

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**ESTUDIO A NIVEL DE RECONOCIMIENTO DE LA
CONTAMINACIÓN DEL TRAMO DEL RÍO GUACALATE
DENTRO DE LOS LIMITES DEL MUNICIPIO DE
JOCOTENANGO. SACATEPEQUEZ, GUATEMALA.**

TESIS

**Presentada a la Honorable Junta Directiva
De la Facultad de Agronomía de la
Universidad de San Carlos de Guatemala.**

Por

JUAN CARLOS MORALES MENDEZ

**En el acto de investidura como:
Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola**

**En el grado académico de
LICENCIADO**

Guatemala, Enero de 2004

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01

T(2145) UNIVERSIDAD DE SAN CARLO DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M.V. Luis Alfonso Leal Monterroso

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO:	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Erberto Raul Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO:	Br. Luis Antonio Raguay Pirique
VOCAL QUINTO:	Br. Juan Manuel Corea Ochoa
SECRETARIO:	Ing. Agr. Pedro Peláez

GUATEMALA, 2004

Guatemala, Enero de 2004

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

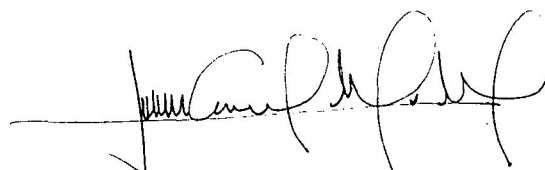
Distinguidos Miembros:

De la manera más cordial y de acuerdo con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración de ustedes, el trabajo de tesis titulado:

ESTUDIO A NIVEL DE RECONOCIMIENTO DE LA CONTAMINACION DEL TRAMO DEL RÍO GUACALATE DENTRO DE LOS LIMITES DEL MUNICIPIO DE JOCOTENANGO. SACATEPEQUEZ, GUATEMALA.

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

Atentamente.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Juan Carlos Morales Méndez', written over a horizontal line.

Juan Carlos Morales Méndez

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS.

**MIS HIJAS: ADRIANA LUCIA MORALES FLORES
 SOPHIA DEL CARMEN MORALES FLORES
 POR SER LA RAZON DE MIS ESFUERZOS**

**MIS PADRES: CARLOS ENRIQUE MORALES ROSSBACH
 REGINA AHIDE MENDEZ DE MORALES**

**MI ESPOSA: ANA PATRICIA FLORES DE MORALES
 POR SU APOYO EN TODO MOMENTO**

**A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE ME BRINDARON SU
APOYO SIEMPRE.**

AGRADECIMIENTOS

A:

Ing. Agrónomo José Miguel Leiva Pérez
Ing. Agrónomo Josué Morales Dardon
Por su amistad y apoyo.

INDICE

INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN	iii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEORICO	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1 Importancia del agua en la vida humana	3
3.1.2 Situación actual de los recursos hídricos en Guatemala	3
3.1.3 Uso actual de los recursos hídricos en Guatemala	4
3.1.4 Recurso hídrico	4
3.1.5 Efecto de la contaminación del agua en la salud humana	4
3.1.6 Aspectos legales con relación a la utilización del recurso agua	5
3.1.7 Calidad de las corrientes superficiales	5
3.1.8 Concepto de potabilidad	6
3.1.9 Evaluación de la calidad de agua	6
3.1.10 Constituyentes Químicos Mayoritarios	6
3.1.10.1 Ión Calcio	7
3.1.10.2 Ión Magnesio	7
3.1.10.3 Ión Sodio	7
3.1.10.4 Iones Bicarbonato y Carbonato	7
3.1.10.5 Ión Cloruro	7
3.1.10.6 Ión Sulfato	7
3.1.11 Constituyentes Químicos Minoritarios	8
3.1.11.1 Ión Nitrato	8
3.1.11.2 Ión Fluoruro	8
3.1.12 Componentes y características estéticas	8
3.1.12.1 Dureza	8
3.1.12.2 ph	8
3.1.12.3 Sólidos disueltos totales	8
3.1.12.4 Pesticidas	9
3.1.13 Normas de calidad para uso domestico	9
3.1.14 Normas de calidad del agua para consumo humano	10
3.1.15 Clasificación de aguas de riego	11
3.1.16 Uso recreacional	13
3.1.17 Causas de la contaminación	13
3.1.18 Índices de contaminación	14

3.1.19 Contaminación del agua por desechos líquidos	15
3.1.20 Contaminación del agua por pesticidas	15
3.1.21 Contaminación del agua por los desechos sólidos	16
4. MARCO REFERENCIAL	17
4.1 Ubicación	17
4.2 Colindancias del Municipio	17
4.3 Altimetría	17
4.4 Hidrografía	17
4.5 Clima	17
4.6 Zona de Vida	18
4.7 Suelos	18
5. OBJETIVOS	20
6. METODOLOGÍA	21
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
7.1 Carga contaminante	23
7.1.1 Sólidos	23
7.1.2 Líquidos	24
7.2 Características Físicas y Químicas	25
7.2.1 Características Físicas	26
7.2.2 Características químicas	27
7.3 Indicadores de contaminación	27
7.3.1 Parámetros físicos	27
7.3.2 Parámetros químicos de contaminación	28
7.3.3 Percepción de la población del municipio de Jocotenango con respecto al río Guacalate	33
8. CONCLUSIONES	35
9. RECOMENDACIONES	36
10. BIBLIOGRAFÍA	37
11. ANEXO	40

INDICE DE CUADROS

No.	TITULO	PAGINA
1	Características físicas. Limite aceptable y limite máximo permisible que debe tener el agua potable	10
2	Substancias químicas limites máximos aceptables Y limites máximos permisibles	11
3	Substancias toxicas con su respectivo limite máximo permisible	11
4	Características del agua para uso recreacional	13
5	Indicadores químicos de polución	15
6	Clasificación de los residuos sólidos	16
7	Proporciones de los tipos de materiales colectados	23
8	Caudales de descarga a la red Municipal	24
9	Aforos de descargas de aguas servidas del Municipio	25
10	Características físicas del río Guacalate de el tramo en estudio	26
11	Parámetros generales de contaminación	27
12	Indicadores obtenidos de contaminación en este trabajo	28
13	Indicadores de contaminación obtenidos por INSIVUMEH	28

INDICE DE FIGURAS

No.	TITULO	PAGINA
1	Ubicación del Lugar de estudio	19
2	Valores de demanda química de oxígeno	29
3	Valores de demanda química obtenidos	30
4	Histograma de contenido de sustancias tenso activas en mg/l	31
5	Sustancias tenso activas obtenidas	31
6	Histograma de contenido de sustancias fenólicas en mg/l	32
7	Sustancias fenólicas obtenidas	32

“ESTUDIO A NIVEL DE RECONOCIMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN DEL TRAMO DEL RIO GUACALATE DENTRO DE LOS LIMITES DEL MUNICIPIO DE JOCOTENANGO. SACATEPEQUEZ, GUATEMALA.”

“STUDY OF GUACALATE RIVER POLLUTION AT RECOGNITION LEVEL IN JOTOTENANGO, SACATEPEQUEZ, GUATEMALA.”

RESUMEN

El presente trabajo se realizó a nivel de reconocimiento con el fin de determinar el grado de contaminación que pudiese presentar el tramo del Río Guacalate que pasa por el Municipio de Jocotenango. El estudio permitió generar información valiosa para proponer proyectos de tratamientos de aguas servidas y además para sensibilizar a la comunidad de este municipio, con respecto a la importancia de la conservación de los recursos naturales.

La justificación del trabajo se basó en el hecho de que no se conoce el estado cuantitativo ni cualitativo de las aguas del Río Guacalate que ingresan al Municipio de Jocotenango, así mismo, este municipio descarga sus aguas servidas a la corriente de dicho Río y de igual manera se desconoce la cantidad de descarga ni el efecto en el aumento de la carga contaminante de estas hacia el Río en mención. Por lo tanto, los objetivos se plantearon en torno a estudiar a nivel de reconocimiento, el grado de contaminación que presenta el tramo del Río Guacalate, Dentro de los límites del Municipio de Jocotenango, y por otro lado, determinar las principales fuentes de contaminación dentro del tramo del Río Guacalate que atraviesa el municipio de Jocotenango, Sacatepèquez. Para llevar a cabo el estudio, la metodología consistió básicamente en determinar la carga contaminante; discriminación entre sólidos y líquidos que son vertidos en el cause del Río Guacalate dentro de los límites Municipales de Jocotenango. El trabajo se realizó entre los meses de julio a octubre del año 2003.

Los principales resultados del presente trabajo indican que la mayor parte de sólidos que se encuentran en el trayecto del Río Guacalate cuando pasa por el Municipio de Jocotenango están constituidas por materiales de degradación lenta. En los muestreos se determinó que los materiales sólidos encontrados corresponden a plásticos, vidrios, papel y otros materiales biodegradables aproximadamente un 30% de la carga contaminante.

Los resultados sugieren que la mayoría de carga contaminante añadida de forma líquida proviene principalmente de casas de habitación que se ubican en las riberas o cercanías de las mismas del Río Guacalate y provienen principalmente de las actividades domésticas diarias, tales como lavado de ropa y utensilios de cocina esta presenta un alto contenido de jabón y en su mayoría con olores fétidos la mayor cantidad de descarga se presento en el mes de septiembre. Respecto a las características físicas y químicas, los resultados obtenidos se puede notar que la temperatura, conductividad eléctrica y pH, se encuentran dentro de los límites normales, no considerándose que estos parámetros representen índices de contaminación. En el caso de la temperatura del agua se mantiene estable, la variación en el valor de la conductividad permite inferirla cantidad de sólidos disueltos en suspensión y aumenta en los periodos don de la precipitación es mayor principalmente en los meses de agosto y septiembre. En tanto el pH o nivel de acidez o alcalinidad, que se presentan, tienden también a ser bastante estables, aunque en los casos donde se ha elevado a valores cercanos a 8, se puede deber al arrastre de materiales con alto contenido de alcalinotérreos, constituyente de los sólidos que son transportados en forma disuelta.

Las características Químicas de las aguas que transporta el Río Guacalate, según se puede apreciar que se encuentran dentro de los límites normales de las aguas que se pueden usar para consumo humano, para uso en la agricultura se clasifican como C1-S1 se pueden utilizar para fines agrícolas.

Los valores de turbiedad en la mayoría de casos se encuentran fuera de los límites máximos aceptables y permisibles, dándole mal aspecto a las aguas que circulan por el tramo en estudio en cuanto a los sólidos estos se encuentran dentro de los parámetros permitidos.

Según los resultados, los valores de la demanda Química de oxígeno, que se encontraron indican que esta contaminada, ya que los valores están por encima de los parámetros propuestos. En el sondeo de opinión se pudo establecer que el 80% de la población están preocupados por la contaminación del Río y consideran que la mayor contaminación es generada por las descargas de aguas servidas que son vertidas al Río Guacalate.

Las principales conclusiones del estudio indican que la principal fuente de contaminación en el tramo del Río Guacalate que atraviesa el Municipio de Jocotenango, es la descarga de las aguas servidas que se vierten sin ningún tipo de tratamiento previo. Además, la fuente principal de contaminación lo constituye la tubería principal que reúne las aguas servidas generadas en el Municipio y lanzadas a la corriente del Río Guacalate. Entre los principales materiales macroscópicos (basuras) que se encontraron en las riberas del Río Guacalate están conformados principalmente por plásticos de diferente origen y luego por materiales basándose en vidrio, los materiales de origen orgánico o de degradación relativamente rápida son los que se encuentran en menor cantidad.

Finalmente, se recomienda realizar campañas de educación ambiental a nivel de escuelas. También, la construcción de una planta de tratamiento de aguas servidas, con el fin de contribuir a un mejor nivel de saneamiento ambiental, así como, realizar un monitoreo durante todo el año de la carga contaminante que transporta el Río Guacalate, tanto cuando entra como cuando sale del Municipio de Jocotenango, para obtener información necesaria que contribuya a mejorar la calidad de agua superficial que pasa por la localidad en mención. Se sugiere también, efectuar un análisis de la calidad de agua que se extrae de pozos de agua que se destina al consumo humano y que se encuentra bastante cerca de las riberas del Río Guacalate, para obtener información de la interacción entre la corriente y el acuífero presente en el subsuelo de esta región.

