

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRIA EN GESTION AMBIENTAL LOCAL

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a blue background, depicting a figure in a red robe and blue hat, possibly a saint or scholar, holding a book. Above the figure is a golden crown. The shield is flanked by two golden lions. The entire shield is set against a light blue background. The outer ring of the seal contains the Latin text "ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CETERA SORBIS CONSPICUA CAROLINA" in a serif font.

**DETERMINACION DE LA CALIDAD DE AGUA, SU UTILIZACION PARA
CONSUMO HUMANO, FINES DE RIEGO Y USO AGROINDUSTRIAL DEL POZO
DEL CENTRO EXPERIEMNTAL DOCENTE DE AGRONOMICA (CEDA) USAC”**

Licda. Economía BRENDA YOMARA LOPEZ QUIJIVIX

GUATEMALA, ABRIL DEL 2010.

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Todopoderoso que irradia sabiduría, que por su inagotable bondad me ha permitido culminar otro eslabón en mi formación profesional.

MIS PADRES: Alfredo López Xicará, Matilde Esperanza Quijivix (Q.E.P.D) pioneros y forjadores de mi formación personal.

MI ESPOSO Miguel Angel Morales C. por su amor, compañía y apoyo incondicional.

MIS HIJOS: Frisly Alejandro, Willy Armando, Christian Fernando, parte importante en mi formación, con mucho amor.

AGRADECIMIENTOS

A:

MIS ASESORES :

MsC. Miguel Angel Morales

MsC. Maritza Garcia

MsC Francisco Khalil de León

Por su amistad y apoyo brindada durante la presente investigación.

LA FACULTAD DE AGRONOMIA:

Facilitadores para realizar los estudios de Maestría.

LA COOPERACION HOLANDESA (NUFFIC) Y EL PROGRAMA FIGAL:

Por el apoyo financiero brindado para realizar los estudios de Maestría.

A LOS CATEDRATICOS DE LA MAESTRIA:

Por su amistad y compartir sus conocimientos para mi formación profesional.

A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCION:

Por su amistad y momentos vividos en el transcurso de nuestra formación profesional.

INDICE

1	INTRODUCCION:	1
2	DEFINICION DEL PROBLEMA.....	2
3	JUSTIFICACIÓN	2
4	OBJETIVOS.....	3
4.1	OBJETIVO GENERAL:	3
4.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS:	3
5	HIPOTESIS.....	3
6	MARCO TEÓRICO	4
6.1	ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS Y EXÁMENES BACTERIOLÓGICOS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL AGUA.....	4
6.1.1	Agua para consumo humano.....	5
6.1.2	Agua para uso agrícola.....	9
6.1.3	Agua para usos Industriales:	13
6.2	GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO AGUA.....	17
7	INFORMACION DEL AREA DE ESTUDIO	18
7.1	LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN:	18
7.2	CLIMA Y ZONA DE VIDA:.....	19
7.3	SUELOS:	19
7.3.1	Características Físicas y Químicas del Suelo:	19
7.3.2	Uso actual del suelo	21
7.3.3	Estudio topográfico	21
7.4	FUENTE DE AGUA SUBTERRÁNEA	21
7.4.1	Perfil Litológico	22
8	METODOLOGIA	23
8.1	FASE DE CAMPO:.....	23
8.2	FASE DE LABORATORIO	23
8.3	FASE DE GABINETE.....	24

9	ANALISIS DE RESULTADOS.....	25
9.1	CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	25
9.1.1	Análisis Físico del agua	25
9.1.2	Análisis Químico del agua	26
9.1.3	Análisis Bacteriológico del agua	27
9.2	CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO	28
9.3	CALIDAD DE AGUA PARA USO AGROINDUSTRIAL	29
9.3.1	Análisis del Índice de Saturación:	29
9.3.2	Análisis de la Clasificación de la Dureza:.....	29
9.3.3	Análisis de algunos elementos para usos agroindustriales	30
9.4	ESTUDIO TOPOGRAFICO:.....	31
10	CONCLUSIONES:.....	32
11	RECOMENDACIONES:	33
12	BIBLIOGRAFIA	34
13	ANEXOS.....	35

“DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA, SU UTILIZACIÓN PARA CONSUMO HUMANO, FINES DE RIEGO Y USO AGROINDUSTRIAL, DEL POZO DEL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMIA (CEDA), USAC.”

1 INTRODUCCION:

El presente proyecto es una aplicación directa de metodologías para la determinación de la calidad, aplicadas al agua del pozo que surte el Centro Experimental docente de Agronomía, CEDA, de la Facultad de Agronomía de la USAC, referida a su utilización para consumo humano, para riego y su uso agroindustrial.

La fuente de agua es un pozo con una profundidad de perforación de 305 m (1,000 pies) de profundidad, con un motor sumergible de 60 HP y con una producción de 189 lps.

El proceso metodológico se desarrolla por medio de toma de muestras in situ, y análisis de laboratorio de aguas, finalmente la interpretación y discusión de datos para formular una propuesta de uso más completa y segura que garantice la gestión del recurso de agua subterránea que se está aprovechando.

2 DEFINICION DEL PROBLEMA

El Centro Experimental Docente de Agronomía, fue creado como una unidad de apoyo a la docencia y a la investigación para que profesores y estudiantes puedan realizar prácticas e investigaciones que permitan corroborar el conocimiento teórico con la práctica, validar el conocimiento y retroalimentar la docencia, así como validar metodologías nuevas, y desarrollar investigación que aporte al desarrollo agrícola y ambiental del país.

Como parte de la infraestructura el Centro cuenta con un pozo que aprovecha el agua subterránea, recurso que es usado en la irrigación de los campos con cultivos generalmente de ciclo corto.

Particularmente en cuanto a su calidad para uso humano y para uso agroindustrial no se reporta información, situación que se hace relevante debido al gran número de estudiantes y profesores que lo visitan, así como el nuevo uso que al agua se ha estado dando producto de haber iniciado pequeños procesos de transformación agroindustrial.

3 JUSTIFICACIÓN

El Centro Experimental Docente de Agronomía CEDA, es una unidad de apoyo para la docencia e investigación y su única fuente de agua lo constituye un pozo de abastecimiento de agua de origen subterráneo. Sus objetivos son muy amplios y por ello el agua adquiere una amplia gama de usos desde la forma tradicional de irrigación agrícola hasta los procesos agroindustriales aplicados a los alimentos con el fin de dar valor agregado, contenido fundamental de la nueva carrera de ingeniero en industrias agrícolas y forestales que la Facultad de Agronomía ofrece.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL:

Realizar análisis físico químicos y bacteriológicos al agua del pozo del CEDA, para establecer criterios para su uso y manejo sostenible.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- a) Realizar una evaluación física, química y bacteriológica del agua del pozo del CEDA con fines de uso para consumo humano, apegados a la Norma COGUANOR 29001 (Comisión Guatemalteca de Normas).
- b) Realizar una evaluación física y química del agua del pozo del CEDA con fines de uso para riego agrícola, utilizando la clasificación del USDA (Department of Agriculture United State).
- c) Realizar una evaluación física y química del agua del pozo del CEDA con fines de uso agroindustrial, tomando en cuenta los criterios de EPA, (The Environmental Protection Agency).
- d) Identificar acciones tendientes a la gestión hídrica de la calidad del agua, para el aprovechamiento y manejo sostenible en el CEDA.

5 HIPOTESIS

En base a la situación actual en que se encuentra el suministro de agua en el Centro Experimental Docente de Agronomía, de la FAUSAC y tomando en cuenta que actualmente no se ha desarrollado un estudio completo para establecer la calidad del agua que se surte y determinar sus parámetros físicos-químicos y bacteriológicos; se presume que el agua que se consume no llena a cabalidad las normas para considerarla como agua potable y además apta para riego y para uso en agroindustria.

6 MARCO TEÓRICO

6.1 ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS Y EXÁMENES BACTERIOLÓGICOS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL AGUA

La selección de indicadores o parámetros de calidad del agua específicos depende de varios factores; la consideración más importante se refiere al objetivo de las actividades de muestreo que se contemplan. En un sentido general, habrá que definir si el objetivo establecido será, por ejemplo, pronosticar la futura calidad del agua, evaluar actividades que responden a un plan o a una norma anteriormente establecido o alertar a ciertas autoridades o a ciertos usuarios del recurso hídrico sobre problemas que pueden surgir ciertos elementos incorporados al mismo. Una segunda consideración para seleccionar los parámetros que deberían ser objeto de estudios es el aspecto del material contaminante que podría estar incorporado al curso o cuerpo de agua, proveniente de acciones del hombre o por fenómenos naturales. Una tercera consideración importante para seleccionar parámetros a ser objeto de actividades de muestreo es la capacidad y los costos de equipos e instrumentos disponibles para determinar concentraciones de dichos parámetros.

Existe indudablemente una tendencia a recomendar una lista de todos los parámetros que serían estudiados en diferentes situaciones. Esto, no obstante, es algo completamente imposible de efectuar en razón de diversos factores que se presentan bajo diversas situaciones.

