afecta a su calidad para consumirla.

9.2.5 El contenido microbiológico, el agua no cumple con los límites permitidos para su ingestión según la COGUANOR.

## **10. RECOMENDACIONES**

10.1 Tratar el agua subterránea principalmente para el uso agrícola, hacer mezclándola con agua de mejor calidad o utilizar productos que cambien el ph.

10.2 Aplicarle al agua un material de efecto ácido para corregir la alcalinidad y el ph, porque corregirlo es de mayor importancia que la corrección del ph anormal en el agua, porque el suelo tiene una buena capacidad de amortiguamiento (buffer), por lo que el ph será cambiado al hacer contacto con el suelo.

10.3 Se debe de mantener el ph adecuado para tales fines agrícolas, porque si se eleva a 6.8 los micronutrientes tiende a precipitarse y serían menos disponibles.

10.4 Darle un tratamiento al agua para su consumo, porque esta no es apta para su ingestión. Esto sería una aplicación de cloro, con dosis adecuadas para no alterar su olor y sabor, sea una agua de mejor calidad.

10.5 Es importante realizar un programa de monitoreo periódico de la calidad de agua, tanto para uso agrícola como para consumo humano.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

1. AGRONORT (Agrónomos del Norte. Insumos agropecuarios, CO). 2000. Calidad de agua y agroquímicos. Traducido por Agronort. Colombia. Universal. p. 1-24.
2. COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas, GT).1998. Norma Guatemalteca obligatoria de agua potable especificaciones, COGUANOR nco-29001:98, primera revisión Guatemala. p. 3-14.
3. Gonzáles Martínez, F. 2004. Diagnóstico del Instituto Adolfo V. Hall de Jalapa. Práctica Agrícola Supervisada Perito Agrónomo. Jalapa, Guatemala. Instituto Adolfo V. Hall de Jalapa. 34 p.
4. INSIVUMEH (Instituto de Sismología, Vulcanología, Metereología e Hidrología, GT). 2002. Climatología del departamento de Jalapa. Guatemala. s.p.
5. Marketing Arm International, US. 2002. Agentes acidificantes. Charlotte, Florida, US. 3 p.
6. Microsoft, US. 2002. Encarta 2002 US. 2 CD.
7. Nelson, P. 1998. Greenhouse management and operation. 5 ed. Upersadle River, New Jersey, US, Prentice Hall International. 249 p.
8. Pérez Arias FA. 2003. Análisis de los suelos de la Laguna de Retana, El Progreso, Jutiapa. Práctica Agrícola Supervisada, Perito Agrónomo. Jalapa, Guatemala. Instituto Adolfo V. Hall, 34 p.
9. Pérez Herrera, FF. 1985. Caracterización de agro sistema yuca, (*Manihot sculenta* Grants), en condiciones de la aldea Los Cerritos, Sansare, El Progreso, Guatemala: estudio de caso. Tesis Ing. Agr. Guatemala. USAC. 115 p.
10. Romero, N. De. 1999. Calidad del agua y su importancia en el riego y fertirriego: pH y alcalinidad. Agricultura 2(16): 46-50

11. Sánchez García, P. 2004. Diagnóstico Nutricional para la fertilización sostenible de plantas ornamentales de follaje y flores. México, Colegio de Postgraduados. 1 CD.
12. Sandoval Illescas, JE. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala. USAC. 345 p.
13. Simmons. C; Tárrano T, JM; Pinto Z, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala, José De Pineda Ibarra, 1000 p.
14. Solórzano, F. 2000. Mejorando la calidad del agua de riego: el fertirriego. Agricultura. 3(16): 28-30
15. Valenzuela Martínez, HA. 2002. Análisis y corrección de la calidad de agua con fines de fumigación en la Laguna de Retana, El Progreso, Jutiapa. Práctica Agrícola Supervisada. Perito Agrónomo. Jalapa, Guatemala. Instituto Adolfo V. Hall, 34 p.

## 12. ANEXO

**Cuadro No. 1 Informe de análisis de agua para riego.**

Parametros		Rango adecuado	Nivel
pH	7.8	5.0-6.8	
C.S.	0.27 dS/m	1.0-3.0 dS/m	NORMAL
R.A.S.	2.51	Menor de 4.0	NORMAL
DUREZA	54.4ppm CaCO <sub>3</sub>	Menor de 150	ADECUADO
ALCALINIDAD TOTAL	144.9 ppm cAcO <sub>3</sub>	Menor de 150	ADECUADO
ELEMENTO	PPM	RANGO NORMAL	NIVEL
Magnesio (Mg)	7.0	0.0-25.00	NORMAL
Calcio (ca)	10.3	00.-121.00	NORMAL
Boro (b)			NORMAL
Cobre (cu)	0.1	0.0 – 0.2	NORMAL
Hierro (Fe)	0.1	0.0 – 0.2	NORMAL
Manganeso (Mn)	0.1	0.0 – 0.2	NORMAL
Zinc (Zn)	0.1	0.0 - 0.5	NORMAL
Sodio (Na)	42.5	0.0 - .60	NORMAL
Carbonatos (CO <sub>3</sub> )	Menor de 5.0	0.0 – 5.0	NORMAL
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> )	187.7	0.0 – 183.0	NORMAL

Fuente: Laboratorio, Soluciones Analíticas.