1 INTRODUCCION

Para el desarrollo de la sociedad Guatemalteca y en este caso del municipio de Jocotenango, Sacatepéquez, es necesario que la población cuente con una infraestructura responsable que minimice los efectos negativos que genera la sociedad hacia el ambiente en el cual se desarrolla ésta. Una de las principales acciones negativas que afecta a todas las cuencas debido a las acciones antrópicas es la degradación tanto cuantitativa como cualitativamente de las fuentes de agua superficiales, ya sean estas manantiales (nacimientos o nacientes), lagos o bien ríos. Los principales elementos que afectan la calidad de las aguas superficiales son las aguas servidas y los desechos sólidos de las comunidades.

Debido a los efectos negativos en la salud humana que provoca la calidad degradada de las aguas superficiales, se dice que éstas están contaminadas, principalmente se asocia a la presencia de organismos patógenos, aunque existen otras sustancias tanto orgánicas como inorgánicas tales como, metales pesados, pesticidas y presencia de hidrocarburos, que son utilizados en actividades domésticas, agrícolas e industriales.

Es importante determinar el grado de contaminación que posee un curso de agua superficial, ya que de esta información dependerán las medidas pertinentes que se utilizarán para recuperar y evitar aumentar la carga contaminante que este posea y coadyuvar de esta manera a la conservación de los recursos naturales de la Republica de Guatemala.

El presente trabajo de investigación se realizó a nivel de reconocimiento con el fin de determinar el grado de contaminación que pudiese presentar el tramo del Río Guacalate que pasa por el municipio de Jocotenango. El estudio permitió generar información valiosa para proponer proyectos de tratamientos de aguas servidas y además que permita sensibilizar a la comunidad de este municipio, con respecto a la importancia de la conservación de los recursos naturales.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

2 DEFINICION DEL PROBLEMA

El Río Guacalate atraviesa el municipio de Jocotenango, este municipio forma parte de los patrimonios culturales del país, ya que se encuentra a dos kilómetros de la ciudad de Antigua Guatemala con la que conforma una unidad arquitectónica única.

La importancia del Río Guacalate en este municipio se debe principalmente a varios factores entre ellos a que, aunque en una cantidad muy limitada (principalmente café), el agua que el Río transporta es aún usada en algunas practicas agrícolas, de igual manera desde el punto de vista paisajístico, ya que esta sección del río pudo haber sido usada como atractivo turístico, y principalmente porque las aguas servidas del municipio son vertidas directamente al tramo cuya longitud será determinada en este estudio.

Por otra parte el curso del Río Guacalate cuando ingresa a los limites del municipio de Jocotenango, ya ha recorrido varias poblaciones, tales como Chimaltenango y Parrámos en el departamento de Chimaltenango, San Luis Las Carretas y Pastores en el departamento de Sacatepéquez, los cuales debido a sus características socioeconómicas y culturales similares a Jocotenango, hacen sospechar que han agregado una carga contaminante a las aguas superficiales que este transporta. Debido a lo anterior en la metodología se hace referencia a conocer las condiciones de las aguas que transporta este río cuando ingresa al municipio en mención.

3 MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Importancia del agua en la vida humana:

Desde antes del inicio de la civilización humana, el hombre se ha asentado en zonas abundantes en agua; Al pasar de la forma de vida nómada a sedentaria aumento su dependencia de ésta, pero dado el crecimiento demográfico actual, se requiere un aprovechamiento cada vez mejor del agua (2).

Pronto se advirtió que en los torrentes y ríos era posible aprovechar la fuerza de los saltos de agua. El invento de la rueda hidráulica permitió utilizar esta fuerza, para producir trabajo; Se aplicó por ejemplo, para accionar molinos. Por ello a menudo las primeras industrias estuvieron ubicadas junto a una corriente de agua. Construyendo presas en las corrientes de agua, se ha aprovechado esta fuerza hidráulica para producir corriente eléctrica (hidroeléctricas) (2).

En los tiempos anteriores al siglo XX la población era muy pequeña, por lo que bastaban los manantiales, lagos y algunos ríos para el suministro de agua para consumo doméstico, actualmente las corrientes de agua superficiales son insuficientes, o bien están contaminados, de tal forma que se ha hecho necesario la construcción de pozos, que utilizan actualmente el agua subterránea, mientras que los ríos se han convertido en receptores de las aguas servidas de los poblados, deteriorando cada vez más la calidad del agua que éstos transportan, principalmente porque en el país la gran mayoría de municipalidades no cuentan con estaciones depuradoras (planta de tratamiento) de aguas servidas.

3.1.2 Situación actual de los recursos hídricos en Guatemala:

En Guatemala en los últimos 30 años se ha incrementado el deterioro de los recursos naturales, entre de ellos el recurso hídrico superficial, esto es debido en parte a la pobreza generalizada, de la falta de educación ambiental institucional y de la adopción de modelos de producción y de consumo ajenos a las características socioculturales de nuestra sociedad y de nuestro entorno cultural (3).

La distribución de los recursos hídricos es inversamente proporcional con respecto a las zonas de mayor concentración poblacional y de mayor demanda para la producción agrícola e industrial, presentando la mayor cantidad de aguas superficiales con contaminación física, química y biológica (3).

La disponibilidad de agua en cuanto a calidad, cantidad y distribución geográfica, será la que permita satisfacer las demandas actuales y futuras (3).

3.1.3 Uso actual de los recursos hídricos en Guatemala

Para el año 1,996, el uso del recurso agua era del 3% de los caudales medios anuales, para hidroelectricidad, riego, agua potable, deposición de desechos y navegación (3).

3.1.4 Recurso hídrico

La unidad básica para el desarrollo de los recursos naturales es la cuenca hidrográfica como ecosistema o región geográfica. Los recursos hídricos definidos como aguas superficiales, subterráneas y atmosféricas que intervienen en la dinámica de la cuenca, interactúan con otros elementos del ecosistema, como la vegetación natural, el suelo y principalmente el ser humano (8).

Los efectos negativos de las formas actuales de producción y de consumo influyen en la disposición de los habitantes urbanos y rurales con respecto a las realidades de su hábitat, olvidándose del origen de sus alimentos, del agua y otros recursos.

3.1.5 Efecto de la contaminación del agua en la salud humana

La contaminación del agua puede provocar directamente su escasez, ya que el agua muy sucia es de escasa utilidad a menos que se depure, y los suministros de agua disponibles en el país se están contaminando cada vez más, en un tiempo se podía confiar en que un río contaminado se depurara así mismo cada pocos kilómetros (10).

La contaminación del agua se asocia directamente con la presencia de sólidos en suspensión, grasa, espumas, aceites, coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), turbidez y malos olores, presencia de peces muertos, etc (10).

Una gran cantidad de enfermedades se asocian con el agua contaminada, siendo esta una portadora de una gran cantidad de microorganismos, que provocan enfermedades, entre ellas; hepatitis, tifoidea y cólera, mostrando algunas de ellas una gran resistencia a las medidas e salubridad utilizadas. (9).

3.1.6 Aspectos legales con relación a la utilización del recurso agua

El Código de Salud en su artículo 41, establece la prohibición de arrojar al medio ambiente, aire, agua y suelos desechos nocivos a la salud (3).

- a) La ley de protección y mejoramiento del medio ambiente en su artículo 15 capítulo II, establece que el gobierno velará por el mantenimiento de la calidad del agua para consumo humano y otras actividades cuyo empleo sea indispensable, por lo que emitirá las disposiciones que sean necesarias y los reglamentos para, evaluar la calidad de las aguas y sus posibilidades de aprovechamiento, mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas. Ejercer control para que el aprovechamiento y uso de las aguas no cause deterioro ambiental.
- b) Revisar permanentemente los sistemas de deposiciones de aguas servidas contaminadas para que cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental y fijar los requisitos.
- c) Determinar técnicamente las causas en que deben producirse o permitirse el vertido de residuos, basuras, desechos o desperdicios en una fuente receptora, de acuerdo a las normas de calidad de agua, promover y fomentar la investigación y el análisis de las aguas interiores, propiciar en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para mantener la capacidad reguladora del clima en función de la cantidad y calidad de las cuencas lacustres, de ríos y manantiales (16).

3.1.7 Calidad de las corrientes superficiales

El agua pura no existe en la naturaleza, por lo que su definición teórica como combinación química de oxígeno e hidrógeno no puede extenderse al estado en que se encuentra habitualmente en la naturaleza (6).

La calidad del agua queda definida por su composición, y el conocimiento de los efectos que puede causar cada uno de los elementos que contiene o el conjunto de todos ellos, permite establecer las posibilidades de su utilización, clasificando así, de acuerdo con límites estudiados, su destino para el uso doméstico, usos agrícolas, industriales etc.

Es importante considerar la calidad natural del agua y la calidad afectada por actividades humanas (factores antropogénicos o antrópicos), que en general lleva a una degradación (polución y contaminación). Agua natural y buena calidad no son sinónimos, y en muchos casos las aguas naturales pueden ser de muy baja calidad e incluso tóxicas.

3.1.8 Concepto de Potabilidad

El estudio de la calidad del agua destinada a ser consumida por el hombre ha sido, y es, de primordial importancia, interviniendo en el mismo muchos factores que pueden afectarla, ya sea de manera inmediata o posterior.

De modo general, se denomina potable a aquella agua que puede ser consumida por el hombre sin peligro alguno para su salud. Ello supone tener en cuenta las distintas características del agua, ya sean físicas, químicas, bacteriológicas etc., definiendo criterios de calidad para cada una de ellas.

Los criterios usuales para dictaminar acerca de la potabilidad del agua son el químico y el bacteriológico. Así se puede afirmar la potabilidad química cuando las concentraciones de sus elementos satisfagan las condiciones fijadas para ello y la potabilidad bacteriológica cuando, estando el agua exenta de bacterias patógenas, los resultados de los diversos análisis de este tipo a que se la someta sean satisfactorios (16).

3.1.9 Evaluación de la calidad del agua

La calidad del agua es influenciada por factores naturales y por la actividad del hombre, la calidad de las fuentes superficiales de agua se evalúan de acuerdo a su composición física, química y biológica, también puede evaluarse comparando las cantidades de sustancias tóxicas presentes, como por ejemplo las que se sabe que son nocivas para los peces (5).

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Dentro de los componentes que se pueden encontrar naturalmente en las aguas superficiales, subterráneas y atmosféricas tenemos:

3.1.10 Constituyentes Químicos Mayoritarios

3.10.1 Ión Calcio

En agua dulce las concentraciones van de 10 a 250 ppm, el mayor inconveniente es el asociado al aporte de dureza y producción de incrustaciones (6).

3.10.2 Ión Magnesio

Este ión se disuelve más lentamente que el Calcio, sus concentraciones en agua dulce van de 1 a 100 ppm, en concentraciones altas actúa como laxante, y con pH alto puede llegar a ser incrustante (6).

3.10.3 Ión Sodio

Su solubilidad es alta y suele estar asociado al ión cloruro, sus concentraciones van de 1 a 150 ppm en aguas dulces, su elevada concentración es perjudicial para las plantas, puede llegar a ser indicador de contaminación urbana o industrial (6).

3.10.4 Iones Bicarbonato y Carbonato

Su fuente es la disolución de CO₂ atmosférico o del suelo, las concentraciones se ubican entre 50 y 350 ppm en agua dulce, producen alcalinidad al agua (6).

3.10.5 Ión Cloruro

Proviene del agua de lluvia, los vertidos urbanos e industriales pueden aportar cantidades importantes, su concentración normal en agua dulce varía de 10 a 250 ppm, más de 300 ppm le comunican sabor salado al agua, contenidos elevados son perjudiciales para las plantas y le comunican sus propiedades corrosivas (6).