6.1.1 Agua para consumo humano

Desde el punto de vista de uso doméstico, la calidad del agua, puede no ser aceptada por el público que se ha de beneficiar con el agua. Las fuentes de agua que sirven para alimentar las plantas de tratamiento, ya sean cursos naturales acumuladas en embalse y otras unidades, lagos o lagunas, o agua subterránea, requieren un tratamiento especial antes de entregarla al consumo de la población y según sea su origen y condiciones hay que modificar sus características físicas, químicas, bacteriológicas, a fin de que se cumplan las normas o requisitos establecidos para el agua potable.

Actualmente en Guatemala la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR dicta especificaciones para agua de consumo humano identificada como NGO 29 001. Donde encontramos las siguientes definiciones:

- a) **Agua potable:** es aquella que por sus características de calidad especificada en esta norma, es adecuada para el consumo humano.
- b) **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.

Nota 1. El cloro es, sin duda alguna, un desinfectante, más importante que existe, debido a que reúne todas las ventajas requeridas, además de ser de fácil utilización y menos costoso que la mayoría de los otros productos o agentes desinfectantes disponibles.

- c) **Límite máximo Aceptable (LMA):** es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba de la cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.
- d) **Límite máximo Permisible (LMP):** es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba de la cual, el agua no es adecuada al consumo humano.
- e) **Características Físicas:** son aquellas características relativas a su comportamiento físico que determinan su calidad.
- f) **Características Químicas:** son aquellas características relativas a sustancias contenidas en ellas, que determinan su calidad.
- g) **Características Bacteriológicas:** son aquellas características relativas a la presencia de bacterias, que determinan su calidad.
- h) **Grupo Coliforme,** comprende:
- **Grupo coliforme total:** son bacterias en forma de bacilos, aeróbicos y anaerobios facultativos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}$ en un período de 24 horas - 48 horas, características cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación.
 - **Grupo coliforme fecal:** son las bacterias que forman parte del grupo de coliforme total, que fermenta la lactosa con producción de ácido y gas a $44^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ en período de 24 horas $\pm$ 2 horas cuando se investiga por el método de tubos múltiples de fermentación. Al grupo de coliforme fecal también se le designa como termo tolerante o termo resistente.

- **Escherichia coli:** son las bacterias coliformes fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a 44°C ó 44.5°C con producción de gas, y que también producen indol a partir de triptófano.

Nota 2. La confirmación de que en verdad se trata de *Escherichia Coli* se logra mediante el resultado positivo en la prueba con el indicador rojo de metilo, la comprobación de la ausencia de síntesis de acetilmetilcarbinol y de que no se utiliza el citrato como única fuente de carbón. La *Escherichia Coli* es el indicador más preciso de contaminación fecal.

6.1.1.1 Características Físicas:

Cuadro No. 1. Características sensoriales. Límite máximo aceptable y límite máximo permisible que debe tener el agua potable

Característica	LMA	LMP
Color	5.0 u	50.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	25.0 UNT (2)
(1) Unidad de color en escala de platino-cobalto. (2) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.		

6.1.1.2 Conductividad Eléctrica: el agua potable deberá tener una conductividad de 100 $\mu\text{S/cm}$ a 750 $\mu\text{S/cm}$ a 25°C.

6.1.1.3 Características químicas del agua potable: son aquellas características que afectan la potabilidad del agua y que se indican en el cuadro siguiente:

Cuadro No. 2. Sustancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles

Características	LMA	LMP
Cloro residual libre (1) (2)	0.5 mg/L	1.0 mg/L
Cloruro (Cl)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Conductividad	100 a 750 μ S/cm	< de 1.500 μ S/cm
Dureza total (CaCO ₃)	100.000 mg/L	500.000 mg mg/L
Potencial de Hidrógeno (3)	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5
Sólidos Totales disueltos	500.0 mg/L	1000.0 mg/L
Sulfatos (SO ₄)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Temperatura	15.0°C – 25.0 °C	34.0°C
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L
Cinc (Zn)	3.000 mg /L	70.000 mg/L
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L

(1) El límite máximo aceptable, seguro y deseable del cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/L, después de por lo menos 30 minutos de contacto, a un pH menor de 8.0, con el propósito de reducir en 99% la concentración de *Escherichie 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 mg/L, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben de tomarse medidas similares en los casos de interrupción ó bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua.

(3) En unidades de pH.

6.1.1.4 Agua Clorada:

La cloración de los abastecimientos públicos de agua representa el proceso más importante usado en la obtención de agua de calidad sanitaria adecuada, segura, potable.

La desinfección por cloro y sus derivados significa una disminución de bacterias y virus hasta una concentración inocua, por lo que en el cuadro No. 3 se hace referencia a los límites adecuados de concentración de cloro libre residual total que este “libre” y que sirve como medida de la capacidad para oxidar la materia orgánica que pueda encontrarse en el interior de las tuberías o por ruptura de las mismas que pueda producir cierta contaminación microbiológica.

6.1.1.5 Características bacteriológicas para certificar la calidad del agua potable:

Las características para agua potable estipulan el número permisible de microorganismos coliformes fecales, en términos de las porciones normales de volumen y del número de porciones que se examina.

6.1.2 Agua para uso agrícola

Es un término que se utiliza para indicar la conveniencia o limitación del empleo del agua, con fines de riego agrícola, para cuya determinación generalmente se toman como base las características químicas del agua, como la tolerancia de los cultivos a las sales, las propiedades de los suelos, las condiciones de manejo de suelos y aguas y las condiciones climatológicas. En ocasiones los contenidos de sales son bajos, o tan altos, que en base a los resultados del análisis químico, podrá decidirse si el agua es buena o definitivamente no recomendable para el riego.

La calidad del agua para riego está determinada por la concentración y composición de los constituyentes disueltos que contenga. Por lo tanto, la calidad del agua es una consideración importantísima para la investigación de las condiciones de salinidad o contenido de sodio intercambiable en cualquier zona de riego.

En varias partes del mundo, donde el agua subterránea puede obtenerse con relativa facilidad, su calidad no es satisfactoria. De igual manera, donde se usan aguas superficiales, el aumento de la agricultura bajo riego y los cambios en las prácticas de manejo están causando problemas serios debido a la calidad de las aguas.

6.1.2.1 Características que determinan la calidad

Las características más importantes que determinan la calidad del agua para riego son:

a) Contenido de Sales Solubles

El efecto nocivo de las sales solubles, se debe a que producen presiones osmóticas en la solución del suelo que está en contacto con las raíces de las plantas, las cuales al pasar de ciertos valores, ocasionan disminuciones en los rendimientos o pérdida total de las cosechas. Estos efectos son diferentes para distintos cultivos y etapas de desarrollo.

Tales daños son mayores cuando la concentración de sales en el agua del suelo, aumenta debido a la pérdida de humedad por evapotranspiración.

Para medir el efecto de las sales solubles en el agua de riego se tienen los siguientes índices:

- Conductividad eléctrica (C.E.)

Generalmente se expresa en micromhos por centímetro a 25 C (CE X10⁶) La CE es una medida indirecta de la presión osmótica que ha recibido gran difusión, debido a la facilidad y rapidez con que puede ser determinada en un puente de conductividad eléctrica.

- Salinidad Efectiva (S: E:)

Es una estimación más real del peligro que presentan las sales solubles del agua de riego al pasar a formar parte de la solución de suelo, pues se toma en cuenta la precipitación ulterior de las sales menos solubles como los carbonatos de calcio y magnesio, y sulfatos de calcio.

- Relación de adsorción de sodio (RAS)

Es uno de los índices más difundidos para medir el peligro de sodificación que presenta el agua de riego. Los constituyentes inorgánicos solubles de las aguas de riego reaccionan con los suelos en forma iónica. Los principales cationes son calcio, magnesio y sodio, con pequeñas cantidades de potasio. Los aniones principales son carbonato, bicarbonatos, sulfatos y cloruros y en menor cantidad nitratos y fluoruros. El peligro de sodificación que entraña en uso de agua de riego, queda determinado por las concentraciones absoluta y relativa de los cationes. Si la proporción de sodio es alta, será mayor el peligro de sodificación y, al contrario, si predominan el calcio y el magnesio, el peligro es menor.

b) Concentración de Bicarbonatos:

En aguas ricas en iones bicarbonato hay tendencia del calcio y del magnesio a precipitaren 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 del sodio.

c) Contenido de elementos tóxicos para las plantas

Dentro de los elementos que contienen en solución las aguas de riego, existen algunos que independientemente de los efectos anteriores, son tóxicos para las plantas, aún en pequeñas cantidades. Los que más a menudo se presentan son el Boro, el ión cloruro, el Litio y el Sodio, aunque los efectos tóxicos de estos últimos no han sido suficientemente estudiados.

d) Contenido de Boro

El boro se encuentra en casi todas las aguas naturales y su concentración varía desde trazas hasta varios miligramos por litro. Es esencial para el crecimiento de las plantas, pero demasiado tóxico cuando excede apenas ligeramente el nivel óptimo

e) Contenido de Cloruros

Según ha reportado varios investigadores, el ión cloruro es especialmente tóxico en árboles frutales, como cítricos y en algunos cultivos de fresa. En vista de que en la actualidad se carece de información sobre la tolerancia de otros cultivos, sólo se recomienda utilizar este índice cuando se vaya a regar alguno de los cultivos especificados.