Ref. Ppm = partes por millón

dSm/ = DeciSiemens por metro

**Cuadro No. 2. Informe de Análisis de Agua Potable.**

Parámetros		LMA	LMP
pH	7.8	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5
C.S.	0.19mmhos/cm	0.1mmhos/cm	0.75mmhos/cm
DUREZA	54.4ppm CaCO <sub>3</sub>	100.0ppm	500.0ppm
TURBIEDAD	Menor 5.00	5.0 NTU	15.00ntu
Elementos	Ppm	LMA	LMP
Calcio (ca)	10.3	75.00	150.0
Magnesio (Mg)	7.0	50.00	100.0
Boro (b)	0.1	-----	0.30
Cobre (cu)	0.1	0.05	1.50
Hierro (Fe)	0.1	0.10	1.00
Manganeso (Mn)	0.1	0.05	0.50
Zinc (Zn)	0.2	3.00	70.00
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	8.2	100.00	250.00
Cloruro (Cl)	10.0	100.00	250.00

Fuente: Laboratorio Soluciones Analíticas.

Referencia:

- LMA = Límite máximo aceptable
- LMP = Límite máximo Permisible
- Mmhos/cm = milmmhos por centímetro
- Ppm = Parte por millón
- NTU = Unidades nefelométricas de turbiez
- = no se tienen límites.

**Cuadro No. 3 Productos y su pH adecuado para los ingredientes activos.**

**INSECTICIDAS**

Ingrediente Activo	Marca	pH ideal
Acefate	Orthene	5.00
Carbaryl	Sevin	6.0
Chlorpyrifos	Lorsban	4.5 – 6.0
Endosulfan	Thiodan	8.0 – 7.0
Malathion	Malathion	5.0
Methomyl	Lannate	5.0
Thiodicarb	Larvin	5.0
Oxamyl	Vydate	5.0
Basudin	Diazinon	5.0
Carbofuran	Furadan	6.0
Metasystox	Azinfostemil	5.0
E. Virulenta	Vektor	5.0
Dimetoato	Perfekthion	4.0
Cipermetrina	Arrivo	4.0

Fuente: Marketing Arm.

**Cuadro No. 4 Fungicidas**

Ingrediente Activo	Marca	pH Ideal
Benomyl	Benlate	5.0
Carbendazim	Derosal	6.0 – 7.0
Mancozeb	Manzate	5.0
Metalaxil	Ridomil	5.0
Formato Amonico	Phyton-24	4.5 – 5.5
Bravo	Chlorotalonil	**
T.Harzianum	Mycobac	5.0
Propiconazole	Tilt	5.0

Fuente: Marketing Arm.

\*\* = no le afecta el pH.

**Cuadro No. 5 Herbicidas**

<b>Ingrediente Activo</b>	<b>Marca</b>	<b>pH Ideal</b>
Asulam	Asulox	** 6.6
Ametrina	Gesapax	5.5
Atrazina	Gesaprin	5.0
Diquat	Reglone	3.5
Glifosato	Round-Up	5.5
Diuron		***
Goal	Oxiflour fen	7.0
Trifluralin	Treflan	5.5
Paraquat	Gramoxone	****

Fuente: Marketin Arm.

\*\* = no afecta pH 8

\*\*\* = Estable en soluciones neutras

\*\*\*\* = Estable excepto en condiciones alcalinas

**Cuadro No. 6 Reguladores de crecimiento/otros**

<b>Ingrediente Activo</b>	<b>Marca</b>	<b>pH ideal</b>
A. Giberelico	New Gibb	4.5 – 5.0
Ethephon	Ethrel	3.5 – 5.0
P. Lilacinus	* Biostac	5.0
A. Indolbutirico	IBA	4.5 – 5.0
Daminozide	Dimicid	4.5 – 5.0

Fuente: Marketing Arm.

\* = Nematicida.

## INFORME DEL ANALISIS MICROBIOLÓGICO

Cliente Fredy Calderón García  
Persona responsable. Ing. Preby Calburus  
Finca: Instituto Adolfo V. Hall  
Localización Jalapa  
Referencia cliente: Pozo mecánico se lleva  
A depósito aéreo y baja  
Por gravedad

No. Orden 46907  
codigo de muestras 0503210301.  
fecha de ingreso: 210305  
fecha de análisis: "  
  
fecha de informe: 210305.

### DATOS DE LA MUESTRA

**Muestra:** AGLA  
Apariencia: clara  
Recipiente: vidrio  
Procedencia : pozo

Temperatura de ingreso: refrigeración  
fecha de muestreo: no indica  
hora de muestreo "  
responsable de muestreo: cliente

### RESULTADOS

ANALISIS	RESULTADO	LIMITE ACEPTABLE
Conteo de bacterias aerobias	66.120 ufc	menor de 2
Coliformes totales	14 NMP 100ml	menor de 2
Coliformes fecales	4 NMP 100ml.	Menor de 2
<u>Escherichia coli</u>	menor 2 NMP 100ml.	Menor de 2

UFC: UNIDADES FORMADORAS DE COLONIA  
NMP: NUMERO MÁS PROBABLE

FUENTE SOLUCIONES ANALITICAS.