3.10.6 Ión Sulfato

Se origina de la concentración en el suelo del agua de lluvia, las actividades urbanas, industriales y agrícolas pueden aportar cantidades importantes, su concentración varía de 2 a 150 ppm en agua dulce. Las aguas selenitosas (elevado contenido de sulfato) no quitan la sed y tienen sabor poco agradable y amargo. Por si mismo o si va asociado a Magnesio o sodio en cantidad importante puede provocar propiedades laxantes (6).

3.1.11 Constituyentes Químicos Minoritarios:

3.1.11.1 Ión Nitrato

Procede de procesos de nitrificación naturales (bacterias nitrificantes), por ejemplo en las raíces de las leguminosas, descomposición de materia orgánica y contaminación urbana, industrial, agrícola y ganadera. En medios reductores, puede pasar a N_2 o NH_4^+ . Normalmente las concentraciones se sitúan entre 0.1 y 10 ppm, pero en aguas polucionadas puede llegar hasta 200 ppm. Las concentraciones elevadas en las aguas de bebida pueden producir cianosis (metahemoglobinemia) en los niños y comunica su propiedad corrosiva al agua (6).

3.1.11.2 Ión Fluoruro

Las concentraciones mas frecuentes varían de 0.1 a 1 ppm, aunque puede llegar a veces hasta 10 ppm, juegan un papel importante en la conservación de los dientes, aunque crea problemas cuando se encuentra en exceso (6).

3.1.12 Componentes y características estéticas:

3.1.12.1 Dureza

La dureza del agua es la medida tradicional de la capacidad del agua para reaccionar con el jabón, el agua dura requiere de una gran cantidad de jabón para poder producir espuma. Los depósitos, las incrustaciones o sarro que se forman en las tuberías de agua caliente, ollas y otros utensilios domésticos se deben al agua dura. La causa de la dureza del agua es debida a iones metálicos polivalentes disueltos. En el agua dulce, los principales iones que originan dureza son el calcio y el magnesio (6).

3.1.12.2 pH

El pH de una solución es el logaritmo común negativo de la actividad del ion hidronio (H^+). El pH de un sistema acuoso es una medida del equilibrio ácido-base alcanzado por diversos compuestos disueltos (6).

3.1.12.3 Sólidos disueltos totales

Los sólidos totales disueltos (SDT) en el agua comprenden sales inorgánicas y pequeñas cantidades de materia orgánica. Los principales iones que contribuyen al SDT son; carbonato, bicarbonato, cloruro, sulfato, nitrato, sodio, potasio, calcio y magnesio.

El total de sólidos disueltos en el agua puede deberse a fuentes naturales, descarga de efluentes de aguas servidas, escurrimientos urbanos o descarga de desechos industriales (6).

3.1.12.4 Pesticidas

Entre los pesticidas que pueden ser importantes para la calidad del agua se encuentran los hidrocarburos clorados y sus derivados, los herbicidas de acción persistente, los insecticidas para suelos, los pesticidas que pueden fácilmente lavarse del suelo, percolarse o escurrir a una corriente superficial, y los que en forma sistemática se agregan al agua de los sistemas de abastecimiento para combatir vectores de enfermedades y con otros fines (6).

3.1.13 Normas de calidad para uso doméstico

El agua pura es un producto artificial. Las aguas naturales siempre contienen materias extrañas en solución y suspensión en proporciones muy variables. Estas sustancias pueden modificar considerablemente las propiedades, efectos y usos del agua.

Los excesos de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio producen incrustaciones en tuberías. Causa dureza en el agua que entre otros inconvenientes, obliga a consumos elevados de jabón.

El exceso de sales (cloruros y sulfatos) produce sabor desagradable y limita su uso. Sin embargo hay poblaciones que consumen agua con 2000 mg/litro, que actuarían como laxante en personas no acostumbradas a ingerir tales cantidades. El hierro colorea el agua, le da un sabor desagradable y se incrustan en las tuberías. Los nitratos, arriba de 50 mg/litro, pueden producir alteraciones de la sangre en niños de corta edad.

Los fluoruros arriba de 1.5 mg/litro, suelen provocar la aparición de manchas oscuras, y su ausencia predispone a las caries de los dientes. La turbiedad es objetable por su apariencia y también porque las sustancias que la producen crean problemas en el lavado de ropa, en la fabricación de hielo y refrescos o en otros usos. Sustancias como el Plomo, el Arsénico, o el Cromo pueden ser tóxicas.

Las aguas que contienen bacterias patógenas producen enfermedades. El agua potable estará libre de gérmenes patógenos procedentes de contaminación fecal humana, si la investigación bacteriológica da como resultado:

a) Menos de 20 organismos de los grupos coli y coliforme por litro de muestra, definiéndose como organismos de los grupos coli y coliforme todos los bacilos aerobios o anaerobios facultativos no esporógenos, Gram negativos, que fermenten el caldo lactosado con formación de gas.

b) Menos de 200 colonias bacterianas por c.c. de muestra, en la placa de agar incubada a 37 °C por 24 horas (16).

3.1.14 Normas de calidad del agua para consumo humano

La Comisión Guatemalteca de Normas (1975), define los valores máximos admisibles (LMA) y los valores máximos permisibles (LMP), que rigen para determinar la calidad de agua para consumo humano en la república de Guatemala, los cuales se observan en los cuadros siguientes.

Cuadro 1. Características físicas. Límite máximo aceptable y Límite máximo permisible que debe tener el agua potable.

Características	LMA	LMP
Color	5,0 u	50,0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
pH (2)	7,0 – 8,5	6,5 – 9,2
Residuos totales	500 mg/L	1500 mg/L
Temperatura	18,0 – 30,0 °C	No mayor de 34,0 °C
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 Utn o Utj	25,0 Utn o Utj (3)

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) 2001

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

(2): Potencial de hidrógeno en unidades de pH.

(3): Unidad de turbiedad, sea en unidades Jackson (Utj) o en unidades nefelométricas (Utn)

a.) Conductividad eléctrica. Deberá tener una conductividad eléctrica de 50 a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C.

b.) Características químicas del agua potable. Aquellas características que afectan la potabilidad del agua y que se indican en el cuadro siguiente:

Cuadro 2. Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites Máximos permisibles.

SUBSTANCIAS	LMA	LMP
Detergentes aniónicos	0,200 mg/L	1,000 mg/L
Aluminio (Al)	0,050 mg/L	0,100 mg/L
Bario (Ba)		1,000 mg/L
Boro (Bo)		1,000 mg/L
Calcio (Ca)	75,00 mg/L	200,00 mg/L
Cinc (Zn)	5,00 mg/L	15,00 mg/L
Cloruro (Cl)	200,00 mg/L	600,00 mg/L
Cobre (Cu)	0,050 mg/L	1,50 mg/L
Dureza total (CaCO ₃)	100,00 mg/L	500,00 mg/L
Fluoruro (F) (1)		1,70 mg/L
Hierro total (Fe)	0,10 mg/L	1,00 mg/L
Magnesio (Mg)	50,00 mg/L	150,00 mg/L
Manganeso (Mn)	0,05 mg/L	0,50 mg/L
Níquel (Ni)	0,01 mg/L	0,02 mg/L
Substancias fenólicas	0,001 mg/L	0,002 mg/L
Sulfato (SO ₄)	200,00 mg/L	400,00 mg/L

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) 2001

- c.) Límites de toxicidad. En el cuadro siguiente se muestran algunas substancias o compuestos químicos que al sobrepasar el límite máximo permisible, causan toxicidad en el agua.

Cuadro 3. Substancias tóxicas con su respectivo límite máximo permisible.

Substancias	LMP
Arsénico (As)	0.050 mg/L
Cadmio (Cd)	0.010 mg/L
Cianuro (CN)	0.050 mg/L
Cromo (Cr)	0.050 mg/L
Mercurio (Hg)	0.002 mg/L
Nitrato (NO ₃)	45.00 mg/L
Nitrito (NO ₂)	0.010 mg/L
Plata (Ag)	0.050 mg/L
Plomo (Pb)	0.10 mg/L
Selenio (Se)	0.01 mg/L

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) 2001

3.1.15 Clasificación de aguas de riego

Las características que intervienen en la calidad de un agua de riego son: a) La concentración de sales solubles, b) la concentración de Sodio (Na) con relación a otras sales, c) la concentración de boro y otras sustancias tóxicas (aluminio y Selenio), y, e) los carbonatos y bicarbonatos (3).

La concentración de sales está referida a la presencia de iones, cationes y aniones asociados formando sales en disolución. La concentración de sales (concentración total) está expresada en términos de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm.}$) $\text{CE} \times 10^6$ a 25 °C. El sodio se evalúa en términos de la relación de absorción de sodio (RAS).

La expresión matemática para encontrar el RAS es:

$$RAS = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{rCa + rMg}{2}}} \quad \text{Donde } r = \text{meq/L}$$

Clasificación basada en la C.E. y RAS:

La C.E. expresa la concentración total de sales. Respecto a la C.E., las aguas de riego se clasifican en cuatro grupos.

Aguas no salinas, o de muy baja salinidad. Su clasificación se designa como (C-O), y comprende a aquellas aguas cuya C.E. es menor de 100 $\mu\text{S/cm}$.

Aguas de baja salinidad. Su clasificación se designa como (C-1), y comprende aquellas aguas cuya C.E. varía de 100 a 250 $\mu\text{S/cm}$.

Aguas de mediana salinidad. Su clasificación se designa como (C-2), y comprende aquellas aguas cuya C.E. varía de 250 a 750 $\mu\text{S/cm}$.

Aguas de alta salinidad. Su clasificación se designa como (C-3), y comprende aquellas aguas cuya C.E. varía de 750 a 2550 $\mu\text{S/cm}$.

Aguas de muy alta salinidad. Su clasificación se designa como (C-4), y comprende aquellas aguas cuya C.E. varía de 1150 a 5000 $\mu\text{S/cm}$.

El RAS expresa el peligro por presencia y efectos de sodio. Respecto al RAS, las aguas se clasifican en cuatro grupos:

Aguas de baja sodicidad (o con bajo contenido de sodio). Su clasificación se designa como (S-1), y comprende aquellas aguas cuyo RAS varía de 0 a 10.

Aguas de mediana sodicidad (o con mediano contenido de sodio). Su clasificación se designa como (S-2), y comprende aquellas aguas cuyo RAS varía de 10 a 18.

Aguas de alta sodicidad (o con alto contenido de sodio). Su clasificación se designa como (S-3), y comprende aquellas aguas cuyo RAS varía de 18 a 26.

Aguas de muy alta sodicidad (o con muy alto contenido de sodio). Su clasificación se designa como (S-4) y comprende aquellas aguas cuyo RAS es mayor de 26. (5)

3.1.16 Uso recreacional

Para uso recreacional el agua deberá tener como máximo las siguientes características (17).

Cuadro 4. Características del agua para Uso Recreacional

Factor Químico	Limite Máximo Permitido
pH	10.00
Turbiedad	10.00 utn
Color	20.00 unidades
Materias flotantes	100.00 mg/l

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) 2001

3.1.17 Causas de la contaminación

El aumento de la población es una de las causas del paralelo incremento de la contaminación, ya que el agua de los abastecimientos públicos utilizada para fines domésticos supone la evacuación prácticamente del mismo volumen, pero con sus características alteradas. La elevación del nivel de vida supone así mismo, un aumento del consumo "per capita" y por consiguiente de los caudales vertidos de aguas servidas, en las que se introducen cada vez más sustancias extrañas y de difícil depuración.

El desarrollo de los países, siguiendo el de su industrialización, requiere grandes cantidades de agua y su utilización para las distintas actividades mineras, metalúrgicas, químicas, etc., presupone la inclusión en las aguas vertidas de elementos extraños, tóxicos unos, molestos otros, pero todos afectando a la calidad del agua en su estado natural.

Los botaderos de basura son focos de posible contaminación al arrastrar la lluvia en forma superficial o filtrándose a través del suelo, ciertos elementos solubles, que se incorporan a los recursos de agua existentes, y aun en mayor grado si entran directamente en contacto con las aguas superficiales o subterráneas.