6.1.3 Agua para usos Industriales:

Los usos industriales del agua son múltiples y dependen de la clase, tamaño y el producto terminado de cada industria. En términos generales se puede afirmar que los procesos industriales implican el consumo de agua, como medio dinámico de transporte de sustancias, elaboración de sus productos, operaciones de limpieza, refrigeración y producción de vapor.

Los requisitos de calidad para usos industriales, son muy variables y relativos a la clase de industria y el destino del agua, por lo que resulta difícil establecer una norma de calidad simple, para que pueda ser aplicada a la multitud de propósitos industriales. Generalmente los requisitos del agua para uso industrial exceden muy a menudo de los límites recomendados para los suministros públicos.

Debido al consumo de grandes cantidades de agua con requerimientos específicos, muchas industrias prefieren aplicar tratamientos especiales para su propia producción. Otras industrias usan el agua proveniente de suministros públicos a la cual le aplican tratamientos adecuados para obtener una calidad de agua conveniente al proceso industrial.

Otras usan el agua de los suministros públicos sin tratamiento especial, en equipos de refrigeración, calefacción en instalaciones residenciales o pequeñas industrias, pero debe tenerse en cuenta que es imposible que el agua de consumo público tenga los requisitos apropiados para emplearla en usos industriales. Sin embargo, la tecnología moderna sobre tratamientos de agua, permite que agua de cualquier calidad pueda tratarse para proveer las características deseadas por la industria para su uso inmediato.

Ocasionalmente, estos tratamientos son costosos, pero en general el costo del tratamiento del agua para un proceso específico es aceptable en la industria, porque este es una pequeña parte de la producción total y de los costos del mercado. Debido a lo diversificado del agua para usos industriales, no es posible en una forma general y simple establecer características que determinen índices adecuados sino que la mayoría de reglamentos de normas han colocado los valores aceptables entre aquellos recomendados para otros usos tales como para suministros públicos, áreas de recreación, agricultura, protección para la vida acuática y fuentes de agua empleadas por la industria.

La EPA (The Environment Protection Agency) de E.E.U.U. en su Water Quality Criterio, de marzo 1973, presenta un sumario de características específicas de agua superficiales que han sido usadas como fuentes de suministros de agua para usos industriales y que en el presente documento sería largo de exponer, por lo que se hace mención de la referencia.

Por considerarlo ilustrativo, se mencionan algunos casos de las exigencias de calidad de agua para algunas industrias comunes en muchos países. Los requisitos de turbiedad, color, olor no son conflictos con los establecimientos para suministros, ciertas industrias de productos alimenticios, en especial de bebidas, frecuente necesitan aplicar procedimientos correctivos de olor y sabor a fin de asegurar una buena calidad en el producto terminado.

En algunas industrias alimenticias, fabricantes de papel y textiles necesitan establecer ciertas exigencias de tipo biológico. La presencia de microorganismos como bacterias y pseudomonas pueden causar problemas, bacterias, algas, hongos (mohos y levaduras), pueden producir daños en los productos finales de industria de textiles y papeleras.

Uno de los parámetros más importantes de considerar en varios tipos de industria lo constituye la dureza, por ocasionar incrustaciones y depósitos de sales de calcio, evaporadores y sistemas de enfriamiento, en industrias textiles y lavanderías una dureza alta, causa problemas.

En industrias alimenticias se producen precipitados de sales de calcio y magnesio con azúcares en pérdidas de ácido ascórbico y originando deposiciones de calcio durante el blanqueado de frutas y legumbres; en la industria cervecera prefiere que el agua tenga un contenido considerable de dureza, para asegurar la reacción óptima de enzimas que intervienen en el proceso, es necesario agregar sales como cloruros y sulfatos de calcio.

Las industrias de café soluble, emplean agua blanda, por lo que aplican procesos de intercambiadores de iones y de ablandamiento para reducir la dureza del agua al mínimo; la presencia de hierro y magnesio, puede conducir a la producción de manchas más tenaces en equipos industriales y cantidades excesivas de éstos pueden afectar el sabor y color de alimentos y bebidas.

6.1.3.1 Nominaciones dadas al agua según su contenido de sales minerales:

De aquí se derivan los nombre de aguas “duras” y de aguas “blandas”, aunque inicialmente los motivos de sus nombres eran otros; puesto que se le llamaba aguas duras a las que requerían cantidades considerables de jabón para producir espuma; y también se les llamaba así porque producían depósitos en las tuberías de agua caliente, en calderas y en otros equipos donde se trabajaba con agua a altas temperaturas.

El término de “dureza” del agua es definido como una característica del agua, la cual presenta la concentración total de los iones de calcio y magnesio, expresadas en mg/L como carbonato de calcio.

El agua “blanda” o “suave” es la que se caracteriza por su baja concentración de iones de calcio y magnesio, expresados como carbonato de calcio.

Dureza mg/L como CaCO_3	Clasificación del Agua
00 - 50	Suave
50 - 150	Moderadamente Dura
150 - 300	Dura
300 - y más	Muy Dura

Del cuadro anterior se deriva la importancia del acondicionamiento industrial que se debe dar al agua con tratamientos físico, químicos o mecánicos dependiendo del tipo de agua; con el objetivo principal de eliminar la dureza del agua, la cual puede ser causante de molestias que perjudican grandemente al equipo y accesorios donde se emplea.

6.1.3.2 Índice de Langelier para Saturación del Carbonato de Calcio:

La materia mineral disuelta en la mayor parte de los abastecimientos de agua, consiste principalmente de calcio y magnesio en forma de dureza de bicarbonatos y dureza de no carbonatos, principalmente cloruros y sulfatos. Se encuentran usualmente presentes, sales de sodio, bióxido de carbono disuelto y otros gases.

La tendencia de un abastecimiento de agua, para depositar incrustaciones se da cuando se calienta: se hace más alcalina o ataca corrosivamente los metales, dependiendo del balance entre los varios constituyentes.

El índice de saturación se da por la diferencia algebraica entre el pH actual y el pH calculado de saturación. Cuando el índice de saturación es cero, existe un equilibrio de saturación y no hay formación de incrustación y el ataque corrosivo se disminuye al mínimo.

Cuando el índice de saturación es positiva, es decir, cuando el pH actual es mayor que el pH calculado existe una condición de sobresaturación de carbonato de calcio con respecto a la alcalinidad y a los sólidos totales a las condiciones existentes de temperatura, habiendo tendencia para depositar incrustación sobre la superficie de transmisión de calor.

Cuando el índice de saturación es negativa, el equilibrio está desbalanceado en dirección opuesta, y ocurrirá corrosión del metal descubierto y se disolverá cualquier incrustación previamente formada.

Para inhibir la corrosión, es necesario mantener un índice de saturación ligeramente positivo, suficientemente alto para asegurar en forma definitiva la deposición de incrustación. El valor deseado puede variar de + 0.6 a + 1.0 dependiendo de la presencia de sustancias inhibidoras.

La aplicación de este índice es importante pues no se desea corroer ni producir incrustaciones en los equipos y accesorios por donde el agua ejerce su trabajo.

6.2 GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO AGUA

Es fundamental que la gestión del agua en relación con la conservación, manejo y desarrollo de los recursos hídricos incluyan diversos enfoques, acciones y actividades para suministrar agua a todos los habitantes; pues, el agua contribuye a mejorar las condiciones económicas, sociales y ambientales, además de desempeñar un papel importante en la lucha contra la pobreza, la promoción del crecimiento y desarrollo, así como en la conservación de la biodiversidad.

Según el IV Foro Mundial del Agua, celebrada en marzo del 2006, en la ciudad de México, se estableció compromisos entre ellos los retos del milenio los más importantes se refieren a la autosuficiencia en agua, en alimentos y de fomento a la educación ambiental. La escasez del agua se presenta cuando la demanda excede al abastecimiento; en donde influye el crecimiento demográfico, o aquellas prácticas que demandan cantidades excesivas de agua, como es la agricultura. El 70% del total de agua fresca en el mundo, se usa para producir alimentos y fibras. La proyección indica que para el 2050, dos tercios de la población mundial se enfrentarán a la escasez del agua, las consecuencias serán de tipo social, económico, político y ecológico.

En todo el mundo se hace un mal uso de grandes cantidades de agua, con subvenciones agrícolas inapropiadas, sistemas de riego ineficientes, fijación inadecuada de precios, ordenación ineficiente de las cuencas hidrográficas y otras prácticas no adecuadas.

7 INFORMACION DEL AREA DE ESTUDIO

7.1 LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN:

El Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA), Universidad de San Carlos de Guatemala, está situado al sur de la Ciudad Universitaria zona 12, ubicada dentro de la cuenca del Río Michatoya, en la subcuenca del Río Villa Lobos y se encuentra ubicado geográficamente en las coordenadas, latitud Norte 14°35'11", longitud oeste 90°35'58" y su elevación sobre el nivel del mar es de 1,502 msnm. Los campos del CEDA, según Cordón, cubren una superficie de 22.38 Ha. Ver Mapa de Localización en Anexo I.

7.2 CLIMA Y ZONA DE VIDA:

Según el mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento de la República de Guatemala, a escala 1:6, 000,000; publicado por el Instituto Nacional forestal, la ciudad de Guatemala se encuentra dentro de la zona de vida: Bosque Húmedo Sub-tropical Templado (Bh-st). Las condiciones climáticas son las siguientes:

- Precipitación pluvial de 1,216 mm,
- Temperatura media anual 19.3 grados centígrados
- Humedad relativa anual de 79%.

7.3 SUELOS:

Los suelos del área de riego, de acuerdo a la clasificación USDA en una extensión de ocho hectáreas, presentan un pendiente adecuada para riego: el declive dominante es de 0 a 2 % (Ver Anexo I). La textura en el perfil es arcillosa, friable en condiciones óptimas de humedad, hasta una profundidad de 60 cm; y luego hasta 90 cm predomina la textura arcillosa. Todo ello hace que los suelos tengan una conductividad hidráulica moderadamente baja y con un drenaje también moderado en el desalojo de los excesos de humedad. Estas limitaciones hacen que el suelo sea clasificado en las clases de suelo II para riego.

7.3.1 Características Físicas y Químicas del Suelo:

Las propiedades físicas de los suelos del CEDA se presentan en el siguiente cuadro. Las muestras en los análisis anteriores representa dos estratos 0 – 20 y 30 -60 cm, debido a que la zona radicular de hortalizas es normalmente de 60 cm.

Cuadro No. 3. Propiedades físicas del suelo para el perfil 0 – 60

Estrato	Textura	PMP %	C C %	DA g/cm³	L.H.A Cm	D P M %	L H R A cm
0 – 30 cm	Arcillosa	18.98	31.25	1.035	3.73	40	1.49
30 – 60 cm	Arcillosa	19.15	32.01	1.000	3.89	40	1.56

Fuente: Laboratorio de Suelo y Agua Facultad de Agronomía.

PMP = Punto de marchitez permanente
Da = Densidad aparente
D.P.M. = Déficit permitido de manejo

CC = Capacidad de campo
L.H.A. = Lámina de humedad aprovechable
L.H.R.A.= Lámina de humedad rápidamente aprovechable

Para la realización del análisis químico del suelo, se tomaron muestras de suelo, luego se mezclaron hasta homogenizar y se tomo 1 Kg de suelo el cual se envió al laboratorio de suelo de la Facultad de Agronomía de la USAC, para contar posteriormente con recomendaciones de fertilización.

Cuadro No. 4. Resultados de análisis químico del suelo, perfil 0 – 60 cm

Estrato	pH	µg/ml P	µg/ml K	meq/100 ml de suelo Ca	Meq/100 ml de suelo Mg
0 – 30 cm	6.1	23.27	147	10.18	1.98
30 – 60 cm	6.8	15.58	445	13.73	5.70

Fuente: Laboratorio de Suelo y Agua Facultad de Agronomía.

El estrato de 0 – 30 cm presenta niveles de fósforo y potasio bajos.

El estrato de 30 – 60 cm presenta niveles de fósforo bajo y potasio alto.

Los niveles de Ca y Mg están adecuados.

7.3.2 Uso actual del suelo

La ocupación más reciente sobre el uso del suelo se presenta en un mapa el cual se elaboro sobre la base de técnicas de sistemas de información geográfica, en el cual se indican todos los usos que se dan a la superficie del terreno en el CEDA. Ver en Anexo I Mapa de uso actual.

7.3.3 Estudio topográfico

Para el estudio del relieve topográfico se elaboró un mapa de pendientes sobre la base de técnicas de sistemas de información geográfica, en el cual se puede apreciar el dominio de las pendientes y la orientación del drenaje superficial. Ver en anexo I Mapa de pendientes.

7.4 FUENTE DE AGUA SUBTERRÁNEA

La fuente de agua es un pozo con una profundidad de perforación de 305 m (1,000 pies) de profundidad, con un nivel dinámico 169 m (555 pies) para una producción de 18.4 lps (292 gpm) para una prueba de aforo de 24 horas ininterrumpidas.

Al realizar una prueba de bombeo, que después de 12 a 24 horas de bombeo continuo; el caudal se mantuvo con 18.4 lps (292 gpm), y logro su recuperación de nivel estático en 90 minutos, lo cual indica que se puede operar 22 horas al día.

Para el bombeo se instaló una bomba sumergible de 60 HP/14 etapas, a 219 m (718 pies) de CDT; así como un motor sumergible de 60 HP, 460 voltios trifásicos, 3,500 rpm y 60 Hz.

7.4.1 Perfil Litológico:

El perfil litológico presenta un predominio de materiales de buena transmisibilidad, favoreciendo la conductividad hidráulica y por ende la recuperación del nivel estático en poco tiempo lo cual garantiza un potencial permanente del acuífero.

A continuación se describe el perfil litológico del pozo:

- Poma amarilla (20 pies)
- Poma blanca y arena fina blanca (20 pies)
- Poma blanca y arena fina blanca y negra (60 pies)
- Arena gruesa negra con grava negra (120 pies)
- Poma blanca y arena gruesa negra y arena fina blanca (140 pies)
- Arena gruesa negra con arena fina blanca y poca grava negra (600 pies)
- Barro amarillo (10 pies)

Estos materiales hidrogeológicos son muy permeables, no presentan dificultad para movimientos del agua. Adicionalmente el pozo cuenta con un sello sanitario de cemento de 85.9 a 91.5 m (282 a 300 pies). filtro de grava de: 91.5 a 305 m (300 a 1000 pies), pozo con nariz de cemento.

8 METODOLOGIA

Los aspectos metodológicos básicos desarrollados para el logro de los resultados, se resumen de la manera siguiente:

8.1 FASE DE CAMPO:

- a. Reconocimiento del área de estudio que nos permita hacer la mejor definición de mapas necesarios para la delimitación e identificar el uso actual, la infraestructura, pendientes.
- b. Localización de las fuentes de abastecimiento del servicio (pozo).
- c. Toma de muestras de la fuente. Se siguieron las recomendaciones establecidas para el muestreo de pozos los cuales deben bombearse por espacio de 5 a 10 minutos a fin de descargar el agua almacenada en la tubería y tomar una muestra promedio del agua que abastece el pozo; para el análisis bacteriológico, se usaron recipientes debidamente desinfectados. Los datos de temperatura fueron tomados in situ, igual que la determinación del nivel de cloro. El registro de muestreo se establece durante los meses de julio, agosto, y septiembre.

8.2 FASE DE LABORATORIO

- a. Envío de muestras de agua a laboratorio especializados en análisis de aguas y suelos (Facultad de Agronomía, Facultad de Ingeniería) para el correspondiente análisis

8.3 FASE DE GABINETE

- a. Revisión de literatura: Se realizó una revisión documental para profundizar sobre el tema y sistematizar el conocimiento así como las experiencias existentes en esta área.
- b. Análisis de los componentes Físico-Químico Sanitario y Bacteriológico determinados para consumo humano en las muestras y su comparación con los parámetros establecidos en las Normas COGUANOR.
- c. Análisis de los componentes Físico-Químico determinados para uso agroindustrial en las muestras y su comparación con los parámetros establecidos en la EPA. (The Environmental Protection Agency) de E.E.U.U. en su Water Quality Criterio, 1972, Sección V “Industrial Water Supplies.
- d. Análisis de los elementos Químicos determinados y su comparación con los parámetros establecidos en la clasificación de agua del laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de Estados Unidos Riverside, California.
- e. Los resultados obtenidos para cada parámetro fueron promediados y estos valores fueron comparados con los Límites Máximos Aceptables, y Límites Máximos Permisibles, establecidos para cada uso y se establecieron las conveniencias y limitaciones de uso del agua para cada sector propuesto.
- f. La última fase del trabajo es la elaboración de un informe final que incluye interpretación de resultados, conclusiones y recomendaciones para la mejora de la gestión de la calidad del agua del pozo del CEDA.

9 ANALISIS DE RESULTADOS

9.1 CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

9.1.1 Análisis Físico del agua

Cuadro No. 5. Características sensoriales. Límite máximo aceptable, límite máximo permisible y resultados promedio obtenidos durante la fase de estudio.