Los fertilizantes utilizados en la agricultura introducen, entre otros elementos, fósforo y nitrógeno, que favorecen la proliferación de algas en las aguas superficiales, con las desagradables consecuencias de turbidez, olor, color y sabor que lo puede motivar, con independencia de las concentraciones minerales que se alcancen.

Si los desarrollos demográficos, industriales y agrícolas son causas del incremento de la contaminación, también lo es la navegación por ríos y canales que lo permitan, al realizar la limpieza de las sentinas, vertidos de aceite usado y pérdidas del trasiego de hidrocarburos.

El aumento de la temperatura del agua también degrada su calidad para usos posteriores, en especial en usos de refrigeración. En las aguas superficiales el incremento de temperatura puede originar muy importantes cambios en el poder auto depurador.

3.1.18 Índices de contaminación

Según cual sea el tipo de contaminación y el agente contaminante, podría definirse un índice específico que lo cuantificara, pero ello supondría una extensión tal, que sería muy difícil establecer comparaciones y tener un orden inmediato de su magnitud. Por tal motivo se han propuesto una serie de ellos, que como representativos de un fenómeno general, indican la existencia de una posible contaminación sin definir los elementos causantes de la misma.

Entre los posibles índices físicos de contaminación por su carácter general se tiene en cuenta la temperatura, dado que su aumento supone limitaciones y problemas para los abastecimientos públicos, la vida piscícola al disminuir el oxígeno disuelto, y aún usos industriales de refrigeración al disminuir el salto térmico. Las temperaturas de aguas superficiales superiores a 25-30°C., aún en períodos cálidos, debe ser una llamada de atención a esta característica. En el siguiente cuadro se indican algunos indicadores de contaminación. Así, la demanda química de oxígeno (DQO), proporciona la medida de las materias orgánicas oxidables en el agua, que de superar los 10 mg/L supone una contaminación externa generalmente ver cuadro 5.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) indica la cantidad de oxígeno necesaria para la reducción de la materia orgánica susceptible de tal transformación, aunque su determinación a los 5 días supone un inconveniente, así como su curso real de la evolución durante ese periodo, lo que limita las comparaciones que se realicen a las aguas de la misma naturaleza. Normalmente, cifras superiores a 6 mg/L las hacen sospechosas de contaminación. La presencia de nitritos y amoníaco indican una posible contaminación por aguas servidas urbanas.

Los fenoles, grasas, cromo hexavalente, cianuros y otros productos tóxicos no deben olvidarse por su peligrosidad como índices específicos de contaminación.

Cuadro 5. Indicadores químicos de polución

INDICADOR	Limite mínimo para considerar que hay contaminación (mg/L)
Demanda química de oxígeno (DQO)	10
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	6
Nitrógeno total (excluido NO ₃ -)	1
NH ₃	0.5
Carbono (extracto al cloroformo)	0.5
Grasas	1

3.1.19 Contaminación del agua por desechos líquidos

Los efectos en la salud tales como la diarrea, el cólera y la tifoidea son mas comunes cuando las aguas servidas contaminan el agua que se utiliza como fuente de agua potable (9).

Las aguas servidas cuando contaminan los mantos freáticos provocan cambios en los ecosistemas acuáticos por medio de la sedimentación, reducción de oxígeno disuelto y la introducción de sustancias tóxicas (9).

3.1.20 Contaminación del agua causada por pesticidas

Muchas de estas sustancias son potencialmente tóxicas y pueden afectar los cuerpos de agua superficiales por vías diferentes, puntuales o dispersas. Una vez descargadas en el ambiente acuático, estas sustancias están sujetas a procesos físicos, químicos y biológicos que van a definir sus concentraciones y destino final.

3.1.21 Contaminación del agua causada por los desechos sólidos

Los desechos sólidos sin ningún tipo de control representan un grave riesgo de contaminación de las aguas superficiales, este tipo de residuos favorecen la existencia de gran cantidad de roedores e insectos que son agentes portadores de enfermedades (10).

Cuadro 6. Clasificación de los residuos sólidos.

NO PELIGROSOS	POTENCIALMENTE PELIGROSOS	PELIGROSOS
Madera	Animales muertos	Sustancias químicas
Residuos de jardinería	Materiales no ferrosos	Animales de investigación
Residuos alimentarios	Envases de aerosol	Residuos de medicamentos
Textiles sintéticos	Envases de plaguicidas	Solventes
Textiles naturales	Pañales	Papel con excremento contagiado
Plásticos	Excremento	Cuerpos de animales enfermos
Papel y cartón	Secreciones	Medicinas caducas
Vidrios	Toallas sanitarias	Alimentos enlatados
	Aceites y grasas	Baterías y pilas

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) 2001

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

4 MARCO REFERENCIAL

4.1 Ubicación

El Municipio de Jocotenango, pertenece al departamento de Sacatepéquez, en la República de Guatemala, se ubica a 46 kilómetros de la Ciudad de Guatemala, se encuentra en las coordenadas geográficas 14° 34' 20" latitud Norte y 90° 44' 28" longitud Oeste (referencia en el Parque de Jocotenango). (Ver Figura 1).

4.2 Colindancias del Municipio

El municipio de Jocotenango limita al Norte con el municipio de Pastores y San Bartolomé Milpas Altas, al Sur y al Este con el municipio de Antigua Guatemala, al Oeste limita también con el municipio de Pastores y Sumpango.

El área de estudio se encuentra dentro del Altiplano Volcánico, inmediatamente al norte de las Llanuras del Pacífico, este se extiende en dirección de oeste-noroeste hacia Este-Sureste, sobre una franja de algo más de 350 Km. de largo, con una amplitud variable de entre 60 y 90 Km.

4.3 Altimetría

El municipio de Jocotenango se encuentra a una altitud media de 1540 metros sobre el nivel del mar.

4.4 Hidrografía

En el municipio de Jocotenango la principal corriente hídrica, es un tramo o sección del río Guacalate, que lo atraviesa con dirección de Norte a Sur, también existe la Quebrada La Ventanilla, la cual transporta una corriente superficial con un caudal pequeño y aún indeterminado, pero que es usado en la Finca Filadelfia, razón por la cual, no aporta aguas superficiales al río Guacalate, salvo raras ocasiones cuando la precipitación pluvial es muy alta.

4.5 Clima

Según la clasificación de Thornthwite el clima en Jocotenango es de $B_2' b' ci$, es decir: Templado en cuanto a las jerarquías de la temperatura (B_2') y con invierno benigno en cuanto a la variación de temperatura (b'), en cuanto a las jerarquías de humedad es Sub-húmedo (C) y según el tipo de distribución de la lluvia seco (i) (Instituto Geográfico Nacional, 1975).

4.6 Zona de Vida

De acuerdo con el Sistema de Clasificación de zonas de Vida de Holdridge, Jocotenango se encuentra en la zona de vida denominada: Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB) (Instituto Nacional Forestal, 1983)

4.7 Suelos

El material original es ceniza volcánica y los sedimentos transportados por el Río Guacalate, presenta textura franca, son suelos de la serie de Los Valles según la clasificación de Simmons, Tarano y Pinto (1959).

5 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estudiar a nivel de reconocimiento, el grado de contaminación que presenta el tramo del río Guacalate, dentro de los límites del municipio de Jocotenango, Sacatepéquez, Guatemala.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las principales fuentes de contaminación dentro el tramo del río Guacalate que atraviesa el municipio de Jocotenango, Sacatepéquez.
- Determinar los caudales de descarga de aguas servidas que se vierten al tramo del río Guacalate generadas en el municipio de Jocotenango.
- Determinar la carga contaminante que transporta el río Guacalate cuando entra y sale del municipio de Jocotenango Sacatepéquez.
- Determinar cuales son los principales materiales macroscópicos que se arrojan al río Guacalate en el municipio de Jocotenango, Sacatepéquez.

6 METODOLOGIA

Para caracterizar la contaminación del río Guacalate en el municipio de Jocotenango, Sacatepéquez, desde un reconocimiento general se realizaron las siguientes acciones:

FASE PRELIMINAR

Esta fase consistió en definir el marco general del trabajo y establecer los objetivos de la investigación. Por su relevancia, se escogió el tramo del Río Guacalate que atraviesa el municipio de Jocotenango como área de estudio. Así mismo, se procedió a la recopilación de información, como tesis, informes técnicos y adquisición de diferentes mapas temáticos.

FASE DE CAMPO

En esta fase se realizó en los meses de agosto, septiembre, octubre y consistió en lo siguiente:

Tipos y fuentes de contaminantes

- a.) Determinación de la carga contaminante discriminando entre sólidos y líquidos que son vertidos en el cauce del río Guacalate dentro de los límites municipales de Jocotenango, Sacatepéquez. Para obtener la información de los elementos macroscópicos se realizaron 3 transectos de 10 metros de largo paralelos al río Guacalate por 1 metro de ancho, en los cuales se tomaron los sólidos compuestos principalmente de basuras de diferentes tipos, además se realizó una determinación cuantitativa y cualitativa de los desechos sólidos que se encuentran en el cauce, en el caso de sólidos, se hizo una clasificación entre plásticos, vidrio, papeles y materiales degradables.
- b.) Localización geográfica de los sitios de descarga de aguas servidas, tanto de la municipalidad, como fuentes de descarga no controlados y/o no tomados en cuenta por parte de las autoridades, para lo cual se utilizó GPS y planos de ubicación proporcionados por la Municipalidad.
- c.) Se determinó los caudales de descarga en el punto de vertido de aguas servidas calculando el tiempo en llenar un recipiente con un volumen específico repitiendo el ejercicio 5 veces promediando el resultado.
- d.) Se procedió a tomar muestras de agua en tres puntos que fueron: Al inicio, en las descargas de los drenajes públicos agregadas al caudal del Río Guacalate y en la salida del municipio y se determinó en el campo, cuales son los constituyentes macroscópicos presentes (basuras).

Determinación del grado de contaminación

a.) Para determinar el grado de polución al cual es sometido el Río cuando su recorrido pasa por el municipio de Jocotenango, se realizaron las siguientes acciones metodológicas:

- Aforo de caudal del río Guacalate al ingresar al municipio de Jocotenango. Determinación en campo de los parámetros de: Potencial Hidrógeno (pH), Conductividad Eléctrica (C.E), mediante el uso de un medidor de pH y de uno de conductividad eléctrica. A la vez, se tomaron muestras para conocer a nivel de laboratorio: Oxígeno Disuelto, Demanda Química de Oxígeno y tenso activos, es decir detergentes ABS (alquil benceno sulfonatos) En las fuentes de vertido de las aguas servidas del municipio de Jocotenango, también se ejecutaron los parámetros antes mencionados.
- Al salir la corriente del río del municipio, se hicieron aforos para determinar si además del aporte de las aguas servidas, existe otro tipo de aporte de caudal, por ejemplo de aguas subterráneas, o bien de fuentes dispersas no cuantificadas con anterioridad.
- Se tomaron 9 muestras de agua en envases esterilizados proporcionados por el laboratorio, para determinar sustancias indicadoras de contaminación tales como detergentes (ABS), fenoles, sólidos disueltos, nitrato amoniacal, y análisis bacteriológico.

b.) Se efectuó un sondeo para establecer la opinión de la población del municipio de Jocotenango.

La muestra de las personas entrevistadas se determinó mediante la ecuación de Yamane la cual

$$\text{es: } n = \frac{N Z^2 pq}{N d^2 + Z^2 pq}$$

En donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población.

Z = Valor de las tabla de áreas bajo la curva normal estandarizada que depende del nivel de confianza.

p = Proporción de “éxito”, obtenida de estudios previos o mediante muestreo.

q = Proporción de “fracaso”, obtenida en estudios previos o mediante muestreo.

d = Precisión relativa (un valor entre 1 y 0) .

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Carga contaminante

7.1.1 Sólidos:

La mayor parte de sólidos que se encuentran en el trayecto del Río Guacalate cuando pasa por el municipio de Jocotenango están constituidos por materiales con degradación lenta, como son los derivados de la industria y de origen artificial.