Característica	LMA	LMP	Resultados Promedio
Color	5.0 u	50.0 u (1)	01.00 u
Olor	No rechazable	No rechazable	Inodora
Sabor	No rechazable	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	25.0 UNT (2)	0.37 UNT
(1) Unidad de color en escala de platino-cobalto. (2) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.			

Analizando la calidad de agua del pozo en estudio, con base a las especificaciones para agua potable según la Norma COGUANOR NGO 29001 se puede observar que las características físicas se encuentran en los límites aceptables.

9.1.2 Análisis Químico del agua

Cuadro No. 6. Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables, límites máximos permisibles y resultados promedio obtenidos durante la fase de estudio.

Características	LMA	LMP	Resultados Promedio
Cloro residual libre (1) (2)	0.5 mg/L	1.0 mg/L	0.2 mg/L *
Cloruro (Cl)	100.000 mg/L	250.000 mg/L	16.67 mg/L
Conductividad	100 a 750 μ S/cm	< de 1.500 μ S/cm	297.67 μ S/cm
Dureza total (CaCO ₃)	100.000 mg/L	500.000 mg/L	109.33 mg/L
Potencial de Hidrógeno (3)	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5	6.5
Sólidos Totales disueltos	500.0 mg/L	1000.0 mg/L	170 mg/L
Sulfatos (SO ₄)	100.000 mg/L	250.000 mg/L	1.67 mg/L
Temperatura	15.0°C – 25.0 °C	34.0°C	21 °C *
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L	-----
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L	24.05 mg/L
Cinc (Zn)	3.000 mg /L	70.000 mg/L	0.000 mg/L
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L	0.000 mg/L
(1) El límite máximo aceptable, seguro y deseable del cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/L, después de por lo menos 30 minutos de contacto, a un pH menor de 8.0, con el propósito de reducir en 99% la concentración de <i>Escherichie Coli</i> 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 mg/L, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben de tomarse medidas similares en los casos de interrupción ó bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua. (3) En unidades de pH.			

Dentro de los resultados del análisis químico observamos que las determinaciones de las substancias se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de normalidad. Según Norma COGUANOR NGO 29001

9.1.3 Análisis Bacteriológico del agua

Cuadro No. 7. Resultado Promedio de Investigación de Coliformes (Grupo Coli-Aerógenos) obtenidos durante la Fase de Estudio.

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS -35°C	TOTAL	FECAL 44.5°C
10,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
01,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
00,10 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
Resultado; Número más probable de gérmenes coliformes/100 cm ³		< 2	< 2

Bacteriológicamente el agua es POTABLE, según Norma COGUANOR NGO 29001.

Considerando los resultados de los análisis: físico, químico y bacteriológico de las muestras según Cuadros No. 5, 6, y 7 cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29001; por lo que el agua es apta para consumo humano. El monitoreo en campo con clorímetro reflejo un nivel bajo igual a 0.2 mg/L por lo que debe tomarse en cuenta la cloración en la obtención de agua de calidad sanitaria adecuada, segura, y potable; pues la desinfección por cloro y sus derivados significa una disminución de bacterias y virus hasta una concentración inocua.

9.2 CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO

El resultado de los análisis de agua en el laboratorio de suelo y agua de la Facultad de Agronomía de la USAC. Los resultados son los siguientes:

Cuadro No. 8. Resultado de análisis químicos de agua con fines de riego.

ID	pH	μS/cm C.E	Meq/litro				Ppm				RAS	CLASE	Meq/litro	
			Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn			CO3	HCO3
Pozo	6.8	284	1.22	0.82	0.87	0.02	0	0	0	0	0.87	C2S1	----	2-52

Fuente: Laboratorio de Suelo y Agua Facultad de Agronomía

C2: Agua de Mediana Salinidad

S1: Agua de Baja Sodicidad (Bajo contenido de sodio)

Utilizando la clasificación de agua del riego del laboratorio de salinidad del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, Riverside, California; el cual se basa primordialmente en la conductividad eléctrica (CE) y en la relación de adsorción de sodio (RAS) del agua; usando como coordenadas la RAS de 0.87 y $CE \times 10^6 = 284$, del diagrama de clasificación de agua para riego se clasifica el agua como C2-S1.

El significado e interpretación de la clase C2-S1 de acuerdo al diagrama se resume así:

- CONDUCTIVIDAD: “Agua de mediana Salinidad” (C2); puede usarse para el riego siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales.

- b) SODIO: “Agua de baja Sodicidad (S1); puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.”

9.3 CALIDAD DE AGUA PARA USO AGROINDUSTRIAL

9.3.1 Análisis del Índice de Saturación:

Cuadro No. 9. Resultado promedio del Índice de Saturación

pH Laboratorio	pH Saturación	Índice de Saturación
6.50	7.98	-1.48

El índice de saturación muestra que la diferencia algebraica entre el pH actual y el pH calculado de saturación es negativa, por lo que el equilibrio está desbalanceado en dirección a la corrosión, por lo tanto es un agua corrosiva.

9.3.2 Análisis de la Clasificación de la Dureza:

Cuadro No. 10. Resultados promedio de Valores de Dureza

DUREZA TOTAL	DUREZA CARBON	DUREZA NO CARBON
109.33	109.33	00.00

En relación a la dureza total se clasifica en la Moderadamente dura lo cual representa un riesgo de corrosión en los equipos y accesorios por donde el agua ejerce su trabajo.

9.3.3 Análisis de algunos elementos para usos agroindustriales

Cuadro No. 11. Límites para Calidad del Agua de algunos Productos para Uso Industrial.

INDUSTRIA	Turbiedad UNT	Color U	Dureza mg/L	pH	SDT mg/L	Fe y Mn mg/L	S.S. mg/L	Cloruros mg/L
Alimentos en General	10					0.2		
Bebidas Carbonatadas	2	10	250		850	0.3		
Calderas	10	40	40	8.5	500-2500			
Cervecería	10			6.5-7.0	500	0.1		
Conservas	10	5	250	6.5–8.5	500	0.4	10	250
Confitería					100	0.2		
Hielo	1- 5	5		7.0	300	0.2		
Pan	10	10				0.2		
Plásticos	2	2			200	0.2		
Papel y Pulpa	50	30	150	6.0-10.	300	0.3		1000
Refrigeración	50					0.5		
Textiles	5	5	25	6.0-8.0	100	0.1	5	
Tenería		5	150	6.0-8.0		0.3		

Elaboración con base en American Water Works Association.

Las aguas subterráneas, en la mayoría de los casos gozan del privilegio, casi no necesitan tratamiento, algunas veces es necesario someterlos a ciertos procesos de corrección, como por ejemplo la desinfección, ablandamiento, control de equilibrio de carbonatos para prevenir corrosión, eliminación de elementos tóxicos naturales como arsénico y fluoruros.

En relación a suministros industriales, se debe mencionar la tendencia creciente por parte de los consumidores, de solicitar una mejor calidad del agua y una mayor uniformidad en las características.

Las mejoras introducidas por la tecnología son capaces de obtener una diferencia entre la calidad de agua cruda y tratada.

9.4 ESTUDIO TOPOGRAFICO:

En base a la observaciones de campo realizadas en el área de estudio y analizando el mapa de pendientes (0-70%) y precipitación pluvial existente (1,216 mm anuales), se establece que existe escorrentía el sentido norte-sur, que pueden ser aprovechadas para implementar un sistema de captura del agua de escorrentía y enriquecimiento de la napa freática, por medio de pozos de absorción.

También pudo observarse que existe en el CEDA infraestructura en construcciones, desde un edificio de vinculación, garaje, bodegas, oficinas y siete invernaderos los cuales aproximadamente suman un área techada de 4,500 m², los cuales en la época lluviosa pueden implementarse como un sistema de cosecha de agua de lluvia.

Así mismo el CEDA, contiene en la parte central las mayores pendientes que definen un cauce natural de tipo subcuenca (barranco), el cual debe ser incluido dentro del sistema conservación del recurso hídrico como área de captación de agua la cual requiere de un manejo que requiere de reforestación con especies forestales propias de la zona.

10 CONCLUSIONES:

- 10.1** De acuerdo con los resultados del análisis físico, químico y bacteriológico del agua del pozo estudiado, que el agua no representa ningún riesgo para el consumo humano, según la normativa de COGUANOR NGO 29001.
- 10.2** La evaluación de las características del agua para uso agrícola, se concluye que puede ser utilizada para el riego de cualquier cultivo siempre y cuando haya un grado moderado de lavado; ya que se clasifica como C2S1.
- 10.3** El índice de Langelier determina que el agua es corrosiva por lo que su uso en la agroindustria puede ocasionar deterioro de ciertos equipos; sin embargo, con un debido tratamiento del agua puede ser utilizada en algunos procesos agroindustriales contenidos en el cuadro No. 11.
- 10.4** Actualmente el agua del Pozo es utilizada en un 80% para la agricultura a campo abierto y agricultura intensiva en invernaderos.
- 10.5** Según el estudio topográfico es factible la implementación de acciones tendientes al manejo sostenible del agua; construyendo un sistema de pozos de absorción para enriquecimiento de la napa freática, cosecha de agua de lluvias para irrigación y un plan de reforestación de la microcuenca.

11 RECOMENDACIONES:

- 11.1** Dado que el agua que suministra actualmente el pozo del Centro Experimental de Agronomía llena las especificaciones contenidas en la Norma COGUANOR NGO 29001 para consumo humano; sin embargo, se recomienda la utilización de cloro para la desinfección y potabilización. Además el uso de filtros de carbono permitirá que ésta pueda ser embotellada para su comercialización y distribución
- 11.2** Se recomienda la implementación de un plan de monitoreo de la calidad del agua por medio de muestreos bimensuales para análisis físico, químico y bacteriológico para tener un registro de la potabilidad del agua.
- 11.3** Al determinarse que el agua es corrosiva, se recomienda un proceso de tratamiento a base de cal como medida de corrección para ser utilizada en procesos agroindustriales.
- 11.4** Para lograr el uso, aprovechamiento y manejo sustentable del agua se recomienda realizar un Proyecto de Gestión Hídrica a través de la implementación del proyecto “Sistema de Captación, Conducción y Almacenamiento de Agua de Lluvia para Uso Agrícola en el CEDA”.

12 BIBLIOGRAFIA

1. Anaya, GM. 1977. Optimización del aprovechamiento del agua de lluvia para la producción agrícola bajo condiciones de temporal deficiente. MDX Hernández (ed). Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 45 p.
2. Anaya, GM; Juan, JM. 2007. Manual: sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para el uso doméstico y consumo humano en América Latina y el Caribe. México, Colegio de Postgraduados. 149 p.
3. Anaya, GRCl. 2001. Escases de agua en América Latina y Medio Oriente: estudios de caso, problemas y soluciones. Puebla, México, Universidad de la Américas. 148 p.
4. APHA (American Public Health Association, US); AWWA (American Water Works Association, US); WPCF (Water Pollution Control Federation, US). 1985. Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desechos. Trad. por PJ Caballero. 15 ed. México, Interamericana. p. 265-328.
5. Castillo Orellana, S. 1989. Análisis de la calidad del agua con fines de riego. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas. 108 p.
6. COGUANOR (Comisión de Normas, GT). 2004. Norma COGUANOR NGO 29001: agua potable, especificaciones. Guatemala. p. 2-5.
7. ERIS (USAC, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, GT). 1978. Tópicos sobre la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. Guatemala. p. 8-50.
8. Monzón, I. 2009. Indicadores de la calidad del agua. *In* Curso de capacitación sobre calidad del agua (2009, Guatemala, GT). Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Subárea de Ingeniería Agrícola / Proyecto Figal. s.p.