En el Cuadro 7 se aprecia que en los tres puntos de muestreo se estableció que los materiales sólidos encontrados corresponden a plásticos, vidrios, papel y otros materiales biodegradables. En promedio, se encontró que el 30% de la carga contaminante del río corresponde a este tipo de materiales. Esta carga contaminante se considera alta, toda vez que en el trayecto del río no se observan medidas de mitigación que minimicen el impacto de la deposición de materiales sólidos en el río, procedentes de la población y la industria local.

Cuadro 7. Proporciones de los tipos de materiales que se encuentran en las riberas del río Guacalate (%)

Punto de muestreo/tipo de materias	Muestreo Número	Plásticos	Vidrio	Papel y materiales biodegradables
Punto 1	1	43	20	37
	2	45	23	30
	3	44	25	31
	Media	44	22.66	32.67
Punto 2	1	47	19	34
	2	45	25	30
	3	43	27	30
	Media	45	23.66	31.34
Punto 3	1	53	23	24
	2	57	14	29
	3	50	13	37
	Media	53.33	16.67	30

Los materiales biodegradables (o de degradación rápida < 1 año), que no se clasifican como papel, indicados en el Cuadro 7, se refiere a objetos de origen orgánico, tales como cadáveres de animales, desechos de vegetales, y materiales transportados por el río, como troncos o leños.

De acuerdo a los resultados, en la ultima toma de muestra, se nota que aumentaron los materiales conformados principalmente de plásticos, de igual manera se comportan los materiales de degradación rápida, mientras que los conformados por vidrios bajan en porcentaje.

De acuerdo a la localización geográfica de los lugares seleccionados para la toma de muestras, se observa un aumento de la presencia de sólidos en la parte final del tramo del río que atraviesa el municipio de Jocotenango, haciéndose evidente que la comunidad ejerce un efecto de aumento de carga contaminante por este tipo de desechos.

7.1.2 Líquidos:

En el Cuadro 8 se presentan los resultados de la carga contaminante conformada por líquidos. Las muestras se tomaron en los mismos puntos de toma de muestra para sólidos. Los resultados sugieren que la mayoría de carga contaminante añadida de forma líquida proviene principalmente de casas de habitación que se ubican en las riberas o cercanías de las mismas del Río Guacalate, y provienen principalmente de las actividades domésticas diarias, tales como lavado de ropa y utensilios de cocina. El agua se observa con alto contenido de jabón en la mayor parte de los lugares y en algunos con olor fétido. Asimismo, otras fuentes dispersas se pueden considerar las zanjas o canales de drenaje de aguas pluviales, que arrastran al mismo tiempo algunos sólidos macroscópicos (basuras).

Cuadro 8. Caudales de descarga de líquidos diferentes a la red municipal presente en el Municipio de Jocotenango, Sacatepéquez.

Punto de muestreo/	Muestreo Número	Caudal l/s	Fuente	Componentes Principal
Punto 1	1	0.3	Drenaje a flor de tierra de casas	Aguas servidas jabonosas Agua servida no jabonosa
	2	0.7	Zanjas	
	3	0.1	Drenaje superficial de origen desconocido	
	Media	0.36		
Punto 2	1	0.4	Casas	Agua servida jabonosa Agua servida jabonosa Agua de lluvia
	2	0.2	Casas	
	3	0.3	Zanjas de drenaje pluvial	
	Media	0.3		
Punto 3	1	0.28	Casas	Agua servida jabonosa Agua servida jabonosa Agua de tipo desconocido, con olor fétido
	2	0.12	Casas	
	3	0.35	Origen desconocido	
	Media	0.25		

En el caso de la carga contaminante por líquidos se hace una diferenciación con las aguas servidas del municipio, ya sean de origen doméstico o por remoción de aguas llovidas, las cuales las autoridades locales, las colectan y depositan a la corriente del río Guacalate. Los valores de descarga varían entre la época seca y la época lluviosa; en este caso se tienen resultados de los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2003, que aunque se considera que es el periodo de precipitación pluvial, en comparación con otros años, la cantidad de agua caída fue muy baja. Al respecto, los resultados se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Aforos de descargas de aguas servidas del municipio de Jocotenango

<u>Mes</u>	<u>Caudal</u> (l/s)	<u>Caudal</u> (m ³ /s)
Agosto	25.13	0.02513
Septiembre	37.1	0.0371
Octubre	31.25	0.03125

La mayor cantidad de descarga se presentó en el mes de septiembre, posiblemente por las precipitaciones que se dieron en este mes, disminuyendo en octubre. Como es normal, se esperaría que en la época seca estos caudales disminuyan.

7.2 Características Físicas y Químicas:

Las características físicas y químicas del agua son de suma importancia porque constituyen un indicador de su grado de pureza y la factibilidad de que permita el contenido de sustancias dentro de límites aceptables para la sobrevivencia de microorganismos y para la salud humana. Para tener la información preliminar de la contaminación del tramo del Río Guacalate que atraviesa el municipio de Jocotenango, se analizaron los valores de sustancias Tenso Activas, presencia de Fenoles y Demanda Química de Oxígeno (DQO), los cuales se tomaron como indicadores generales de la contaminación que este presenta. (Ver figura 2 y 3).

7.2.1 Características Físicas:

En el Cuadro 10 se presentan los resultados de las características físicas de las aguas que transporta en Río Guacalate, presenta valores que se encuentran dentro de los rangos de Limite Máximo Aceptable (LMA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), y que suponen no son problema, para los diferentes usos para los que se podría usar esta agua.

Cuadro 10. Características Físicas del agua del río Guacalate en el tramo de Jocotenango para diferentes muestras

Fecha de toma de muestra	Temperatura Grados Celsius (°C)	Conductividad (µS/cm.)	pH Unidades
Abril 1991	22.1	212	7.20
Julio 1991	23.0	335	6.70
Julio 2002	20.4	365	7.60
Agosto 2002	19.0	377	7.50
Septiembre 2002	23.0	390	7.88
Octubre 2002	23.0	361	8.30
Agosto 2003	22.6	354	7.80
Septiembre 2003	21.5	389	7.90
Octubre 2003	22.0	326	7.75

Fuente: Abril 1991 a Octubre 2002 INSIVUMEH. Agosto 2003 a Octubre 2003 Resultados del Estudio.

Como se puede apreciar en el cuadro 10, tanto la temperatura, conductividad eléctrica y pH, se encuentran dentro de los límites normales, no considerándose que estos parámetros representen índices de contaminación. En el caso de la temperatura del agua se mantiene estable, con poco cambio de su valor; estos datos al compararlos con los resultados que al respecto también ha efectuado el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) en la zona durante los años 1992 y 2002, no muestran mayor diferencia.

La variación en el valor de la conductividad permite inferir la cantidad de sólidos disueltos en suspensión y aumenta en los periodos don de la precipitación es mayor principalmente en los meses de agosto y septiembre. En tanto el pH o nivel de acidez o alcalinidad, que se presentan, tienden también a ser bastante estables, aunque en el caso donde se ha elevado a valores cercanos a 8, se puede deber al arrastre de materiales con alto contenido de alcalinotérreos, constituyente de los sólidos que son transportados en forma disuelta.

7.2.2 Características Químicas

Las características químicas de las aguas que transporta el Río Guacalate, según los resultados se encuentran dentro de los límites normales de las aguas que podrían usarse para uso humano.

La calidad del agua de este tramo del río para fines de uso en la agricultura y de acuerdo a la clasificación de Riesgo de Adsorción de Sodio (RAS), ha mostrado que son de buena calidad encontrándose todas las muestras analizadas en la zona que las clasifica como C1-S1.

7.3 Indicadores de Contaminación

7.3.1 Parámetros Físicos

En el Cuadro 11 se presentan los resultados obtenidos en el presente estudio y los cuales también se comparan con los estudios que ha llevado a cabo el INSIVUMEH durante los años 1991 y 2003. Con la medición de estos parámetros, se puede tener una idea general del estado de contaminación de las aguas que corren en el tramo estudiado. Así, el Potencial Redox, mide el proceso predominante de las reacciones de reducción u oxidación que ocurren con las sustancias activas químicamente y que se encuentran presentes en la solución acuosa; Al respecto, los valores obtenidos indican que el medio es muy reductor, es decir, predomina las reacciones que donan electrones, incidiendo al mismo tiempo en el poder auto depurador de la corriente el cual se ve mermado, produciendo olores sépticos. En correlación con el proceso de reducción predominante, los valores de oxígeno disuelto, o poder de oxidación de sustancias presentes en suspensión son bajos.

Cuadro 11. Parámetros físicos generales de contaminación

Fecha de toma de muestra	Potencial Redox (mV)	Turbiedad UTN	Sólidos Disueltos Totales mg/L	Oxígeno Disuelto mg/l
Abril 1991	-47.00	29.50	256	1.12
Julio 1991	-51.00	18.00	319	3.00
Julio 2002	-56.00	26.70	283	1.75
Agosto 2002	-61.00	5.0	312	2.25
Septiembre 2002	-54.00	28.0	286	2.80
Octubre 2002	-68.00	4.0	265	1.88
Agosto 2003	-65.00	91.80	316	2.50
Septiembre 2003	-52.00	75.50	420	2.10
Octubre 2003	-47.00	61.00	375	1.65

Fuente: INSIVUMEH, 2002y Resultados de la Investigación 2003

Los valores de Turbiedad en la mayoría de casos se encuentran fuera de los límites máximos aceptables y permisibles, dándole mal aspecto a las aguas que circulan por el tramo en estudio. En cuanto a los sólidos totales disueltos, se encuentran dentro de los valores que se consideran normales en las aguas que se pueden destinar para consumo humano, o bien para la agricultura u otros usos.

7.3.2 Parámetros químicos de contaminación

Las características químicas de las aguas se expresan con los valores de Demanda Química de Oxígeno, Tenso activos, y contenido de Fenoles. Aunque hubiera sido ideal medir la Demanda Bioquímica de Oxígeno y algunos más como grasas y nitrógeno total, solo fue posible los tres primeros mencionados.

Los resultados de laboratorio para los parámetros indicadores de contaminación en aguas superficiales se presentan en el Cuadro 12, mientras que en el Cuadro 13, se presentan de manera comparativa, los resultados de los estudios llevados a cabo por el INSIVUMEH en el año 2002.

Cuadro 12. Parámetros indicadores de contaminación obtenidos en este trabajo

Fecha de Toma de Muestra	Demanda Química de Oxígeno mg/l	Tenso activos (mg/L, activos al azul de metileno)	FENOLES mg/l
Ago-03	13.00	0.61	0.23
Sep-03	11.00	0.46	0.16
Oct-03	15.00	0.52	0.27

Fuente: Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería

Cuadro 13. Parámetros indicadores de contaminación obtenidos por INSIVUMEH

Fecha de Toma de Muestra	Demanda Química de Oxígeno mg/l	Tenso activos (mg/L, activos al azul de metileno)	Fenoles mg/l
Jul-02	18.00	0.34	0.33
Ago-02	10.00	0.36	0.31
Sep-02	9.00	0.38	0.19
Oct-02	17.00	0.51	0.34

Fuente: INSIVUMEH 2002

A) Demanda Química de Oxígeno

Con base en los resultados del Cuadro 12, los valores de la demanda química de oxígeno, que se encontraron en las aguas que transporta en Río Guacalate, indican que está contaminada, ya que los valores de demanda están por encima de los valores mínimos para considerarla de tal forma, es decir, que se necesitan más de 10 mg/l de un agente oxidante, en los procesos químicos que se deberían de dar dentro de los procesos naturales en una corriente de agua en estado natural, por ejemplo la degradación de sustancias orgánicas, o bien componentes no orgánicos que en sus procesos acuosos consumen oxígeno. Al comparar los resultados de éste estudio con los reportes del INSIVUMEH (Cuadro 13) para el año 2002, se observa que las condiciones del agua del río no han variado y se mantienen los niveles de contaminación. En las Figuras 2 y 3, se pueden apreciar los valores de demanda química de oxígeno que presenta el tramo del Río Guacalate que pasa por el municipio de Jocotenango.