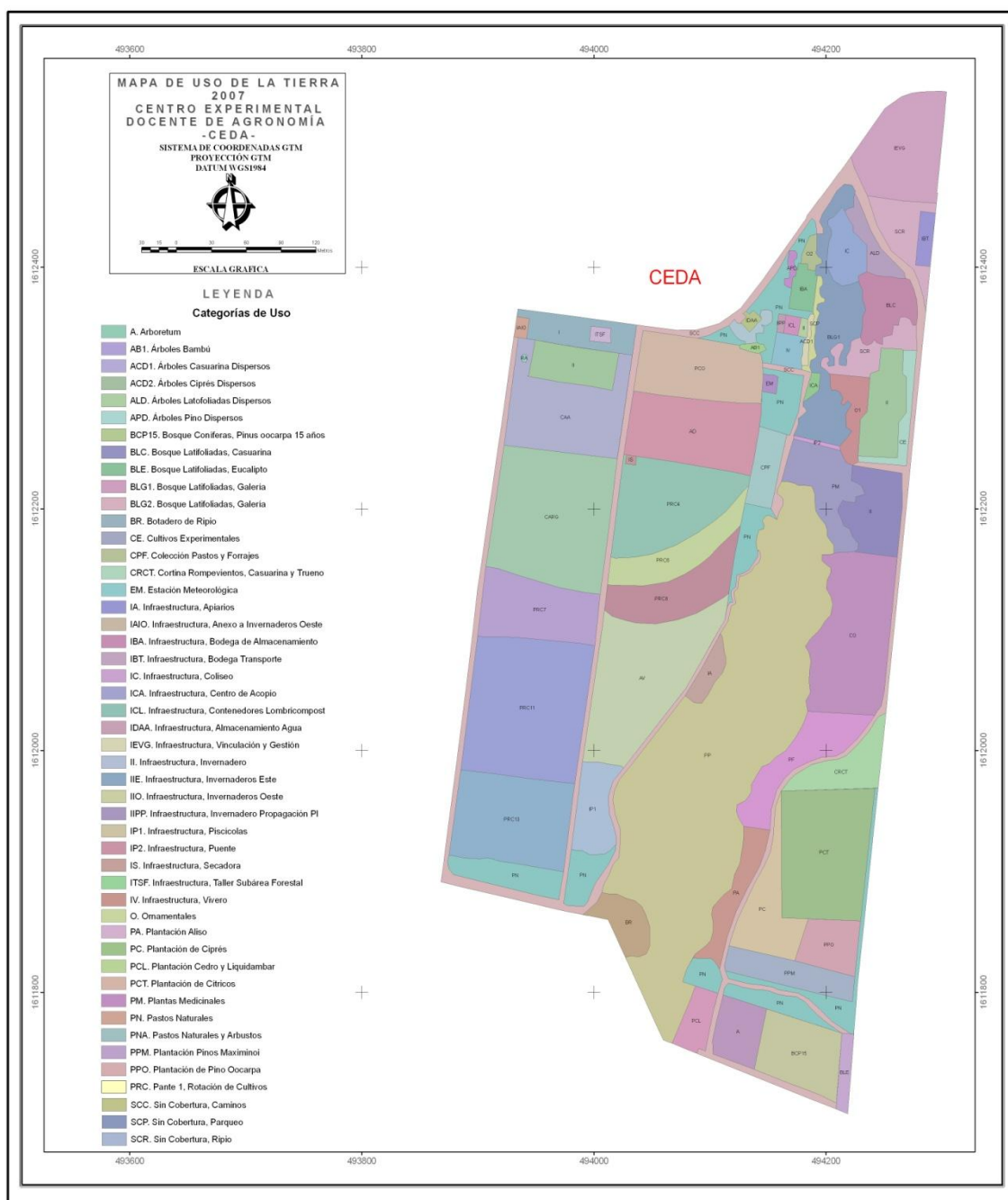
ANEXO I

MAPAS DEL CENTRO EXPERIMENTAL

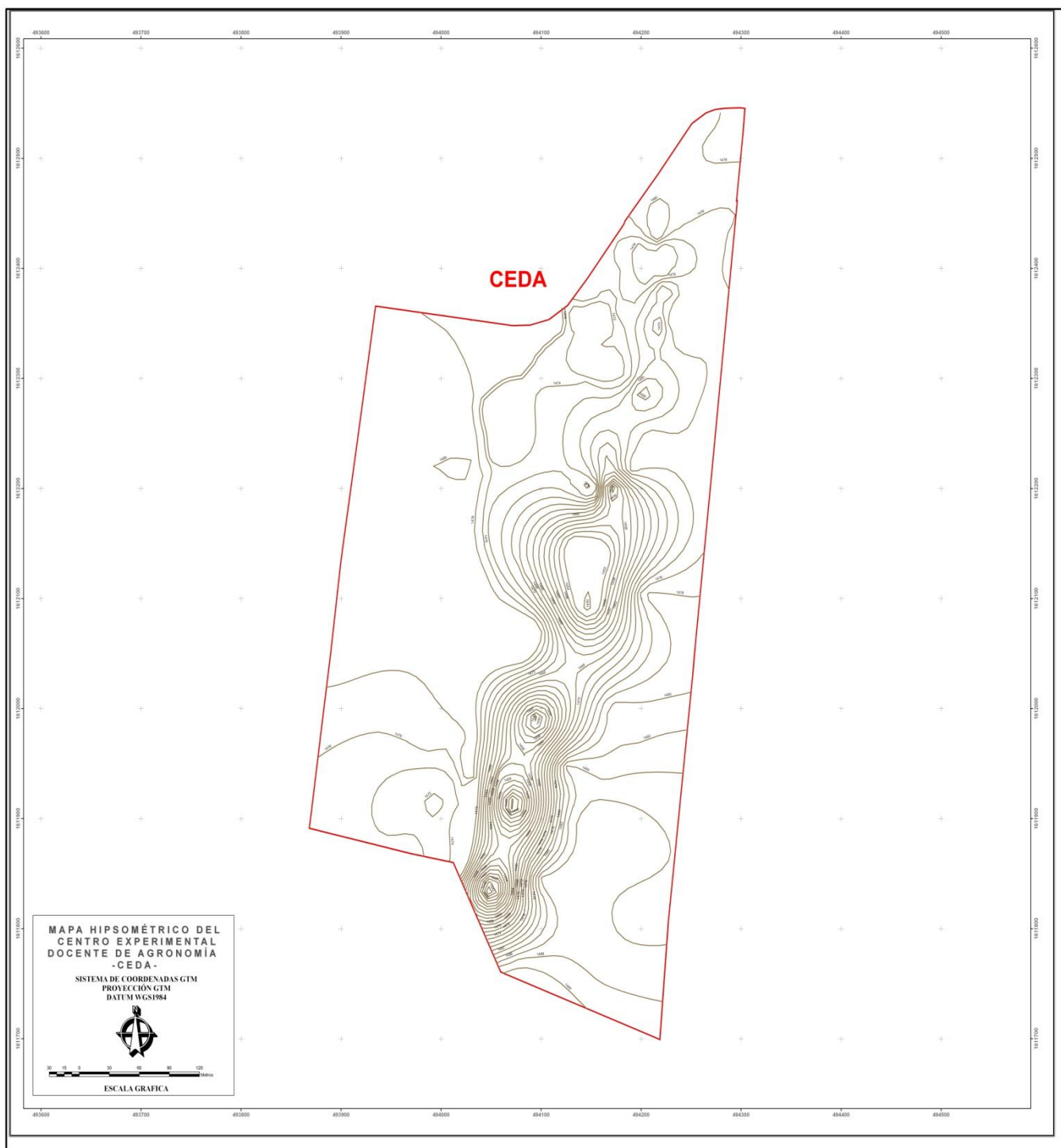
DOCENTE DE AGRONOMIA



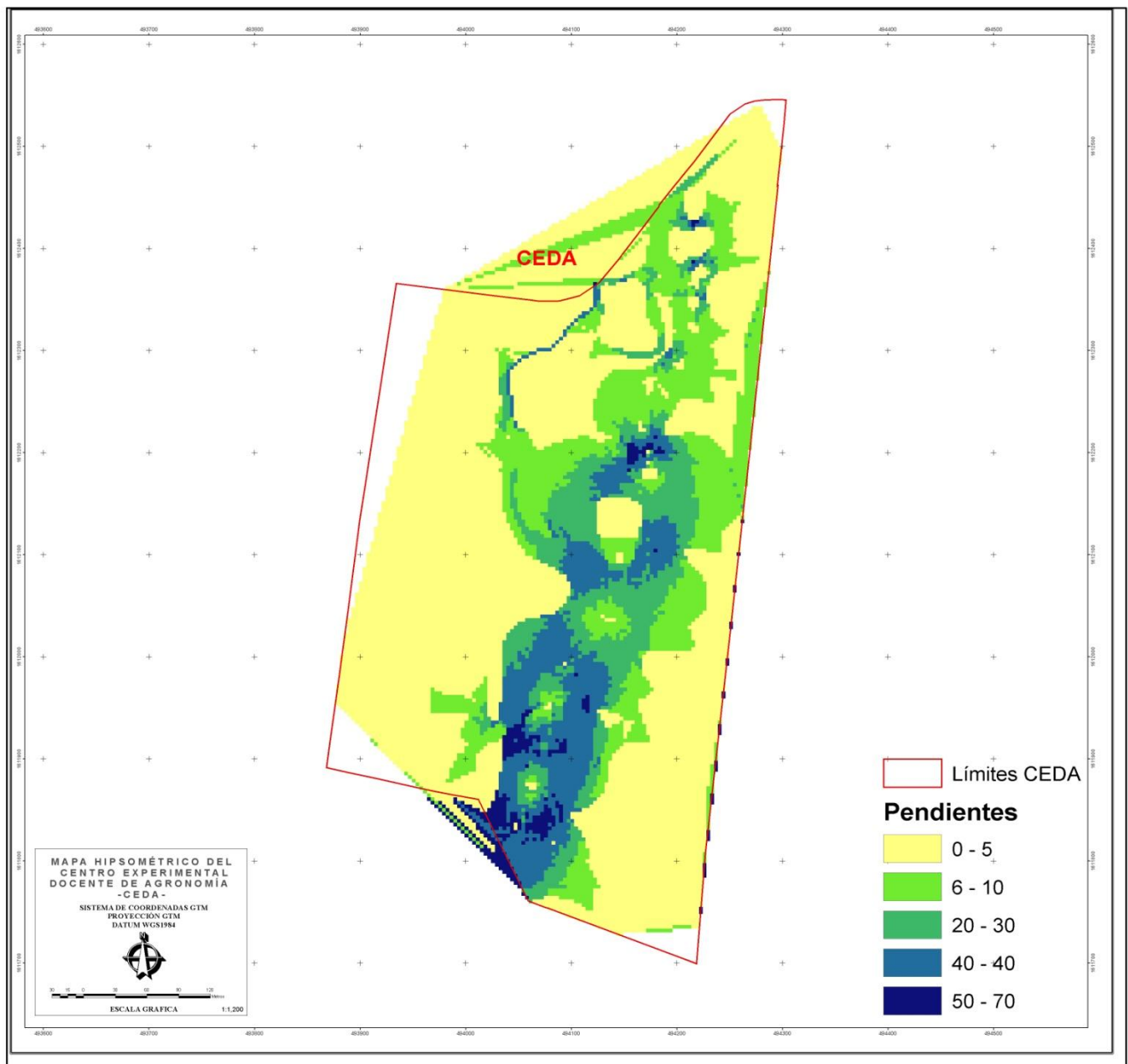
**MAPA DE DELIMITACION DEL CENTRO EXPERIMENTAL
DOCENTE –CEDA–**



**MAPA DE USO DE LA TIERRA DEL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE
AGRONOMIA –CEDA- 2007**



**MAPA HIPSOMETRICO DE NIVELES DEL CENTRO EXPERIMENTAL
DOCENTE DE AGRONOMIA -CEDA-**



**MAPA HIPSONÉTICO DE PENDIENTES DEL CENTRO
 EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA –CEDA–**

ANEXO II

RESULTADOS DE MUESTRAS

DE AGUA

**ANALISIS FISICO QUIMICO SANITARIO Y
BACTERIOLOGICO PARA CONSUMO
HUMANO**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 004216

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO						
O.T. No. 25 922		INF. No. 23 772				
INTERESADO:	BRENDA YOMARA LÓPEZ (Carné 100016601)		PROYECTO:	Maestría de Gestión Ambiental local		
RECOLECTADA POR:	Interesado		DEPENDENCIA:	FACULTAD DE AGRONOMÍA/USAC		
LUGAR DE RECOLECCIÓN:	Centro Experimental Docente de Agronomía		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2009-08-31; 12 h 00 min.		
FUENTE:	Pozo		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.:	2009-08-31; 13 h 15 min.		
MUNICIPIO:	Guatemala		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE:	Sin refrigeración		
DEPARTAMENTO:	Guatemala					
RESULTADOS						
1. ASPECTO:	Claro	4. OLOR:	Inodora	7. TEMPERATURA:	(En el momento de recolección) -- °C	
2. COLOR:	01,00 Unidades	5. SABOR:	-----	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	271,00 µmhos/cm	
3. TURBIEDAD:	00,47 UNT	6.potencial de Hidrógeno (pH) :	06,50 unidades			
SUSTANCIAS		mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONÍACO (NH ₃)	00,18	6. CLORUROS (Cl ⁻)	15,00	11. SÓLIDOS TOTALES	152,00	
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	00,00	7. FLUORUROS (F ⁻)	00,11	12. SÓLIDOS VOLÁTILES	05,00	
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	06,82	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	02,00	13. SÓLIDOS FIJOS	147,00	
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,01	14. SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	01,60	
5. MANGANESO (Mn)	00,070	10. DUREZA TOTAL	94,00	15. SÓLIDOS DISUELTOS	144,00	
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)						
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L			
00,00	00,00	138,00	138,00			

OTRAS DETERMINACIONES

OBSERVACIONES: Desde el punto de vista físico químico sanitario: MANGANESO en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de normalidad. Según norma COGUANOR NGO 29 001.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21TH EDITION 2 005, NORMA COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2009-09-22

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Z. M. Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 004296

O.T. No. 26 160		ANALISIS FISICO QUIMICO SANITARIO		INF. No. 23 852	
INTERESADO:	BRENDA YOMARA LÓPEZ	PROYECTO:	Tesis Maestría de Gestión Ambiental Local		
RECOLECTADA POR:	Interesado	DEPENDENCIA:	USAC-FACULTAD DE AGRONOMÍA		
LUGAR DE RECOLECCIÓN:	Centro Experimental Docente de Agronomía "CEDA"	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2009-10-08; 13 h 30 min.		
FUENTE:	Pozo	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.:	2009-10-08; 14 h 00 min.		
MUNICIPIO:	Guatemala	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE:	Sin refrigeración		
DEPARTAMENTO:	Guatemala				
RESULTADOS					
1. ASPECTO:	Claro	4. OLOR:	Inodora	7. TEMPERATURA:	(En el momento de recolección) -- °C
2. COLOR:	01,00 Unidades	5. SABOR:	-----	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	372,00 µmhos/cm
3. TURBIEDAD:	00,39 UNT	6.potencial de Hidrógeno (pH):	06,50 unidades		
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH ₃)	00,19	6. CLORUROS (Cl ⁻)	22,50	11. SOLIDOS TOTALES	212,00
2. NITRITOS (NO ₂)	00,00	7. FLUORUROS (F ⁻)	00,21	12. SOLIDOS VOLÁTILES	10,00
3. NITRATOS (NO ₃)	10,56	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	02,00	13. SOLIDOS FIJOS	202,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,02	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	01,20
5. MANGANESO (Mn)	00,022	10. DUREZA TOTAL	142,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	197,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L		
00,00	00,00	166,00	166,00		

OTRAS DETERMINACIONES

OBSERVACIONES: Desde el punto de vista físico químico sanitario: DUREZA en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones arriba indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de normalidad. Según NORMA COGUANOR NGO 29001.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21TH EDITION 2 005, NORMA COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2009-10-29

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Zenón Muñoz Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 004228

EXAMEN BACTERIOLOGICO			
O.T. No. 25 922		INF. No.A-305 673	
INTERESADO	<u>BRENDA YOMARA LÓPEZ</u> (Carné No.100 016601)	PROYECTO:	<u>Maestría de Gestión Ambiental Local</u>
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Interesado</u>	DEPENDENCIA:	<u>FACULTAD DE AGRONOMÍA/USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Centro Experimental Docente de Agronomía</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2009-08-31; 12 h00 min.</u>
FUENTE:	<u>Pozo</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2009-08-31; 13 h 15 Min</u>
MUNICIPIO:	<u>Guatemala</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>Sin refrigeración</u>
DEPARTAMENTO:	<u>Guatemala</u>		
SABOR:	<u>----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	<u>No hay</u>
ASPECTO:	<u>Claro</u>	COLOR RESIDUAL	<u>----</u>
OLOR:	<u>Inodora</u>		
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI – AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACIÓN DE GAS – 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	----	Innecesaria	Innecesaria
01,00 cm ³	----	Innecesaria	Innecesaria
00,10 cm ³	----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMESES COLIFORMES/100cm ³		< 2	< 2
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 21 TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.			
OBSERVACIONES: <u>Bacteriológicamente el agua ES POTABLE, según norma COGUANOR NGO 29 001.</u>			
Guatemala, <u>2009 -09-22</u>			
Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC		 Dr. Alba Tabarini Molina Jefe Técnico Laboratorio	

EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No.A-306 121	
O.T. No. 26 160			
INTERESADO	<u>BRENDA YOMARA LÓPEZ</u>	PROYECTO:	<u>Tesis Maestría de Gestión Ambiental Local</u>
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Interesado</u>	DEPENDENCIA:	<u>FACULTAD DE AGRONOMÍA-USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Centro Experimental Docente de Agronomía "CEDA"</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2009-10-08; 13 h 30 min.</u>
FUENTE:	<u>Pozo</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2009-10-08; 14 h 00 min.</u>
MUNICIPIO:	<u>Guatemala</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>Sin refrigeración</u>
DEPARTAMENTO:	<u>Guatemala</u>	SABOR:	<u>-----</u>
		SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	<u>No hay</u>
ASPECTO:	<u>Claro</u>	COLOR RESIDUAL	<u>-----</u>
OLOR:	<u>Inodora</u>		
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACIÓN DE GAS – 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
01,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
00,10 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMESES COLIFORMES/100cm ³		< 2	< 2
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 21TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.			
OBSERVACIONES: <u>Bacteriológicamente el agua ES POTABLE, según norma COGUANOR NGO 29 001, Guatemala, 2009 -10-29</u>			
Vo.Bo.  Ing. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC		  Zenon Muñoz Santos Ing. Químico Cat. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio	
			

ANALISIS QUIMICO DEL AGUA PARA RIEGO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: BRENDA LOPEZ
PROCEDENCIA: POZO, CAMPOS DEL CEDA
ANALISIS DE AGUA MUESTREO 31/7/09
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA: 31/7/09

IDENT	pH	$\mu\text{S/cm}$ C.E.	Meg/litro				Ppm				RAS	CLASE	Meg/litro	
			Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn			CO_3	HCO_3
M-1	6.8	284	1.22	0.82	0.87	0.02	0	0	0	0	0.87	C2S1	----	2.52

C2 : AGUAS DE MEDIANA SALINIDAD
S1: AGUAS DE BAJA SODICIDAD (bajo contenido de sodio)



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
EDIFICIO T-8, SEGUNDO NIVEL, OFICINA B-9. CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12. GUATEMALA.
CÓDIGO POSTAL 01012. APARTADO POSTAL 1545. TEL.: (502) 2443 9500, EXTENSION: 1768. FAX: (502) 2476 9758.

**ANALISIS DE BALANCE DE PRINCIPALES
ANIONES Y CATIONES, INDICE DE
SATURACION Y CLASIFICACION DE LA
DUREZA PARA USO AGROINDUSTRIAL**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 004187

BALANCE DE LOS PRINCIPALES ANIONES Y CATIONES

ORDEN DE TRABAJO 25 718 FECHA 2009-06-06

MUESTRA No. 23737

SÓLIDOS TOTALES 146.00 TEMPERATURA -- °C

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 250.00 micro mohs/cm

ANIONES			CATIONES		
	mg/L	me/L		mg/L	me/L
CLORUROS	12.50	0.35263	CALCIO	20.04	1.00000
CARBONATOS	0.00	0.00	MAGNESIO	10.22	0.84070
BICARBONATOS	104.00	1.70456	SODIO	19.00	0.82650
SULFATOS	1.00	0.02083	POTASIO	1.20	0.03068
TOTAL		2.07802	TOTAL		2.69788

Observaciones: el balance de aniones y cationes se expresa en me/l.

ÍNDICE DE SATURACIÓN

pH LABORATORIO	pH SATURACIÓN	ÍNDICE DE SATURACIÓN
6.40	8.16	-1.76

Corrosiva

CLASIFICACIÓN DE LA DUREZA

DUREZA TOTAL	DUREZA CARBÓN	DUREZA NO CARBÓN
92.00	92.00	0.00

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Zerón Muñoz Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio





CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 004217

BALANCE DE LOS PRINCIPALES ANIONES Y CATIONES

ORDEN DE TRABAJO 25922 FECHA 2009-09-22

MUESTRA No. 23772

SÓLIDOS TOTALES 152.00 TEMPERATURA -- °C

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 271.00 micro mohs/cm

ANIONES			CATIONES		
	mg/L	me/L		mg/L	me/L
CLORUROS	15.00	0.42315	CALCIO	22.44	1.11976
CARBONATOS	0.00	0.00	MAGNESIO	9.24	0.76008
BICARBONATOS	138.00	2.26182	SODIO	17.50	0.76125
SULFATOS	2.00	0.04166	POTASIO	1.40	0.03580
TOTAL		2.72663	TOTAL		2.67689

Observaciones: el balance de aniones y cationes se expresa en me/l.

ÍNDICE DE SATURACIÓN

pH LABORATORIO	pH SATURACIÓN	ÍNDICE DE SATURACIÓN
6.50	7.99	-1.49

Corrosiva

CLASIFICACIÓN DE LA DUREZA

DUREZA TOTAL	DUREZA CARBÓN	DUREZA NO CARBÓN
94.00	94.00	0.00

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CI/USAC



Zerón Mucel Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio





CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 004298

BALANCE DE LOS PRINCIPALES ANIONES Y CATIONES

ORDEN DE TRABAJO 26 160 FECHA 2009-10-29
MUESTRA No. 23852
SÓLIDOS TOTALES 212.00 TEMPERATURA -- °C
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 372.00 micro mohs/cm

ANIONES			CATIONES		
	mg/L	me/L		mg/L	me/L
CLORUROS	22.50	0.63473	CALCIO	29.66	1.48003
CARBONATOS	0.00	0.00	MAGNESIO	16.51	1.35811
BICARBONATOS	166.00	2.72074	SODIO	23.00	1.00050
SULFATOS	2.00	0.04166	POTASIO	1.70	0.04347
TOTAL		3.39713	TOTAL		3.88212

Observaciones: el balance de aniones y cationes se expresa en me/l.

ÍNDICE DE SATURACIÓN

pH LABORATORIO	pH SATURACIÓN	ÍNDICE DE SATURACIÓN
6.50	7.80	-1.30

Corrosiva

CLASIFICACIÓN DE LA DUREZA

DUREZA TOTAL	DUREZA CARBÓN	DUREZA NO CARBÓN
142.00	142.00	0.00

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Zenón Muñoz Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio