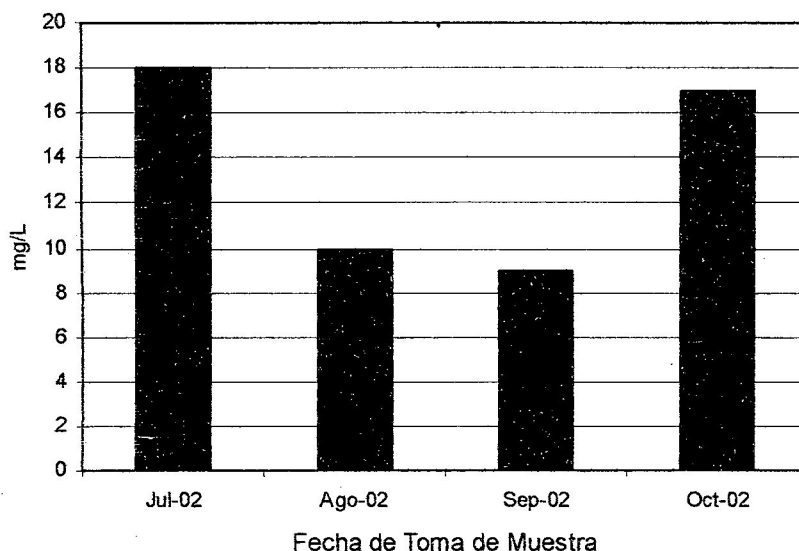


Figura 2. de valor de demanda química de oxígeno DQO en mg/. Datos recopilados por INSIVUMEH)

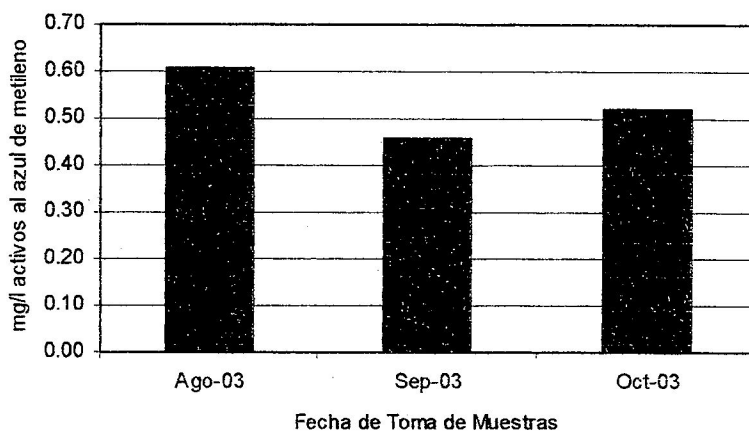
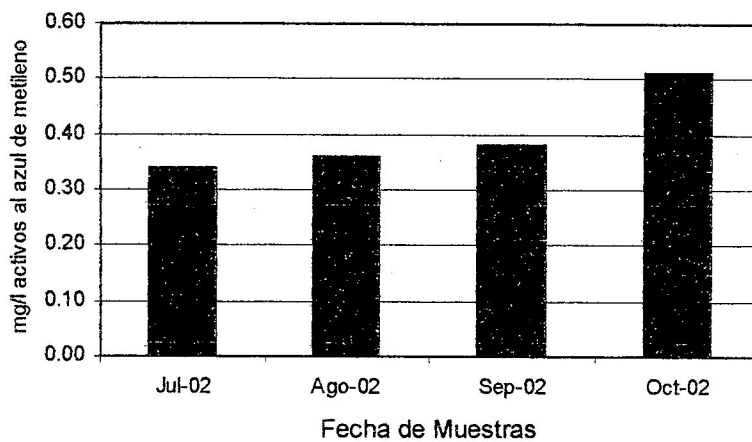


Figura 4 y 5. Histogramas de contenido de sustancias tenso activas en mg/l activos al azul de metileno (arriba: datos recopilados por INSIVUMEH)

C) Sustancias Fenólicas

El contenido de sustancias fenólicas se encuentra en niveles muy por encima de los límites máximos permisibles (LMP), para considerarse como apta para uso doméstico de acuerdo a las normas COGUANOR 29-001. Los resultados indican una alta presencia de sustancias fenólicas en las aguas que transporta el Río Guacalate, posiblemente agregados por los asentamientos humanos ubicados aguas arriba. (Ver figura 6 y 7).

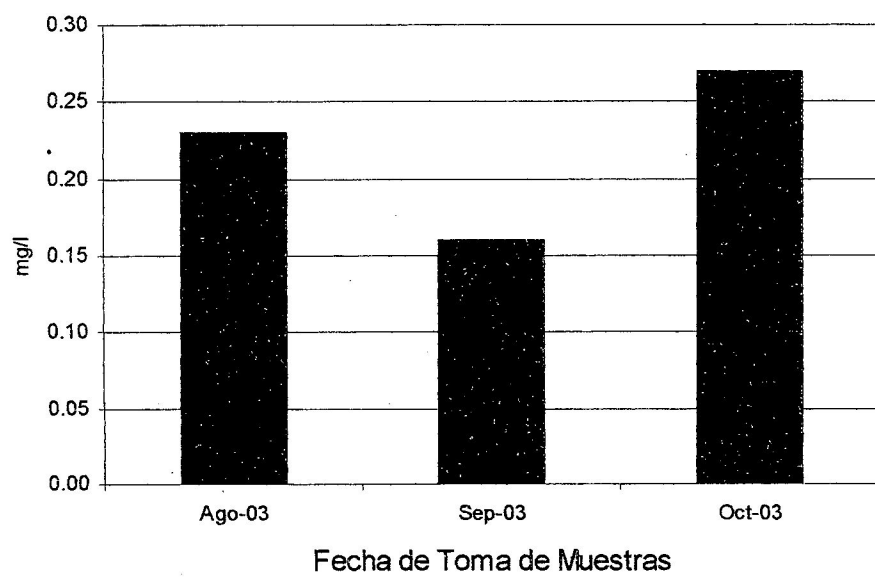
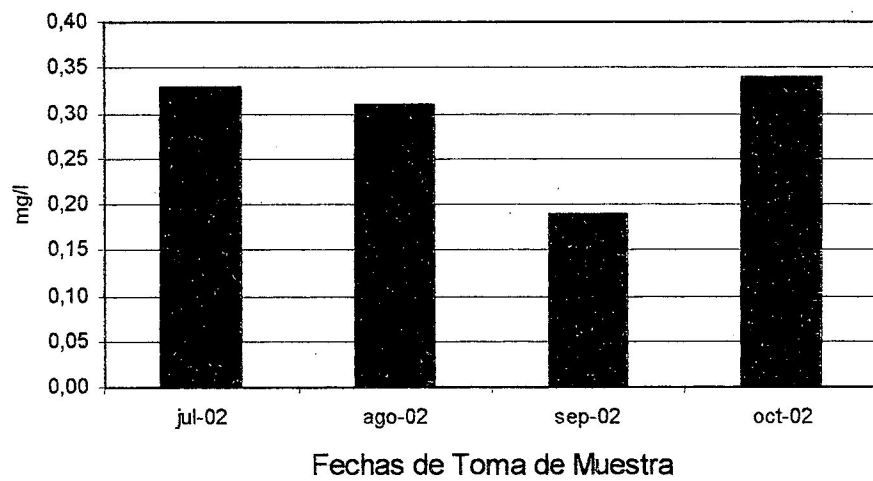


Figura 6 y 7. Histograma de contenido de sustancias fenólicas en mg/l. (arriba: datos recopilados por INSIVUMEH)

7.3.3 Percepción de la población del municipio de Jocotenango con respecto al río Guacalate.

La población del municipio de Jocotenango es de 17,062 habitantes según los datos del censo municipal, de acuerdo a la ecuación de toma de muestra el número de personas encuestadas es de 78.

Los resultados de la encuesta realizada en el municipio de Jocotenango, indican que un 80% de la población se encuentran preocupados por el evidente deterioro en el cual se encuentra el Río Guacalate, en especial, el tramo que atraviesa el municipio de Jocotenango. Las principales manifestaciones de preocupación de la población se dan por el hecho de que 8 de cada 10 personas consultadas cree que el río está contaminado, lo cual evidencia, que la comunidad puede diferenciar entre una corriente de agua contaminada y otra en estado natural. Por otra parte, la población considera que la fuente principal de contaminación del tramo del Río Guacalate en el municipio de Jocotenango, lo constituyen la descarga de aguas servidas del municipio, seguida de los sólidos macroscópicos, es decir, basuras, y en menor escala a la industria presente en la localidad, principalmente carpinterías e industria de curtiembre de pieles fueron las mencionadas.

Por otra parte, la población identifica la contaminación del tramo del Río Guacalate, principalmente por el mal olor, (evidencia de un ambiente reductor), presencia de basura, el color café de la corriente, es decir, alta turbiedad del agua y espuma que indica la presencia de sustancias tóxicas activas, principalmente provenientes de el uso de detergentes poco biodegradables (ABS). La presencia de amenazas de contaminación biológica, como la presencia de animales muertos, no ha sido vista en muchos casos por los encuestados.

Es importante resaltar que existe una buena conciencia colectiva, sobre quien debe ser el actor directo de las posibles soluciones o mitigación de impacto ambiental que se hace en la corriente del río Guacalate, indicando que es la comunidad o vecinos del municipio de Jocotenango, los que deben implicarse en actividades tendientes a minimizar este problema. Pero también indican que las instituciones locales como la municipalidad y escuelas, deben aportar sus esfuerzos, siempre y cuando las instituciones como el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, apoyen estas actividades.

Aunque la gran mayoría de los consultados creen que les afecta la contaminación del Río Guacalate y estarían dispuestos a colaborar en minimizar esta, creen también que no es necesario el funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas servidas. Lo anterior posiblemente es debido a la conciencia de que este proyecto es costoso y deberán aportar algún tipo de contribución para llevarlo a cabo.

Finalmente, en nuestra percepción, la comunidad del municipio de Jocotenango, tiene cierto conocimiento cuando se habla de contaminación, y lo asocian principalmente al aspecto de la corriente de agua que este transporta, sin embargo, es muy poca la conciencia de la implicación de ésta a largo plazo en la salud de los habitantes, y aunque reconocen el problema y están dispuestos a colaborar, no poseen la orientación necesaria de ninguna agrupación o institución, sobre las actividades pueden realizar para, minimizar la contaminación del Río Guacalate que ellos provocan.

8 CONCLUSIONES

- a) La principal fuente de contaminación en el tramo del Río Guacalate que atraviesa el municipio de Jocotenango, es la descarga de las aguas servidas que se vierten sin ningún tipo de tratamiento previo, principalmente, de casas que se encuentran en las riberas y liberan tanto aguas servidas como desechos sólidos de diferentes materiales. Es evidente que, la carga contaminante con que entra el río al municipio de Jocotenango es menor, que cuando sale del mismo, debido principalmente al vertido de las aguas servidas generadas por la población.
- b) La fuente principal de contaminación lo constituye la tubería principal que reúne las aguas servidas generadas en el municipio y lanzadas a la corriente del río Guacalate.
- c) Los caudales de descarga de aguas servidas generadas por el municipio de Jocotenango van de 25 l/s a 37 l/s (0.025 a 0.037 m³/s) durante los meses de agosto a octubre de 2003.
- d) Los principales materiales macroscópicos (basuras) que se encontraron en las riberas del Río Guacalate están conformados principalmente por plásticos de diferente origen y luego por materiales a base de vidrio, los materiales de origen orgánico o de degradación relativamente rápida son los que se encuentran en menor cantidad.

9 RECOMENDACIONES

- a) En el municipio de Jocotenango se recomienda la construcción de una planta de tratamiento de aguas servidas, con el fin de contribuir a un mejor nivel de saneamiento ambiental.
- b) Realizar un monitoreo durante todo el año de la carga contaminante que transporta el Río Guacalate, tanto cuando entra, como cuando sale del municipio de Jocotenango, para obtener información necesaria que contribuya a mejorar la calidad del agua superficial que pasa por la localidad en mención.
- c) Efectuar análisis de la calidad del agua que se extrae de pozos de agua que se destina al consumo humano y que se encuentra bastante cerca de las riberas del Río Guacalate, para obtener información de la interacción entre la corriente superficial y el acuífero presente en el subsuelo de esta región.
- d) Con el apoyo de la municipalidad de Jocotenango, el Ministerio del Ambiente y las instituciones educativas de la localidad, lanzar programas de educación ambiental, que involucren la conservación de los recursos naturales del municipio y minimizar el impacto ambiental de la población hacia el río Guacalate.

15. Macmannis, L. 1996. Informe preliminar de la contaminación del lago de Amatitlán. Guatemala, s.n. 5 p.
16. OPS (Organización panamericana de la salud) 1987 Costarrica: Guías para la calidad del agua potable; criterios relativos a la salud y otra información base. 350 p.
17. Otero del Peral, LR. 1998. Residuos sólidos urbanos. Madrid, España, Dei. 78 p.
18. Reyes Chávez, LM. 1998. Método practico para calculo de tamaños de muestra estudios para encuesta. Tikalia 16(2): 81-89.
19. Reyes Valdez, G. 1999. Estudió preliminar de los niveles de contaminación del agua de los ríos Salamá y San Jerónimo, en el departamento de Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. s.p.
20. Simmons, CH; Tarano, JM ; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la republica de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra H. 1000 p.
21. Taracena HJ. 1999. Determinación de la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo y propuestas de políticas y estrategias de uso en la cuenca del río Itzapa del departamento del Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 136 p.
22. USAC(Universidad de San Carlos de Guatemala. Dirección General de Investigación). s.f. Diagnostico de los recursos naturales y ambientales. Guatemala, Editorial Universitaria. 78 p.
23. Velásquez, M.S. 1984. Caracterización cualitativa y cuantitativa del recurso agua de la cuenca del río Grande de Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 136 p.
24. Zambrano Pérez, B. E. 1986. Estudio de la calidad del agua del río Guacalate y Sus usos benéficos. Tesis Mag. Sc. Guatemala, USAC, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria. 83 p.



v. 30.

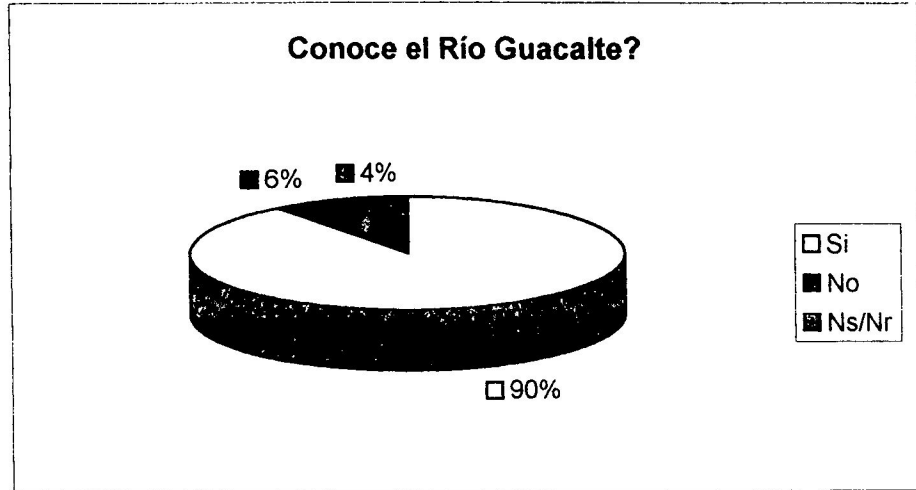
Agustin De La Roca

11 ANEXO

GRAFICAS PARA DETERMINAR EL PUNTO DE VISTA DE LA POBLACION SOBRE LA CONTAMINACION DEL RÍO GUACALATE.

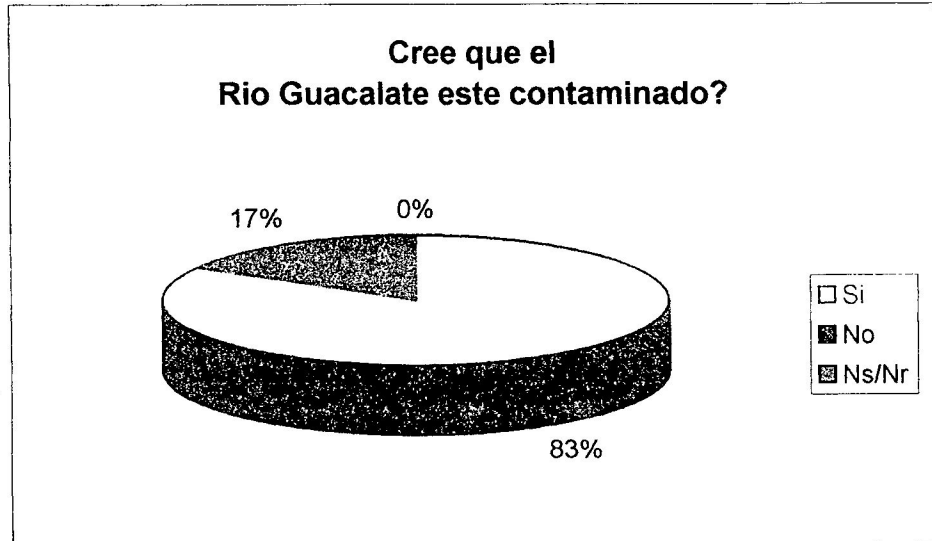
1.- Conoce el Río Guacalate?

Si	70
No	5
Ns/Nr	3



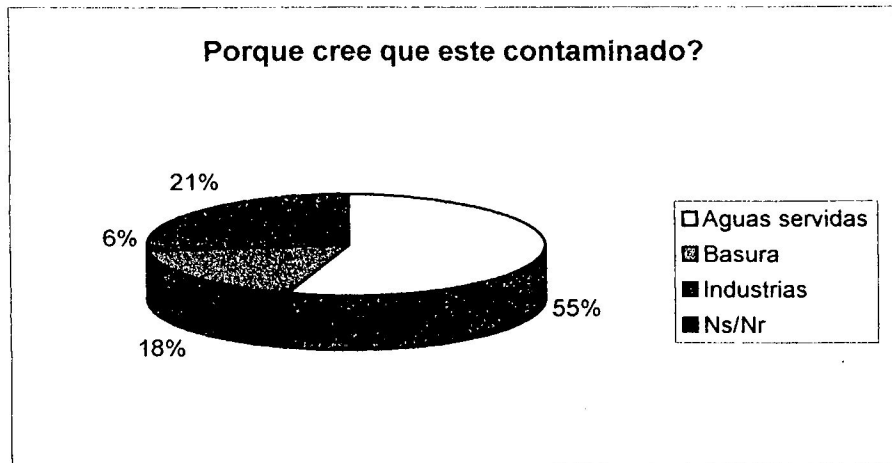
2.- Cree que el Río Guacalate esté contaminado?

Si	65
No	13
Ns/Nr	0



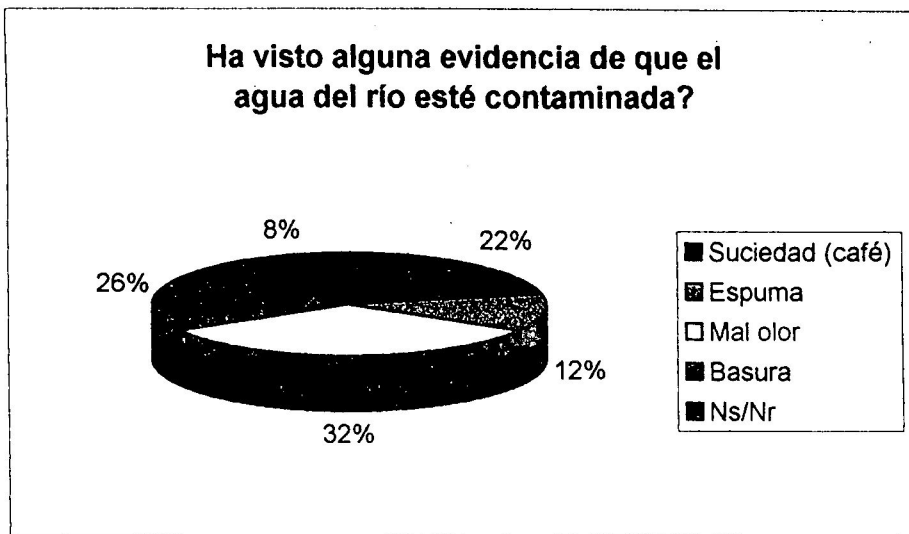
3.- Porque cree que esta contaminado?

Aguas servidas	43
Basura	14
Industrias	5
Ns/Nr	16



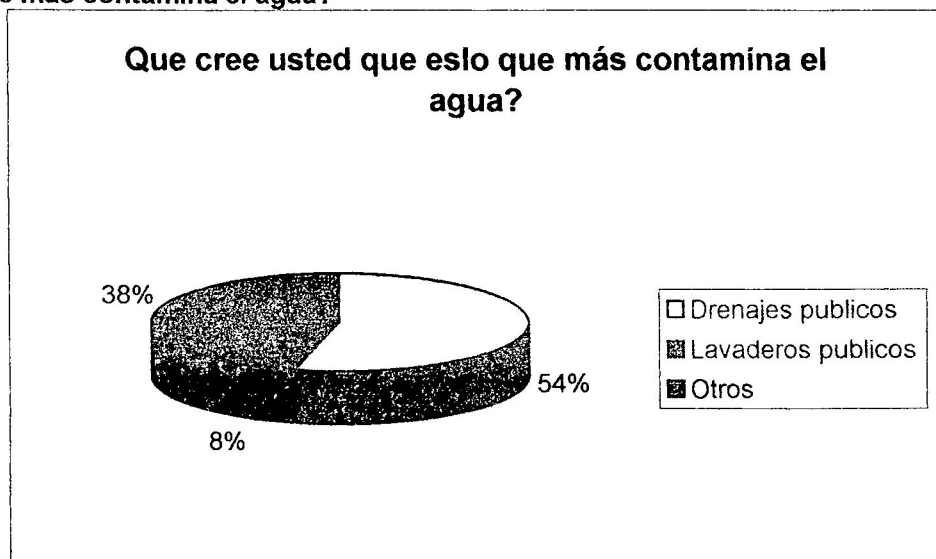
4.- Ha visto alguna evidencia de que el agua del río esté contaminada?

Suciedad (café)	17
Espuma	9
Mal olor	26
Basura	20
Ns/Nr	6



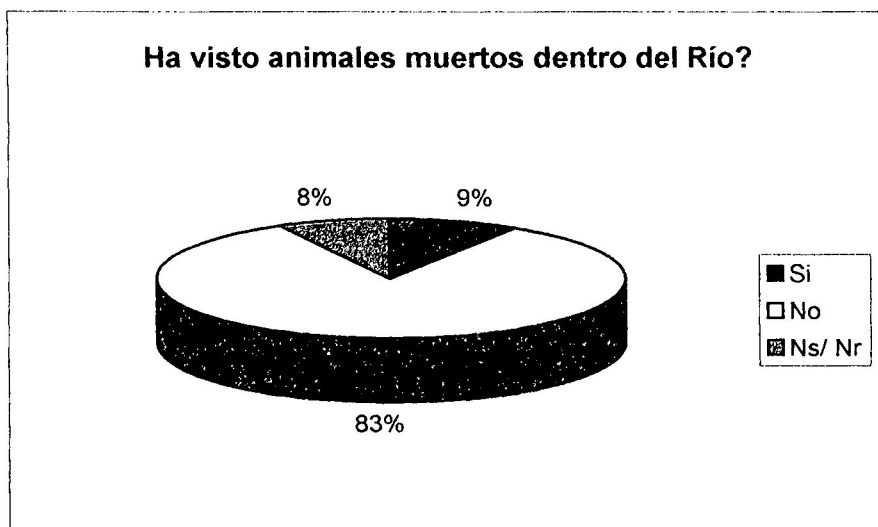
5.- Que cree usted que es lo que mas contamina el agua?

Drenajes publicos	42
Lavaderos publicos	6
Otros	30



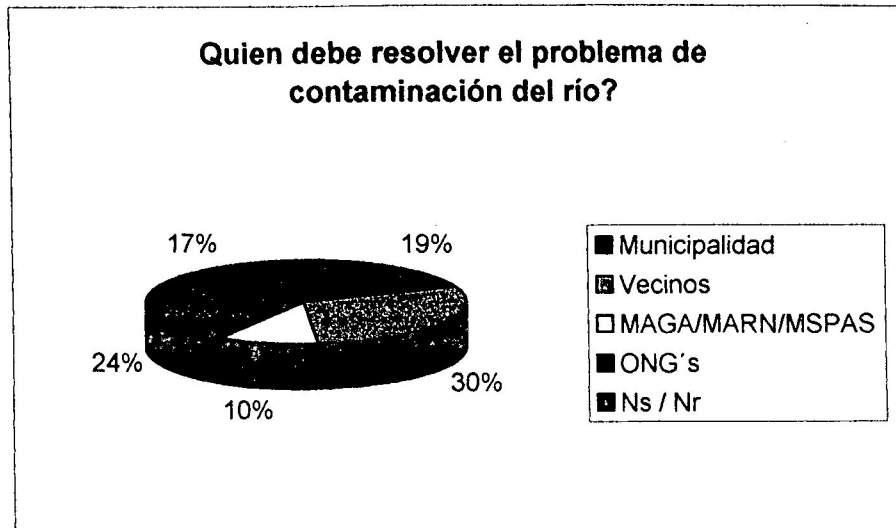
6.- Ha visto animales muertos dentro del río?

Si	7
No	65
Ns/ Nr	6



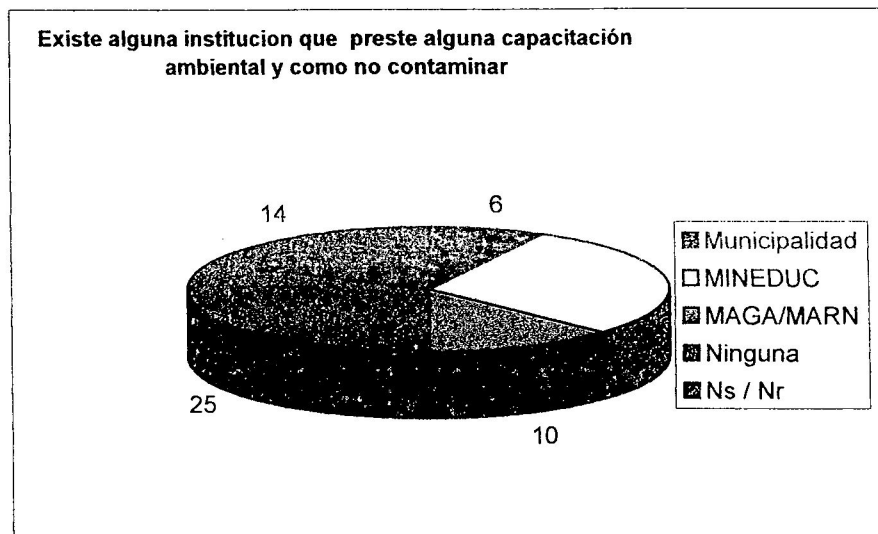
7.- Quien debe resolver el problema de la contaminación del río?

Municipalidad	15
Vecinos	23
MAGA/MARN/MSP/	8
ONG's	19
Ns / Nr	13



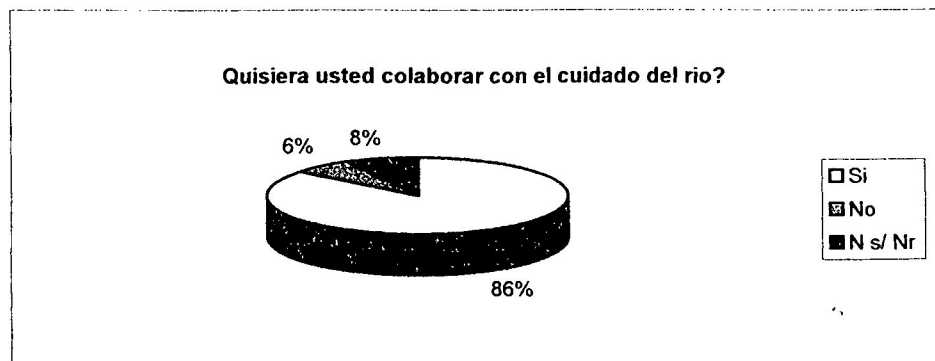
8.- Existe alguna Institucion que preste alguna capacitación a la población con relación a la contaminación ambiental y como no contaminar?

Municipalidad	6
MINEDUC	23
MAGA/MARN	10
Ninguna	25
Ns / Nr	14



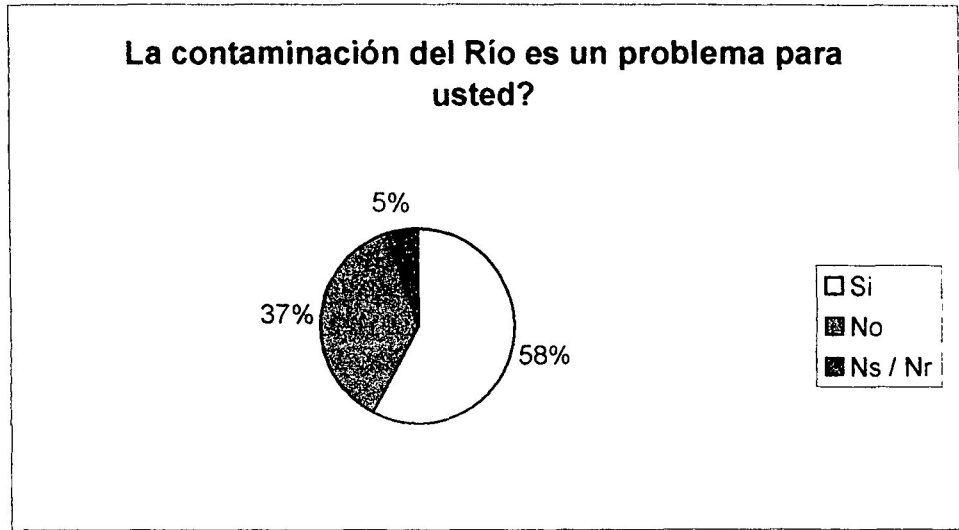
9.- Quisiera usted colaborar con el cuidado y mantenimiento del rio?

Si	67
No	5
N s/ Nr	6



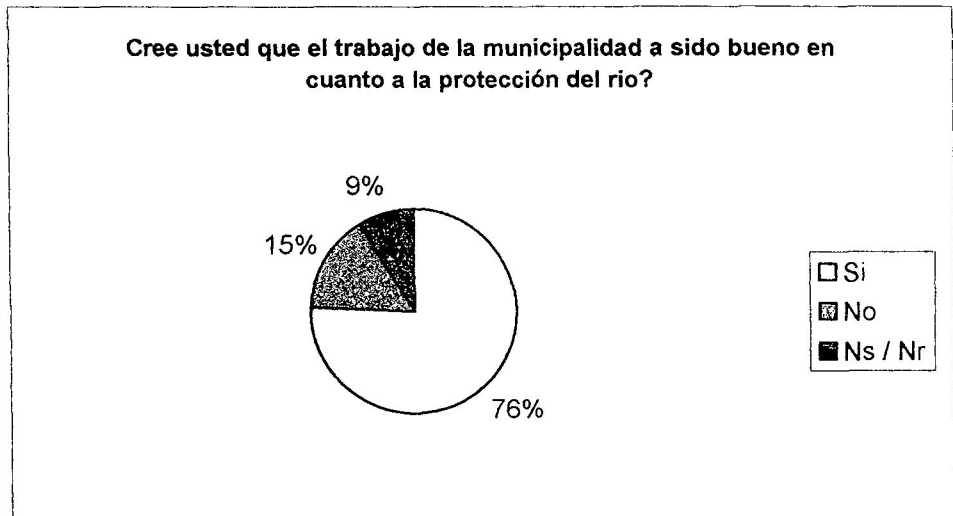
10 La contaminación del río es un problema para usted?

Si 45
No 29
Ns / Nr 4



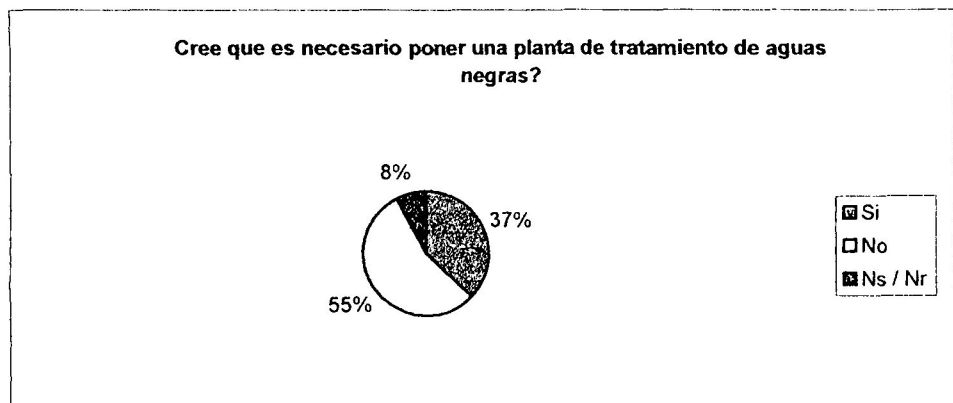
11 Cree que el trabajo de la municipalidad ha sido el correcto en cuanto a la protección del río?

Si 59
No 12
Ns / Nr 7



12 Cree que es necesario poner una planta de tratamiento de aguas negras?

Si 29
No 43
Ns / Nr 6



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



REF. Sem. 03/2004

FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA:

"ESTUDIO A NIVEL DE RECONOCIMIENTO
DE LA CONTAMINACIÓN DEL TRAMO DEL
RIO GUACALATE, DENTRO DE LOS
LIMITES DEL MUNICIPIO DE
JOCOTENANGO, SACATEPEQUEZ,
GUATEMALA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE :

JUAN CARLOS MORALES MENDEZ


CARNE:

9013218

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES :

Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio
Ing. Agr. Isaac Rodolfo Herrera Ibáñez
Ing. Agr. Josué Iván Morales Dardón
Ing. Agr. Griselda Lily Gutiérrez Alvarez

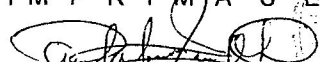
Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.


Ing. Agr. José Miguel Leiva Pérez
A S E S O R


Ing. Agr. Marco Antonio Nájera Caal
A S E S O R


Dr. David Monterroso Salvatierra
DIRECTOR DEL IIA

I M P R I M A S E


Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
D E C A N O

DMS/nm
c.c. Archivo
IIA
Control Académico

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.
TEL/FAX (502) 476-9794
e-mail: llusac.edu.gt § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomfa.htm>



REF. Sem. 03/2004

FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA:

"ESTUDIO A NIVEL DE RECONOCIMIENTO
DE LA CONTAMINACIÓN DEL TRAMO DEL
RIO GUACALATE, DENTRO DE LOS
LIMITES DEL MUNICIPIO DE
JOCOTENANGO, SACATEPEQUEZ,
GUATEMALA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE :

JUAN CARLOS MORALES MENDEZ

CARNE:

9013218

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES :

Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio
Ing. Agr. Isaac Rodolfo Herrera Ibáñez
Ing. Agr. Josué Iván Morales Dardón
Ing. Agr. Griselda Lily Gutiérrez Alvarez

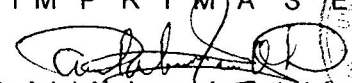
Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.


Ing. Agr. José Miguel Lerva Pérez
A S E S O R


Ing. Agr. Marco Antonio Nejerá Caal
A S E S O R


Dr. David Monterroso Salvatierra
DIRECTOR DEL IIA

IMPRIMASE


Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
D E C A N O



DMS/nm
c.c. Archivo
IIA
Control Académico