

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMIA**

**DIAGNOSTICO DE LAS AGUAS SERVIDAS MUNICIPALES
SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO SAN JOSE, EN
LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE CHIQUIMULA**



HECTOR ANTONIO SOLIS CUELLAR

INGENIERO AGRONOMO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, OCTUBRE DE 2005

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMIA**

**DIAGNOSTICO DE LAS AGUAS SERVIDAS MUNICIPALES
SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO SAN JOSE, EN
LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE CHIQUIMULA**

**TESIS
PRESENTADA AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO**

POR

HECTOR ANTONIO SOLIS CUELLAR

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

**EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO**

CHIQUIMULA, GUATEMALA, OCTUBRE DE 2005

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMIA**



**RECTOR
M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO**

CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE

Presidente: MSc. Mario Roberto Díaz Moscoso

Secretario: MSc. José Leonidas Ortega Alvarado

Representantes docentes: Lic. Minor Rodolfo Aldana Paiz
Lic. Gustavo Adolfo Sagastume Palma

Representante de Egresados a nivel de Licenciatura:
Ing. Agr. Godofredo Ayala Ruiz

Representantes estudiantiles: Bachiller Luis Alberto Chinchilla Solis
Bachiller José Ernesto Galdàmez Samayoa

Coordinadora Académica: MSc. Mirna Lissett Carranza Archila

COORDINADOR AGRONOMIA
Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón

INDICE

Contenido	Página
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS.	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCION.	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	2
3. JUSTIFICACION	3
4. OBJETIVOS.	4
4.1 General	4
4.2 Específicos	4
5. HIPOTESIS	5
6. MARCO TEORICO	6
6.1 Marco Conceptual	6
6.1.1 La calidad del agua para riego	6
6.1.2 Características que determinan la calidad	6
6.1.2.1 Conductividad eléctrica	6
6.1.2.2 Bicarbonatos	7
6.1.2.3 Relación de Adsorción de Sodio (RAS)	7
6.1.2.4 Concentración de Boro	10
6.1.2.5 Riesgos biológicos	10
6.1.3 Características de las aguas negras	14
6.1.3.1 Origen	15
6.1.3.2 Análisis físico, químico y biológico	15
6.1.4 Zonificación para descargas de aguas servidas en ríos o efluentes	18
6.1.5 Recolección de muestras	19
6.1.5.1 Cantidad	19
6.1.5.2 Muestras representativas	20
6.1.5.3 Tipos de muestras	20
6.2 Marco Referencial	22
6.2.1 Descripción del área	22
6.2.2 Localización geográfica	22

Contenido	Página
6.2.3 Localización ecológica	22
6.2.4 Estudios realizados sobre calidad del agua del río San José.	22
6.2.5 Estudios de las aguas negras en Chiquimula.	23
7. PREDICCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS EN LAS AGUAS SUPERFICIALES	25
8. METODOLOGÍA	29
8.1 Población y muestra	29
8.2 Técnicas de observación	29
8.3 Técnicas de recolección y análisis de datos	29
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
9.1 Aforos	31
9.2 Análisis Físico-Químico de muestras	32
9.2.1 Drenaje 1 (río Tacó y Rastro Municipal).	36
9.2.2 Drenaje 2 (costado al CUNORI, a 1000 m del drenaje 1).	36
9.2.3 Drenaje 3 (bajos del puente II Héctor, a 750 m del drenaje 2)	37
9.2.4 Presa 1 (a 300 m de desembocadura del drenaje 3 en el río)	37
9.2.5 Presa 2 (a 1500 m de la presa 1 en el río)	38
9.2.6 Presa 3 (a 100 m de la presa 2 en el río)	38
9.2.7 Presa 4 (a 500 m de la presa 3 en el río)	38
9.2.8 Presa 5 (a 300 m de la presa 4 en el río)	39
9.3 Niveles de conductividad y sodio encontrados	39
9.4 Análisis microbiológico de muestras	40
9.4.1 Coliformes fecales	40
9.4.2 Demanda Biológica y Química de Oxígeno (DBO ₅ y DQO)	41

Contenido	Página
9.5 Zonificación del área de muestreo en el río San José	41
10. CONCLUSIONES	43
11. RECOMENDACIONES	45
12. BIBLIOGRAFIA	46
13. APÉNDICE.	49
1. Reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Máximos Permisibles de Contaminación para la descarga de aguas servidas (Acuerdo Gubernativo 60-89, 7 de febrero de 1989.. . . .	50
2. Informe de análisis de laboratorio para DBO ₅ y DQO	53
3. Localización geográfica del area experimental	54
4. Análisis microbiológico	55
5. Gráficas de elementos analizados en el drenaje 1. Chiquimula, 1997	56
6. Gráficas de elementos analizados en el drenaje 2. Chiquimula, 1997	57
7. Gráficas de elementos analizados en el drenaje 3. Chiquimula, 1997	58
8. Gráficas de elementos analizados en la presa 1. Chiquimula, 1997	59
9. Gráficas de elementos analizados en la presa 2. Chiquimula, 1997	60
10. Gráficas de elementos analizados en la presa 3. Chiquimula, 1997	61
11. Gráficas de elementos analizados en la presa 4. Chiquimula, 1997	62
12. Gráficas de elementos analizados en la presa 5. Chiquimula, 1997	63

INDICE DE CUADROS

	Cuadro	Página
1	Límites permisibles de Boro para aguas de riego.	10
2	Principales microorganismos y parásitos que podrán encontrarse en el agua como contaminantes.	11
3	Enfermedades que podrían ser adquiridas por contacto o ingestión del agua.	13
4	Análisis químico de muestras obtenidas en diferentes localidades de la sub-cuenca del río San José. Chiquimula, 1980.	24
5	Contaminantes importantes de las aguas superficiales y sus impactos.	25
6	Límite en los usos del agua debido a la degradación de su calidad.	26
7	Normas sobre requisitos de calidad del agua de los cuerpos receptores de aguas negras y de residuos industriales (para riego y adaptada al estudio).	27
8	Aforo de verano, en cinco presas del río San José. Chiquimula, 15 de marzo de 1997.	31
9	Aforo de invierno, en cinco presas del río San José. Chiquimula, 21 de septiembre de 1997.	31
10	Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 1. Chiquimula, 10 de agosto de 1997.	32
11	Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 2. Chiquimula, 24 de agosto de 1997.	32
12	Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 3. Chiquimula, 7 de septiembre de 1997.	33

Cuadro	Página
13 Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 4. Chiquimula, 21 de septiembre de 1997.	33
14 Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 5. Chiquimula, 5 de octubre de 1997.	34
15 Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 6. Chiquimula, 19 de octubre de 1997.	34
16 Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 7. Chiquimula, 16 de noviembre de 1997.	35
17 Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 8. Chiquimula, 14 de diciembre de 1997.	35
18 Resultados del análisis de DBO ₅ y DQO (mg/l), efectuados a muestras provenientes de tres drenajes de aguas servidas municipales. Chiquimula, 1998.	41
19 Zonificación del área de muestreo en el río San José. Chiquimula, 1998.	42
20 Límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de las aguas servidas municipales en caudales mayores de 8 m ³ por día.	51

INDICE DE FIGURAS

	Figura	Página
1	Diagrama para la clasificación de las aguas para riego.	9

**DIAGNOSTICO DE LAS AGUAS SERVIDAS MUNICIPALES
SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO SAN JOSE,
EN LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE CHIQUIMULA**

RESUMEN

El agua se encuentra en diversas formas en la naturaleza, e influenciada según el ambiente que le rodea, el cual de manera natural o por intervención humana puede alterar sus propiedades y hacerla condicionada de acuerdo al uso.

Al lado este de la ciudad de Chiquimula se encuentra el río San José, el cual es utilizado por varias fincas mediante presas rústicas que derivan el agua para fines agrícolas y ganaderos principalmente; sin embargo río arriba antes de las presas, se vierten tres drenajes municipales sin ningún tratamiento previo, los cuales en gran parte crean condiciones desagradables y alteran la apariencia del mismo. Por tal razón, el Centro Universitario de Oriente planteó la necesidad de realizar un diagnóstico de las aguas servidas municipales sobre la calidad del agua del río San José, con la finalidad de conocer las principales características físico-químicas y microbiológicas del agua y su manifestación desde finales de invierno hasta principios de verano. Para ello, se realizaron dos aforos (en verano e invierno), así como muestreos simples de los tres drenajes y de las cinco presas derivadas, con un intervalo de quince días, iniciando en el mes de agosto de 1997 y finalizando en febrero de 1998. Con dicho diagnóstico se pretendió generar información preliminar que sirviera de base para futuras investigaciones, y que permitiera realizar acciones iniciales de manejo y control para mitigar dichos efectos, no sólo en la calidad del agua, sino de los productos que entran en contacto con la misma. Los resultados mostraron altos valores en la temperatura del agua así como índices de demandas biológica y química de oxígeno que sobrepasan los límites permisibles. De la misma forma, la concentración de sales y la cantidad de sólidos se manifestó alta en todos los muestreos y la actividad microbiana manifestó un crecimiento masivo de enterobacterias.

1. INTRODUCCION

La cabecera departamental de Chiquimula, se encuentra al nororiente del país. Al este de la ciudad se localiza el río San José, cuyas aguas durante la cálida época de verano son utilizadas para riego por varias fincas agrícolas y ganaderas, las cuales mediante presas rústicas derivan el agua al interior de las mismas cubriendo una extensión de aproximadamente 4 kilómetros cuadrados.

La ciudad de Chiquimula posee entre otros, tres drenajes municipales que conducen aguas negras provenientes de diferentes sectores de la ciudad, mismas que son vertidas directamente y sin tratamiento alguno al cauce del río.

El caudal del río es permanente, sin embargo por las condiciones climáticas características del área, en los meses de verano éste se reduce considerablemente, no así los aportes de las aguas negras, las cuales aumentan la concentración, turbidez y los malos olores, ocasionando mayor formación de sedimentos, espuma y una modificación total de la apariencia general de las aguas del río.

Por lo anteriormente expuesto, el Centro Universitario de Oriente, planteó la realización de un diagnóstico que mostrara las principales características físico-químicas y microbiológicas de dichas aguas, para poder así determinar el grado de contaminación de las mismas y sus posibles efectos sobre el suelo, las plantas, los animales y el hombre; para que de esta manera pueda iniciarse en un futuro a través de diversos sectores, una iniciativa que pretenda minimizar la problemática actual.

El período de estudio se centró en la finalización de la temporada de invierno e inicios de verano, comprendiendo para cada una de ellas la realización de dos aforos sobre el cauce del río y el análisis físico-químico y microbiológico de muestras provenientes de tres drenajes de aguas servidas y de ocho presas que derivan el agua para uso agrícola en varias fincas. De la misma forma, se realizaron análisis para la determinación de las demandas biológica y química de oxígeno y una zonificación para descarga de aguas servidas en ríos o efluentes.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

El uso de aguas negras para riego de tierras agrícolas, es una práctica que algunos países con tradición de riego vienen realizando, por ser la única fuente disponible o por razones de necesidad de destinar las aguas blancas para uso doméstico, industrial, recreativo, etc.

Sin embargo, el uso y manejo de esta clase de aguas requiere de ciertos cuidados, que los responsables deben establecer y supervisar, a fin de que no se provoque daño a los suelos, cultivos y a las personas mismas.

En Chiquimula, se utiliza el río San José en áreas donde éste se encuentra alterado por el aporte de aguas negras municipales, sin que a la fecha se conozca realmente el contenido químico y microbiológico de dichas aguas, para poder realizar un mejor manejo de las mismas.

3. JUSTIFICACION

El agua es el principal líquido existente en la naturaleza, vital para el normal funcionamiento de la mayoría de seres vivos, pero a la vez puede ser vehículo de la propagación de microorganismos patógenos, elementos y sustancias químicas que de una u otra manera han sido depositadas en ella.

El río San José es utilizado principalmente para irrigación de varias fincas agrícolas y ganaderas. Durante su paso por un costado de la cabecera departamental de Chiquimula recibe principalmente tres aportes de aguas servidas municipales, las cuales no sufren ningún proceso de tratamiento, alterando la naturaleza misma del agua y contaminando buena parte de su recorrido; por lo cual se hace necesario un diagnóstico sobre la calidad del agua para usos diversos en la agricultura y ganadería, para así sugerir y recomendar mejoras a las autoridades y a los usuarios.

Por tal razón el presente estudio constituirá un aporte para satisfacer la necesidad que existe de generar información básica preliminar que sirva de ayuda para posteriores investigaciones en esta y otras fuentes de naturaleza similar.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL:

- Generar información que permita describir las características físico-químicas y biológicas de las aguas servidas municipales así como el estado del agua del río San José, para poder ofrecer bases para estudios posteriores que permitan mejorar la calidad de las mismas.

4.2 ESPECIFICOS:

- Determinar las principales propiedades físicas y químicas del agua del río así como de las aguas servidas municipales, para establecer los niveles en los que se encuentran.
- Determinar la calidad microbiológica de dichas aguas, para establecer los usos a los cuales podría destinarse.
- Determinar para cada uno de los drenajes de aguas negras, la Demanda Biológica y Química de Oxígeno (DBO, DQO) para conocer la capacidad de contaminación de dichas aguas.
- Establecer mediante las características del agua, una zonificación del área de muestreo en el río, con el fin de identificar los lugares en los cuales ocurren los diversos procesos de degradación.

5. HIPOTESIS

Las aguas servidas municipales vertidas al río San José no se someten a ningún tratamiento previo, por tal razón el aprovechamiento de las aguas del río para uso doméstico, agrícola e industrial, es limitado.

6. MARCO TEORICO

6.1 MARCO CONCEPTUAL:

6.1.1 LA CALIDAD DEL AGUA PARA 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 (15).

En varias partes del mundo el aumento de la agricultura bajo riego y los cambios en las prácticas de manejo están causando problemas muy serios debido a la calidad de las aguas. Existe la tendencia a usar para riego toda agua disponible. Esto significa que después de varios años las derivaciones de las corrientes superficiales pueden cambiar de agua de río no contaminada a una porción considerable de flujo revolvente de pobre calidad, proveniente del drenaje (15).

6.1.2 CARACTERISTICAS QUE DETERMINAN LA CALIDAD

Las características más importantes que determinan la calidad del agua para la agricultura son (10):

- 1) La concentración total de sales solubles bajo ciertas condiciones de bicarbonatos, con relación a la concentración de calcio más magnesio,
- 2) la concentración relativa del sodio con respecto a otros cationes,
- 3) la concentración de boro u otros elementos que pueden ser tóxicos, y
- 4) el contenido microbiológico presente (22).

6.1.2.1 Conductividad Eléctrica:

La concentración total de sales solubles en las aguas de riego, para fines de diagnóstico y de clasificación, se puede expresar en términos de conductividad eléctrica, la cual se puede determinar en forma rápida y precisa (18).

Casi todas las aguas para riego que se han usado por mucho tiempo tienen una conductividad eléctrica menor de 2,250 micromhos/cm. Ocasionalmente se usan aguas de mayor conductividad, pero las cosechas obtenidas no han sido satisfactorias, excepto en raras ocasiones (18).

En general, las aguas cuya conductividad eléctrica sea menor de 750 micromhos/cm son satisfactorias para el riego por lo que respecta a sales, aun cuando los cultivos sensibles pueden ser afectados adversamente cuando se usan aguas cuya conductividad varíe entre 250 y 750 micromhos/cm (18).

Las aguas cuya conductividad eléctrica varía entre 750 y 2,250 micromhos/cm son comúnmente utilizadas, obteniéndose con ellas crecimiento adecuado de las plantas, siempre y cuando haya un buen manejo de la tierra y un drenaje eficiente (18).

El empleo de aguas con conductividad eléctrica mayor de 2,250 micromhos/cm es una excepción y rara vez se obtienen buenos resultados. Unicamente los cultivos más tolerantes a las sales se pueden desarrollar bien cuando se riegan con este tipo de agua y siempre que se aplique agua en abundancia y el drenaje del subsuelo sea adecuado (18).

6.1.2.2 Bicarbonatos:

En aguas ricas en iones bicarbonato, el Calcio y el Magnesio tienden a precipitar en forma de carbonatos a medida que la solución del suelo se vuelve más concentrada. Esta relación no se completa totalmente en circunstancias ordinarias, pero a medida que se produce las concentraciones de Calcio y Magnesio se van reduciendo, aumentando así la proporción relativa del Sodio (10).

6.1.2.3 Relación de adsorción de sodio (RAS):

Además de la concentración total de sales en solución interesa la proporción relativa de Na y cationes divalentes en el agua de riego, por su efecto en la sodificación del suelo. La importancia de este proceso radica en el efecto dispersante que tiene el Na al ser intercambiado por los coloides del suelo, debido a su elevado radio de

hidratación. Cuando un suelo sufre dispersión por efecto del Na, su estructura se ve alterada con diferentes grados de intensidad, sellándose total o parcialmente la superficie del suelo a la infiltración del agua de riego e impidiendo el intercambio gaseoso entre la atmósfera y el perfil del suelo. Se crean en consecuencia condiciones inapropiadas para el adecuado desarrollo del sistema radicular de las plantas, afectándose el rendimiento de los cultivos; por el efecto sobre la infiltración, disminuye la eficiencia del riego, incrementándose el escurrimiento superficial y el tiempo de riego necesario para reponer el agua consumida por los cultivos (10,19).

Por tratarse de un proceso de intercambio catiónico entre las arcillas del suelo y los iones disueltos en el agua que fluye en el perfil del suelo, el peligro de sodificación queda determinado por la relación entre Na y iones divalentes, expresada a través de un índice conocido como relación de adsorción de sodio o RAS (10,19). La relación de adsorción de sodio (RAS) en una solución del suelo, se relaciona con la adsorción de sodio y, en consecuencia, esta relación puede usarse como "índice de sodio" o "del peligro de sodificación que tiene dicha agua" (19). Esta relación es la siguiente:

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

en la cual, Na^+ , Ca^{++} y Mg^{++} representan las concentraciones en miliequivalentes por litro de los iones respectivos (19). Los valores de RAS se clasifican como: bajo (< 11), medio (11-18), alto (18-26) y muy alto (> 26) (19). (Fig. 1)

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. (19)

La concentración de la solución del suelo aumenta a causa de la extracción de agua del suelo por las raíces y a causa de la evaporación. Debido a que la cantidad de sal absorbida por las plantas es relativamente pequeña la solución remanente en el suelo es más concentrada que el agua de riego aplicada. Al siguiente riego esta solución más concentrada puede ser desplazada hacia abajo o ser diluida; de ese

modo la concentración de la solución que está en contacto con el suelo variará con el tiempo y localización en el perfil (19).

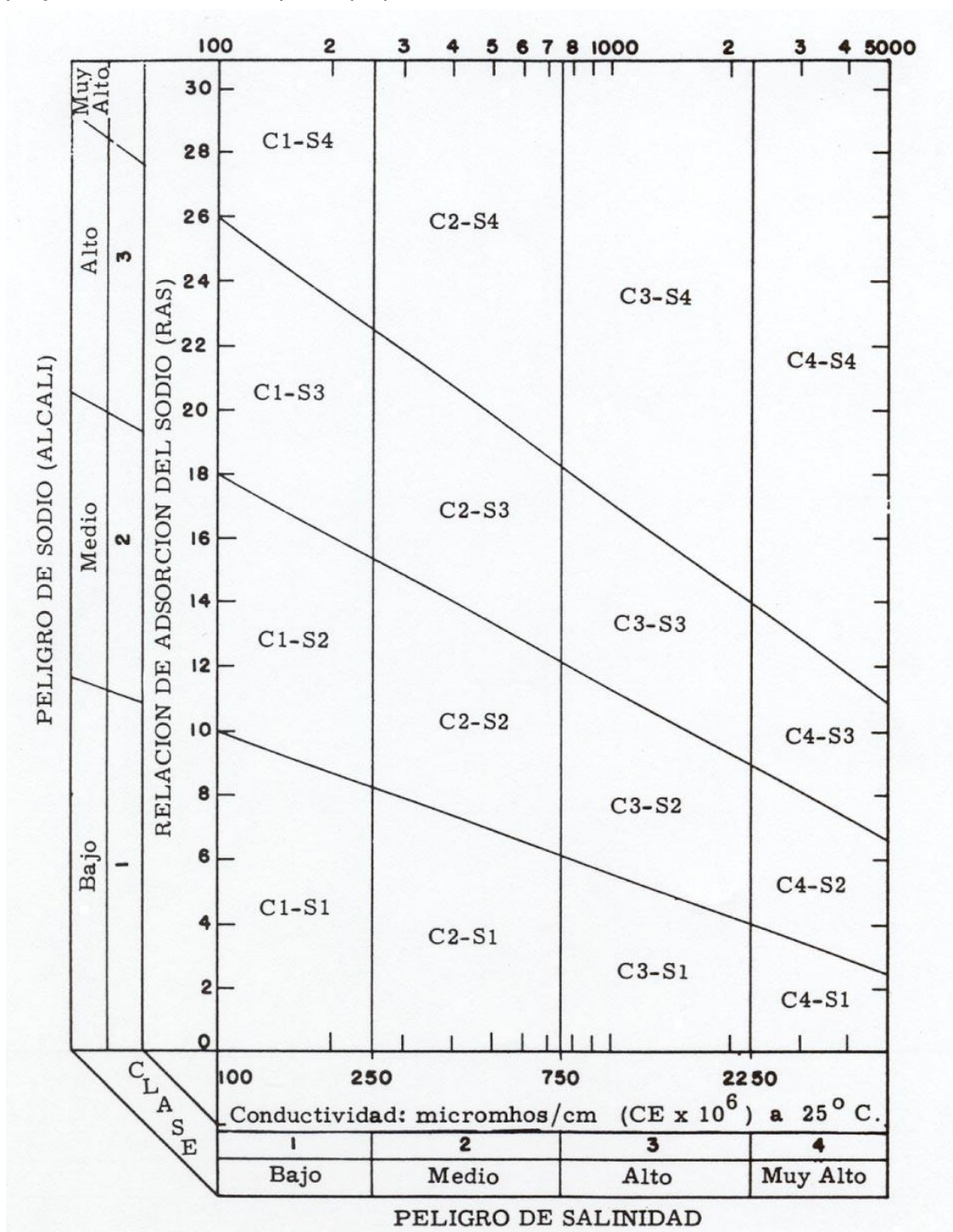


Figura 1. Diagrama para la clasificación de las aguas para riego.

6.1.2.4 Concentración de Boro:

El Boro se encuentra en casi todas las aguas de riego y su concentración varía desde trazas hasta varias partes por millón. A pesar de ser un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, se convierte tóxico cuando excede su nivel óptimo, que ha sido establecido de 0.03 a 0.04 ppm para la mayoría de los cultivos; sin embargo la concentración que afecta a algunas especies es óptima para otras (10). Por lo cual existen muchos criterios que clasifican como: buena, el agua cuyo contenido de boro sea menor de 0.3 ppm; condicionada, de 0.5 a 4.0 ppm; y no recomendada, mayor de 4.0 ppm (1).

Las concentraciones tóxicas de Boro que se encuentran en algunas aguas de riego obligan a considerar este elemento para establecer su calidad (10). El Cuadro 1, propuesto por Scofield (1936), establece límites de Boro para las aguas de riego (18).

Cuadro 1. Límites permisibles de Boro para aguas de riego.

Clase de agua por concentración de Boro	Cultivos sensibles ppm	Cultivos semitolerantes Ppm	Cultivos tolerantes ppm
1	< 0.33	0.67	1.00
2	0.33 a 0.67	0.67 a 1.33	1.00 a 2.00
3	0.67 a 1.00	1.33 a 2.00	2.00 a 3.00
4	1.00 a 1.25	2.00 a 2.50	3.00 a 3.75
5	> 1.25	> 2.50	> 3.75

Fuente: Richards, 1974.

6.1.2.5 Riesgos biológicos:

Los principales agentes biológicos transmitidos a través del agua se agrupan en las siguientes categorías: Bacterias, virus, parásitos y otros organismos. (14)

La contaminación del agua por bacterias, virus y parásitos puede atribuirse a la contaminación de la propia fuente, especialmente las excreciones fecales y urinarias del hombre y animales, los cuales pueden ser enfermos o portadores que eliminan agentes patógenos en las heces y orina propagando infecciones (13,14,15,)

Los microorganismos que se pueden encontrar en el agua provienen de la

superficie corporal y de las secreciones y excreciones de los orificios naturales del cuerpo humano y animal e incluye a los agentes causantes principalmente de infecciones del canal auditivo, de la piel y mucosas del tracto genital, respiratorio y gastro-intestinal (6,17).

Las enfermedades que pueden adquirirse al entrar en contacto con el agua contaminada pueden clasificarse de manera general como:

- Enfermedades adquiridas por ingestión

Básicamente estas son enfermedades en las que los organismos patógenos se encuentran en el agua y cuando se ingieren en dosis suficientes infectan al que la bebe. Ingresan al organismo principalmente por la transmisión feco-oral (6,13,14,15).

- Enfermedades adquiridas por contacto

Estas son las enfermedades transmitidas a través del contacto de la piel y orificios naturales (mucosas ocular, nasal, canal auditivo, etc.) con agua contaminada con organismos patógenos (6,13,15,17).

En el agua de consumo pueden encontrarse diversos tipos y clases de microorganismos y parásitos que son contaminantes y a la vez agentes causales de diferentes estados patológicos (17) (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Principales microorganismos y parásitos que podrían encontrarse en el agua como contaminantes (17).

MICROORGANISMOS	GENERO	ESPECIE
BACTERIAS	<i>Pseudomonas</i>	<i>aeruginosa</i>
	<i>Chromobacterium</i>	<i>violaceum</i>
	<i>Staphylococcus</i>	<i>Aureus</i>
	<i>Mycobacterium</i>	<i>marinum</i>

Continuación Cuadro 2.

MICROORGANISMOS	GENERO	ESPECIE
	<i>Aeromonas</i>	<i>hydrophila</i>
	<i>Escherichia</i>	<i>Coli</i>
	<i>Chromobacterium</i>	<i>violaceum</i>
	<i>Salmonella</i>	<i>Thyphi</i>
		<i>enteritidis</i>
		<i>cholerae suis</i>
	<i>Shigella</i>	<i>A-dysenteriae</i>
		<i>B-flexneri</i>
		<i>C-boydii</i>
		<i>S-sonnei</i>
	<i>Proteus</i>	<i>vulgaris</i>
		<i>mirabilis</i>
	<i>Citrobacter</i>	<i>freundii</i>
		<i>diversus</i>
		<i>amalonaticus</i>
	<i>Klebsiella</i>	<i>pneumoniae</i>
		<i>oxytoca</i>
	<i>Enterobacter</i>	<i>aerogenes</i>
		<i>cloacae</i>
	<i>Yersinia</i>	<i>enterocolitica</i>
	<i>Campylobacter</i>	<i>Fetus</i>
		<i>Jejuni</i>
		<i>Coli</i>
	<i>Vibrio</i>	<i>Cholerae</i>
	<i>Leptospiras</i>	(varias)
CLAMIDIAS	<i>Chlamydia</i>	<i>Trachomatis</i>

Continuación Cuadro 2.

MICROORGANISMOS	GENERO	ESPECIE
HONGOS	<i>Candida</i>	<i>albicans</i>
VIRUS	<i>Adenovirus</i>	
	<i>Enterovirus</i>	<i>Polio</i>
	<i>Picornaviridae</i>	<i>coxsackie</i>
		<i>Echo</i>
		Otros
		hepatitis A
	<i>Reovirus</i>	
	<i>Rotavirus</i>	
	<i>Norwalk</i> y similares	
PARASITOS	<i>Naegleria</i>	<i>Fowleri</i>
	<i>Trichomonas</i>	<i>vaginalis</i>
		<i>Foetus</i>
	<i>Entamoeba</i>	<i>histolytica</i>
	<i>Eimerias</i>	
	<i>Giardia</i>	
	<i>Balantidium</i>	
	<i>Ascaris</i>	
	<i>Strongylus</i>	

Cuadro 3. Enfermedades que podrían ser adquiridas por contacto o ingestión del agua (17).

Enfermedad	Agente	Período de Incubación	Signos y Síntomas
Otitis-Conjuntivitis y Dermatitis	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Unas horas hasta días	Inflamación del oído externo, conjuntiva y piel.
Dermatitis, Abscesos, Enteritis	<i>Chromobacterium violaceum</i>		Inflamación de la piel, pus y diarrea.

Continuación Cuadro 3.

Enfermedad	Agente	Período de Incubación	Signos y Síntomas
Infecciones de piel, oído y mucosas	<i>Staphylococcus aureus</i>	24 - 48 horas	Inflamación y pus en la piel, oídos y mucosas.
Gastroenteritis	<i>Escherichia coli</i>	1 - 3 días	Dolor abdominal, diarrea, fiebre, vómitos.
Fiebre tifoidea	<i>Salmonella typhi</i>	8 - 21 días	Dolor abdominal, fiebre, dolor muscular, vómitos.
Salmonelosis			
Shigelosis	Shigella (A-B-C-D)	1 - 7 días	Dolor abdominal, diarrea, tenesmo, fiebre, vómitos.
Infecciones de heridas, Otitis, Infecciones respiratorias o urinarias.	Proteus, Enterobacter, Citrobacter, Klebsiella	menos de una semana	Contaminación de heridas, otitis, supuraciones, secreciones, fiebre, malestar general.
Yersiniosis	Yersinia enterocolitica pseudotuberculosis	1 - 7 días	Dolor abdominal, fiebre, diarrea, vómito
Leptospirosis	Leptospira (varias)	4 - 19 días	Diversos síntomas dependiendo de la especie.
Conjuntivitis	<i>Chlamydia trachomatis</i>	minutos	Inflamación con enrojecimiento y secreción conjuntival.

6.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS NEGRAS:

El término "calidad del agua" esta vinculado con aquellas características por medio las cuales puede determinarse si el agua es adecuada para el uso a que se destina (2).

La evaluación de la calidad del agua requiere de análisis de laboratorio, para luego comparar los resultados con los valores de las normas correspondientes (2).

Las características de agua que permiten designarla como de "buena calidad"

dependen directamente del uso al cual se destina el agua (2).

Los análisis de aguas negras son necesarios para determinar aquellos constituyentes que pueden causar dificultades para su evacuación y escoger así el tratamiento previo más adecuado si fuere necesario (12).

Las características más importantes a analizar son las siguientes:

6.1.3.1 Origen:

El origen de las aguas negras puede ser doméstico, comercial, industrial o una combinación de los anteriores (12).

6.1.3.2 Análisis físico, químico y biológico:

Este tipo de análisis es el que proporciona los datos más útiles, que determinarán el tratamiento o manejo requerido por las mismas (12).

a) Características físicas

Están relacionadas con la medición y registro de aquellas propiedades que pueden ser observadas por los sentidos organolépticos; para lo que se hace uso de ciertos parámetros que permiten tener un juicio acertado de la calidad del agua. Las características físicas son las que más impresionan al consumidor, sin embargo, tienen menor importancia desde el punto de vista sanitario (22).

Estas pueden ser:

- Aspecto: Está relacionado con la turbidez del agua y consiste en determinaciones hechas mediante observación directa (12).
- Color: El color en el agua puede ser de origen mineral o vegetal, causado por sustancias metálicas tales como componentes de hierro, manganeso; humus, turba, taninos, algas y protozoos (24). Además el color es una prueba que nos puede indicar la presencia de desechos industriales (12,23).

- Temperatura: Es una observación muy útil, ya que la temperatura influye sobre las actividades biológicas, la solubilidad de los gases (especialmente oxígeno) y la viscosidad (12).

b. Características químicas

Son las que permiten determinar las cantidades de materia mineral y orgánica presentes en el agua y que pueden afectar su calidad (22).

Entre estas están:

- Oxígeno disuelto:

Es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, las aguas negras generalmente carecen de oxígeno disuelto, dada la presencia de materia orgánica, sin embargo este valor puede diferir en algunos casos debido ya que está relacionado con el ambiente y la temperatura del agua (12).

El oxígeno disuelto es el reactivo esencial para los procesos aeróbicos, y cuando los organismos aeróbicos utilizan los nutrientes orgánicos, consumen al mismo tiempo el oxígeno disuelto. Si no se repone el oxígeno disuelto, el crecimiento aeróbico se detiene cuando se agota el oxígeno, y sólo pueden continuar los procesos anaeróbicos, lentos y malolientes. La disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua es, por tanto, el factor clave que limita la capacidad de auto purificación de una corriente de agua (25).

- Sólidos:

Las aguas negras contienen sólidos en solución y suspensión en relación de 0.1% aproximadamente; las cuales de acuerdo con su origen, provienen de los desechos domésticos, industriales y pecuarios que crean una transformación en su contenido biológico, físico y químico a través del tiempo (1).

Así mismo los sólidos impiden que la luz llegue hasta los organismos fotosintéticos, con lo que se reduce la producción de oxígeno; también aumentan la

viscosidad efectiva del agua y perjudican al flujo de corriente, reduciendo así la transferencia del oxígeno (25).

Las concentraciones típicas de sólidos totales (mg/l) en las aguas residuales sin tratar son 350 (débil), 720 (media) y 1,200 (fuerte) (5). Sin embargo, para dar cumplimiento a la legislación actual de nuestro país, las aguas servidas municipales que serán descargados en los cuerpos de agua receptores superficiales, subterráneos o costeros, no deberán exceder de 1.0 mg/l en caudales mayores de 8 m³ por día (7) (Apéndice 1).

- pH:

Este es un factor importante en la regulación de los procesos químicos de la digestión anaeróbica de la materia orgánica, ya que cuando el pH está en la fase ácida de la digestión ésta no es satisfactoria (12).

Los extremos de pH son letales o inhibitorios para los organismos vivos, y se pueden considerar como un envenenamiento por iones hidrógeno o hidroxilo (25). Por lo tanto se consideran los valores de 6.5 a 8.5 como aceptables (5).

- Demanda bioquímica (o biológica) de oxígeno (DBO):

La DBO de una agua negra o de agua contaminada por polución, es la cantidad de oxígeno requerida (en mg/l), para la descomposición biológica de los sólidos orgánicos disueltos en condiciones aeróbicas y en un tiempo y temperatura determinados (generalmente 5 días, a 20 °C) (12).

La prueba de DBO estima el oxígeno gastado en la descomposición biológica actual de una muestra residual, y es, efectivamente, una simulación de laboratorio del proceso microbiano de auto purificación (25).

La determinación de la DBO figura entre las pruebas más importantes de los análisis para fines destinados a conocer la capacidad de polución o bien la "fuerza" de las aguas negras, los desechos industriales o el agua contaminada. Da una indicación de la cantidad de agua clara de dilución necesaria para una evacuación satisfactoria de

las aguas negras por dilución (3). Existen varios criterios en cuanto a los límites máximos permisibles ya que algunos autores citan concentraciones que van de 110, para débil; 220, media y 400, fuerte; sin embargo la propuesta de normas de aguas residuales para nuestro país establece un límite de 180; todos expresados en mg/l respectivamente (5) (Apéndice 2).

- Demanda química de oxígeno (DQO):

El valor de DQO (mg/l) da una idea del contenido orgánico total de un residuo, sea o no biodegradable (25). Para dicho análisis se establecen valores de 250, para una concentración débil; 500, media; 1,000, fuerte; y a nivel nacional 80 mg/l (5) (Apéndice 2).

6.1.4 ZONIFICACION PARA DESCARGA DE AGUAS SERVIDAS EN RIOS O EFLUENTES

Unda Opazo (1969), establece una zonificación para las descargas de aguas servidas en ríos o efluentes, las cuales son:

- **Zona de degradación**

Esta zona se encuentra muy cerca del punto de descarga de las aguas negras. En esta zona, las cualidades físicas y químicas del agua son deterioradas y las formas de vida inferior más tolerantes reemplazan a las formas de vida superior. En esta zona de degradación aumenta la flora bacteriana, se producen depósitos de lodo de alto contenido de materia orgánica, decrece paulatinamente el oxígeno disuelto y se incrementa el anhídrido carbónico. En cuanto viene la descomposición, hongos acuáticos reemplazan a las plantas verdes y microorganismos superiores.

- **Zona de activa descomposición**

Esta zona está caracterizada por la ausencia de oxígeno disuelto y condiciones

sépticas, marcado color gris oscuro, con olor característico a descomposición de aguas negras (ácido sulfhídrico, olor a huevos descompuestos), depósitos de lodo negro viscoso y desprendimiento de burbujas de gas. Al establecerse la descomposición anaerobia, se incrementa el anhídrido carbónico, y el amoníaco y las bacterias anaerobias reemplazan a las aerobias, descomposición que permanece hasta que la DBO es menor que la tasa de aireación.

- Zona de recuperación

En esta zona, las características son opuestas a la zona de degradación. Hay una gradual clarificación del agua, el oxígeno disuelto se incrementa hasta el punto de saturación, disminuye el anhídrido carbónico mientras que los nitritos y nitratos aumentan. No hay burbujas. El recuento bacteriano disminuye a medida que baja el alimento del agua y se desarrollan protozoos, rotíferos y crustáceos.

- Zona de aguas claras

Esta zona se caracteriza por una similitud con las aguas naturales. Es atractiva en apariencia y tiene vida animal y vegetal normal. En esta zona hay bacterias aerobias junto con otros microorganismos, y las condiciones permiten la vida superior (peces).

En un curso de agua en el cual se pretende mantener las condiciones agradables al sentido de la vista y el olfato, que haya vida superior y que sea atractiva desde el punto de vista urbanístico, el contenido de oxígeno del agua no debe bajar de 5 mg/l, para ello es necesario estudiar la carga orgánica máxima permitida, considerada en función de la DBO.

6.1.5 RECOLECCION DE MUESTRAS:

6.1.5.1 Cantidad:

Para la mayor parte de los análisis físicos y químicos es suficiente una muestra de uno a dos litros dependiendo el tipo de análisis, pero para ciertas determinaciones

especiales, se puede necesitar un mayor volumen. No debe utilizarse la misma muestra para examen químico y microbiológico porque es diferente la técnica de recolección y manejo. Para el análisis microbiológico la cantidad de muestra es de 150 cc, tomados en frascos especiales con tapón esmerilado y esterilizados (3).

6.1.5.2 Muestras representativas:

Se debe poner especial cuidado para que se obtenga una muestra que sea realmente representativa de las condiciones existentes y para que se maneje en una forma tal que no se deteriore o contamine antes de llegar al laboratorio. Antes de llenarlo se debe enjuagar el frasco de muestra, por dos o tres veces, con la misma agua que se va a muestrear. Los detalles de recolección varían tanto con las condiciones locales, que no se puede formular una recomendación específica que sea de aplicación universal (23).

Se debe llevar un registro de cada muestra recolectada y cada frasco se debe identificar apropiadamente, de preferencia fijando una etiqueta debidamente rotulada. El registro debe incluir todos aquellos datos que permitan la identificación positiva de la muestra en cualquier instante, lo mismo que el nombre del muestreador, la fecha, la hora y localización exacta de la estación de muestreo, la temperatura del agua y cualquier otro dato que se pueda necesitar en el futuro (23).

6.1.5.3 Tipos de muestras:

Según Lee (1980), hay tres tipos básicos de muestra:

- Muestra simple:

Es la toma de una muestra en un lugar y tiempo específicos, que representa la composición del agua en un tiempo y lugar (11).

- Muestra compuesta:

Es una serie de muestras simples combinadas tomadas en tiempos diferentes,

pero en la misma localización (11).

- Muestra integrada:

Una serie de muestras simples combinadas tomadas en diferentes lugares de la misma corriente, pero en el mismo tiempo (11).

6.2 MARCO REFERENCIAL:

6.2.1 DESCRIPCION DEL AREA:

El área de estudio contempló aproximadamente 5 kilómetros del cauce del río, en los cuales se encuentran 3 drenajes de aguas servidas municipales en los 2 kilómetros iniciales, seguidas de 5 presas derivadoras de agua para riego, separadas entre sí por 500 a 800 metros aproximadamente (Apéndice 3).

6.2.2 LOCALIZACION GEOGRAFICA:

En el sistema de cuencas de Guatemala el río San José se ubica dentro de la cuenca del río Motagua. Drena sus aguas juntamente con el riachuelo Shusho, directamente al río Grande en el extremo noroeste del valle de la ciudad de Chiquimula, la cual se encuentra situada en la región nor-oriental del país, y según referencia del mapa cartográfico hoja CHIQUIMULA 2260 II, escala 1:50,000 a 14° 47' 54" Latitud Norte y 89° 32' 48" Longitud Oeste (Apéndice 3).

6.2.3 LOCALIZACION ECOLOGICA:

De la Cruz (1975), basado en el sistema Holdridge, indica que el área se encuentra en la zona de vida de Bosque seco Subtropical (8). Según el promedio de tres estaciones meteorológicas de la zona de influencia nos indica que la temperatura promedio anual es de 25.75 °C con mínima de 14.32 °C y máxima de 36.96 °C. Su altura sobre el nivel del mar es de 360 m., los datos de precipitación media son de 658.81 mm (20).

6.2.4 ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE CALIDAD DEL AGUA DEL RIO SAN JOSE:

Sierra (1980), efectuó un estudio de reconocimiento de la sub-cuenca del río San José, dentro del cual realizó análisis a muestras de diferentes puntos de la misma para determinar la calidad del agua para riego, concluyendo que en las muestras de agua analizadas, tanto las tomadas en pozos como de ríos, existe muy poca diferencia

entre sí, y que presentan buenas características de calidad con fines de riego, siendo en ese entonces clasificadas como C₂ S₁, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 4.

6.2.5 ESTUDIOS DE LAS AGUAS NEGRAS EN CHIQUIMULA:

En el año de 1,994 la municipalidad de Chiquimula, gestionó a través del Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM) una serie de estudios y análisis de algunas de las aguas negras vertidas en el río San José¹, con el fin de realizar un proyecto referido a la construcción de un recolector gigante para el tratamiento de las mismas previo a su deposición en el río².

Dicho proyecto ya no pudo ser realizado debido a un estancamiento de las negociaciones entre la municipalidad y el propietario del terreno donde sería localizado el recolector².

Sin embargo el INFOM le realizó a la municipalidad los estudios y análisis correspondientes a las aguas negras, mismos que aún no han sido cancelados a la institución, por lo cual ésta se reserva el derecho de dar a conocer los resultados, ya que indican que la misma no es un centro de investigaciones¹.

¹Ing. Quím. Norma Avendaño, INFOM. Comunicación verbal. 1998.

²Prof. Víctor Hernández, Secretario Municipal. Comunicación verbal. 1998

Cuadro 4. Análisis químico de muestras obtenidas en diferentes localidades de la sub-cuenca del río San José. Chiquimula, 1980.

Procedencia			Jicamapa, Ipala (pozo)	Río San José, San José la Arada	San Esteban, Chiquimula	Población Ipala (pozo)	I.N.D.E.C.A., Ipala (pozo)
Identificación			79.09	79.10	79.11	79.12	79.13
pH			7.78	8.69	6.87	7.34	7.68
CE x 10 ⁻⁶ a 25 °C mmhos/cm			485	470	495	525	380
Sólidos en Solución (PPM)			395.50	302.50	325.00	487.50	300.00
Suma de Cationes (meq/l)			4.75	4.30	5.56	7.07	4.32
Suma de Aniones (meq/l)			4.92	5.20	4.61	7.32	4.28
meq por litro	cationes	Ca ⁺⁺	1.70	1.20	3.00	3.90	1.50
		Mg ⁺⁺	1.10	0.90	1.30	1.30	1.30
		Na ⁺	1.72	2.00	1.12	1.64	1.32
		K ⁺	0.23	0.20	0.14	0.23	0.20
	aniones	CO ₃	0.82	1.71	0.35	0.82	0.97
		HCO ₃	3.41	2.43	3.86	3.84	3.12
		Cl	0.54	0.50	0.32	2.40	8.13
		NO ₃	--	--	--	--	--
		SO ₄	0.15	0.56	0.08	0.26	0.06
	% Sodio Soluble			36.21	46.51	20.14	23.20
RAS			0.61	1.95	0.26	1.02	1.12
Na ₂ CO ₃ RES			1.43	2.04	0.00	0.00	1.29
CLASE			C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁

Fuente: Sierra (1980).

7. PREDICCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS EN LAS AGUAS SUPERFICIALES

Al evaluar los impactos de la contaminación en las aguas superficiales deben considerarse dos tipos principales de fuentes: no puntuales y puntuales. Las fuentes no puntuales también se denominan de área o difusas. Los contaminantes difusos se refieren aquellas sustancias que pueden introducirse en los cauces receptores como consecuencia de zonas urbanas, zonas industriales o escorrentía rural, por ejemplo, sedimentos, pesticidas o nitratos que llegan al agua superficial por escorrentía agraria, es decir todas aquellas fuentes que no tengan un punto localizado de vertido. Las fuentes puntuales están relacionadas con vertidos específicos de complejos municipales o industriales, por ejemplo, compuestos orgánicos o metales que acceden al agua superficial como consecuencia de los vertidos de aguas residuales de una industria (5).

Los compuestos orgánicos solubles, representados por residuos con alta DBO, provocan el agotamiento del oxígeno en el agua superficial. Esto puede ocasionar la muerte de los peces y la aparición de organismos acuáticos y olores indeseables, debido las condiciones anaerobias. Los sólidos a su vez disminuyen la transparencia del agua y dificultan los procesos fotosintéticos (5).

Cuadro 5 Contaminantes importantes de las aguas superficiales y sus impactos.(5).

Contaminantes	Razón de su importancia
Sólidos en suspensión	Los sólidos suspendidos pueden producir depósitos de fango y condiciones anaerobias cuando se vierten aguas residuales sin tratar en el medio acuático.
Materia orgánica Biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas, la materia orgánica biodegradable se mide común mente en forma de DBO. Si se vierte sin tratar al medio ambiente, su estabilización biológica puede producir el agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y el desarrollo de condiciones sépticas.

Continuación Cuadro 5.

Contaminantes	Razón de su importancia
Patógenos	Los organismos patógenos pueden transmitir enfermedades a través del agua.
Compuestos inorgánicos	Los constituyentes inorgánicos, como el calcio, sodio y sulfato, disueltos aparecen en el agua de abastecimiento como resultado de la utilización del agua y tienen que eliminarse si el agua residual se va a reutilizar.

El siguiente cuadro resume los impactos de determinados contaminantes en relación con el deterioro potencial del uso del agua.

Cuadro 6 Límite en los usos del agua debido a la degradación de su calidad (5).

Contaminante	Uso						
	Agua de bebida	Vida acuática piscifactorías	Usos recreativos	Riego	Usos industriales	Energía y refrigeración	Transporte
Patógenos	xx	0	xx	x	xx ^a	na	na
Sólidos en Suspensión	xx	xx	xx	x	x	x ^b	xx ^c
Materia orgánica	xx	x	xx	+	xx ^d	x ^e	na
Algas	x ^{e,f}	x ^g	xx	+	xx ^d	x ^e	x ^h
Nitrato	xx	x	na	+	xx ^a	na	na
Sales	xx	xx	na	xx	xx ⁱ	na	na
Elementos traza	xx	xx	x	x	x	na	na

Continuación Cuadro 6.

Contaminante	Uso						
	Agua de bebida	Vida acuática piscifactorías	Usos recreativos	Riego	Usos industriales	Energía y refrigeración	Transporte
Micro-contaminantes orgánicos	xx	xx	x	x	?	na	na
Acidificación	x	xx	x	?	x	x	na

xx= daño importante; 0= ningún daño; x= daño menor; na= no aplicable; ^a= industrias cárnicas; ^b = abrasión; ^c= depósitos de sedimentos en los canales; ^d= industrias eléctricas; ^e= obstrucción de los filtros; ^f= olor, sabor; ^g= en estanques de peces puede aceptarse mayor biomasa algal; ^h= desarrollo de jacintos de agua (*Eichhonia crassipes*); ⁱ= Ca, Fe, Mn, en las industrias textiles, etc.

Cuadro 7. Normas sobre requisitos de calidad del agua de los cuerpos receptores de aguas negras y de residuos industriales (para riego y adaptada al estudio) (5).

Características	Verduras y similares	Cítricos	Otros cultivos
Bacterias (B/100 ml)			
Coliformes *	100	1,000	10,000
Coliformes +	1,000	10,000	50,000
Orgánicas (ppm)			
DBO *	-	-	-
DBO +	-	-	-
O.D. (min. acep.)	-	-	-
O.D. (min. toler.)	-	-	-
Reacción			
pH (min.)	5.5	5.5	5.5
pH (max.)	9.0	9.0	9.0

Continuación Cuadro 7.

Características	Verduras y similares	Cítricos	Otros cultivos
Químicas			
Sólidos totales *	500	1,500	500
Sólidos totales +	1,500	-	2,000
Temperatura °C	-	-	-

* = máximo aceptable

+ = máximo tolerable

8. METODOLOGIA

8.1 POBLACION Y MUESTRA:

La población fue establecida por los 5 kilómetros aproximados del cauce del río en estudio, del cual se tomaron muestras de agua de tres drenajes de aguas negras municipales y de 5 presas derivadoras, mismas que fueron sometidas a análisis.

Para establecer el volumen de agua en las estaciones de verano e invierno, se realizaron utilizando el método del flotador, dos aforos en cada una de las cinco presas, con el propósito de determinar el caudal promedio del río en cada estación.

8.2 TECNICAS DE OBSERVACION:

Para el análisis físico-químico se recolectaron muestras simples de cada uno de los drenajes y de los embalses, durante el período comprendido entre los meses de agosto y diciembre de 1997. Para el análisis microbiológico (determinación de coliformes fecales, DBO y DQO), se recolectaron muestras simples a finales del mes de octubre, considerando únicamente el agua de los drenajes municipales, de conformidad con las recomendaciones propuestas por los laboratorios consultados.

La zonificación del río se determinó mediante observación directa y apreciación de características de acuerdo a las especificadas por Unda Opazo (1969).

8.3 TECNICAS DE RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS:

Para el análisis físico-químico se recolectaron muestras de 1 litro cada 15 días en las primeras horas de la mañana (7:00 en adelante), en frascos de plástico con tapón esmerilado y debidamente rotulados con registros de fecha, lugar, hora, y temperatura.

Para los análisis microbiológicos, se realizó un solo muestreo consistente en dos muestras simples de 1 litro y 100 ml, en frascos esterilizados con tapones esmerilados, envasados al vacío y conducidos bajo refrigeración. Los primeros análisis fueron realizados en un laboratorio de la ciudad capital y los dos posteriores en los

laboratorios Unilab de Chiquimula, y en la Unidad de Análisis Instrumental de la Escuela de Química perteneciente a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la USAC. Las muestras fueron recolectadas en épocas donde no se registró precipitación con la finalidad de obtener muestras bajo condiciones normales del río, siguiendo para ello los lineamientos técnicos y recomendaciones de cada laboratorio descritos anteriormente.

Los análisis físico-químicos fueron realizados mediante técnicas tabulares, colorimetría y absorción atómica.

Los análisis microbiológicos fueron realizados mediante técnicas de incubación y cultivo bacterianos y para las determinaciones de DBO_5 y DQO se realizaron pruebas en frascos especiales saturados de oxígeno, durante 5 días y con una temperatura de 20 °C.

9. RESULTADOS Y DISCUSION

9.1 AFOROS

En el presente estudio se realizaron dos aforos (verano e invierno) a cada una de las presas, con la finalidad de conocer la cantidad de agua y estimar el grado de concentración de los contaminantes.

Cuadro 8. Aforo de verano, en cinco presas del río San José. Chiquimula, 15 de marzo de 1997.

Presa :	1	2	3	4	5	Promedio
Q m ³ /seg:	1.066	0.730	0.238	0.672	0.934	0.728

A cercanías de la presa 3, se localizó una pequeña quebrada que aportó 0.061 m³/seg.

Cuadro 9. Aforo de invierno, en cinco presas del río San José. Chiquimula, 21 de septiembre de 1997.

Presa :	1	2	3	4	5	Promedio
Q m ³ /seg:	34.675	36.647	35.665	36.275	27.418	34.136

Los cambios evidentes de caudal en los aforos de cada una de las presas se deben posiblemente al aprovechamiento incontrolado y los aportes por escurrimiento superficial o subterráneo que posee el río, además las lluvias que antecedieron al huracán Mitch en la época de invierno fueron determinantes en el aumento del caudal del río.

9.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE MUESTRAS:

Cuadro 10. Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 1. Chiquimula, 10 de agosto de 1997.

Procedencia	Drenaje 1	Drenaje 2	Drenaje 3	Presa 1	Presa 2	Presa 3	Presa 4	Presa 5
Identificación	D1	D2	D3	P1	P2	P3	P4	P5
T °C	24	28	31	27	27	26.5	27	29
O ₂ disuelto ppm	8.5	7.9	7.45	8.05	8.05	8.125	8.05	7.75
PH	8.5	8.7	8.9	8.1	8.5	8.3	8.4	8.3
CE x 10 ⁻⁶ a 25 °C mmhos/cm	1570	2640	1920	1860	1750	1800	1720	1690
Sólidos Totales (mg/l)	630	2863	1842	520	305	210	188	168
Cationes (mg/l)	K ⁺	65.8	70.3	68.7	42.7	38.7	31.5	36.8
	Ca ⁺⁺	50.5	90.5	102.3	30.4	23.05	15.7	14.6
	Mg ⁺⁺	32.8	52.3	55.8	17.3	11.7	6.1	6.7
	Na ⁺	91.3	207.2	246.1	56.4	36.4	16.4	14.2
RAS	14.1469	24.5211	27.6796	11.5487	8.7325	4.9674	3.5515	4.3512
CLASE	C3S2	C4S3	C3S4	C3S2	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1

Cuadro 11. Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 2. Chiquimula, 24 de agosto de 1997.

Procedencia	Drenaje 1	Drenaje 2	Drenaje 3	Presa 1	Presa 2	Presa 3	Presa 4	Presa 5
Identificación	D1	D2	D3	P1	P2	P3	P4	P5
T °C	32	29	34	29.5	28	29.5	30	35.5
O ₂ disuelto ppm	7.3	7.75	7.0	7.675	7.9	7.675	7.6	6.775
PH	8.3	8.5	8.6	7.8	8.2	8.0	8.3	8.2
CE x 10 ⁻⁶ a 25 °C mmhos/cm	852	2390	1720	1620	1550	1680	1590	1570
Sólidos Totales (mg/l)	951.3	2341.3	1523	730	418	328	215	183
Cationes (mg/l)	K ⁺	69.3	75.1	70.3	24.7	62.9	70.8	63.3
	Ca ⁺⁺	44.2	78.9	85.7	13.8	14.2	15.1	17.3
	Mg ⁺⁺	20.8	43.7	38.5	7.31	8.5	8.1	8.7
	Na ⁺	83.4	183.6	202.08	45.3	35.6	18.11	23.2
RAS	14.6293	23.4499	25.6435	13.9434	10.5670	5.3172	4.3283	6.4345
CLASE	C3S2	C4S3	C3S3	C3S2	C3S2	C3S1	C3S1	C3S1

Cuadro 12. Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 3. Chiquimula, 7 de septiembre de 1997.

Procedencia	Drenaje 1	Drenaje 2	Drenaje 3	Presa 1	Presa 2	Presa 3	Presa 4	Presa 5
Identificación	D1	D2	D3	P1	P2	P3	P4	P5
T °C	24	28.5	32	27	27	27	29	30
O ₂ disuelto ppm	8.425	7.825	7.3	8.05	8.05	8.05	7.75	7.6
PH	7.0	7.6	7.3	8.3	8.0	5.2	8.0	7.9
CE x 10 ⁻⁶ a 25 °C mmhos/cm	1033	1960	1740	964	1250	1060	890	1080
Sólidos Totales (mg/l)	728.1	2528	1341	667	487	406	348	314
Cationes (mg/l)	K ⁺	60.1	78.4	69.4	58.6	62.4	60.7	59.9
	Ca ⁺⁺	44.9	81.7	90.5	31.5	23.9	17.31	15.2
	Mg ⁺⁺	21.3	60.3	48.6	15.7	13.8	9.1	8.14
	Na ⁺	93.1	165.1	219.9	63.8	41.565	19.33	17.5
RAS	16.1821	19.5937	26.3679	13.1330	9.5735	5.3194	5.1227	5.63
CLASE	C3S2	C3S3	C3S4	C3S2	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1

Cuadro 13. Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 4. Chiquimula, 21 de septiembre de 1997.

Procedencia	Drenaje 1	Drenaje 2	Drenaje 3	Presa 1	Presa 2	Presa 3	Presa 4	Presa 5
Identificación	D1	D2	D3	P1	P2	P3	P4	P5
T °C	25	28.5	34.5	27	26.5	28	26.5	30
O ₂ disuelto ppm	8.35	7.825	9.625	8.05	8.125	7.9	8.125	7.6
PH	8.3	8.2	8.0	8.3	8.0	7.8	8.1	8.4
CE x 10 ⁻⁶ a 25 °C mmhos/cm	1687	1745	1960	1593	1389	1622	1529	1471
Sólidos Totales (mg/l)	981	1983	1621	638	510	415	390	200
Cationes (mg/l)	K ⁺	72.4	73.7	67.1	62.8	67.4	64.8	58.3
	Ca ⁺⁺	30.5	102.6	68.9	40.6	25.2	14.12	13.4
	Mg ⁺⁺	18.7	64.1	35.3	23.8	13.7	7.3	6.97
	Na ⁺	67.7	203.3	167.9	73.3	46.5	17.35	16.93
RAS	13.6496	22.2681	23.2611	12.9174	10.5437	5.3015	5.3048	3.9951
CLASE	C3S2	C3S3	C3S3	C3S2	C3S2	C3S1	C3S1	C3S1

Cuadro 14. Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 5. Chiquimula, 5 de octubre de 1997.

Procedencia	Drenaje 1	Drenaje 2	Drenaje 3	Presa 1	Presa 2	Presa 3	Presa 4	Presa 5
Identificación	D1	D2	D3	P1	P2	P3	P4	P5
T °C	17	22.5	24	18.5	19	19.5	20	20
O ₂ disuelto ppm	9.75	8.725	8.5	9.425	9.35	9.275	9.2	9.2
PH	7.8	7.5	7.3	8.0	8.2	7.9	8.3	8.2
CE x 10 ⁻⁶ a 25 °C mmhos/cm	1483	2060	1690	1869	1681	1526	1644	1591
Sólidos Totales (mg/l)	924	1951	854	1258	1064	995	1083	1198
Cationes (mg/l)	K ⁺	68.7	70.8	70.5	64.8	58.7	65.5	55.8
	Ca ⁺⁺	45.9	30.5	42.6	37.3	24.3	15.4	18.15
	Mg ⁺⁺	24.4	23.8	20.9	15.2	12.3	7.4	9.15
	Na ⁺	61.9	92.1	105.1	48.6	32.8	18.3	21.13
RAS	10.4406	17.6756	18.6522	9.4857	7.6674	5.4199	5.2459	5.7191
CLASE	C3S2	C3S2	C3S3	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1

Cuadro 15. Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 6. Chiquimula, 19 de octubre de 1997.

Procedencia	Drenaje 1	Drenaje 2	Drenaje 3	Presa 1	Presa 2	Presa 3	Presa 4	Presa 5
Identificación	D1	D2	D3	P1	P2	P3	P4	P5
T °C	13	24	28.5	15.5	15.5	16	17	19.5
O ₂ disuelto ppm	10.6	8.5	7.825	10.1	10.1	10	9.75	9.275
PH	8.6	8.4	8.2	8.3	8.1	7.8	8.2	7.9
CE x 10 ⁻⁶ a 25 °C mmhos/cm	1350	2480	1780	2004	1956	1788	1697	1602
Sólidos Totales (mg/l)	827	2720	1811	680	590	500	480	191
Cationes (mg/l)	K ⁺	67.5	67.2	63.8	51.4	56.7	60.2	57.9
	Ca ⁺⁺	47.5	41.9	55.4	54.1	30.8	17.0	16.1
	Mg ⁺⁺	27.8	18.3	28.3	28.6	18.5	6.7	6.98
	Na ⁺	77.6	85.7	102.9	65.7	40.3	18.7	16.2
RAS	12.6467	15.6205	15.9062	10.2170	8.1170	5.4322	5.8106	4.7688
CLASE	C3S2	C4S2	C3S2	C3S2	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1

Cuadro 16. Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 7. Chiquimula, 16 de noviembre de 1997.

Procedencia		Drenaje 1	Drenaje 2	Drenaje 3	Presa 1	Presa 2	Presa 3	Presa 4	Presa 5
Identificación		D1	D2	D3	P1	P2	P3	P4	P5
T °C		24	28	32	26	26.5	27.5	27.5	29.5
O ₂ disuelto ppm		8.5	7.9	7.3	8.2	8.125	7.975	7.975	7.675
PH		8.6	8.8	8.2	8.4	7.9	8.2	8.0	8.0
CE x 10 ⁻⁶ a 25 °C mmhos/cm		1621	2210	1810	1685	1429	1534	1591	1437
Sólidos Totales (mg/l)		940	2317	1628	688	589	522	534	397
Cationes (mg/l)	K ⁺	63.2	66.2	65	58.4	61.9	62.8	57.6	63.7
	Ca ⁺⁺	61.8	50.4	60.3	29.8	25.1	18.2	17.4	19.2
	Mg ⁺⁺	35.2	27.6	35.7	17.2	14.2	9.5	8.3	8.4
	Na ⁺	97.9	70.5	90.2	44.7	32.9	21.4	19.7	17.63
RAS		14.0576	11.2890	13.0192	9.2209	7.4218	5.7502	5.4955	4.7458
CLASE		C3S2	C4S2	C3S2	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1

Cuadro 17. Análisis físico-químico de muestras obtenidas en tres drenajes municipales y cinco presas del río San José, correspondientes al muestreo 8. Chiquimula, 14 de diciembre de 1997.

Procedencia		Drenaje 1	Drenaje 2	Drenaje 3	Presa 1	Presa 2	Presa 3	Presa 4	Presa 5
Identificación		D1	D2	D3	P1	P2	P3	P4	P5
T °C		21	26	28	24	24	24.5	25.5	27
O ₂ disuelto ppm		9	8.2	7.9	8.5	8.5	8.425	8.275	8.05
PH		7.2	7.3	7.5	8.0	7.8	7.8	8.1	8.0
CE x 10 ⁻⁶ a 25 °C mmhos/cm		1703	2090	1760	1896	1567	1605	1321	1279
Sólidos Totales (mg/l)		1088	2108	1231	863	629	573	421	361
Cationes (mg/l)	K ⁺	65.4	70.2	68.4	62.3	64.9	60.5	66.7	64.1
	Ca ⁺⁺	46.1	70.3	83.2	34.7	26.2	15.6	13.78	14.4
	Mg ⁺⁺	30.6	39.6	45.1	21.9	13.7	7.64	6.83	7.3
	Na ⁺	72.8	99.8	118.8	53.5	34.8	16.7	13.48	12.5
RAS		11.6911	13.4631	14.8326	10.0568	7.7912	4.8990	4.1991	3.7948
CLASE		C3S2	C3S2	C3S2	C3S2	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1

La manifestación de cada uno de los elementos analizados durante las diferentes épocas de muestreo puede observarse en las gráficas correspondientes, localizadas en el apéndice.

9.2.1 Drenaje 1. (Río Tacó y Rastro Municipal)

El drenaje 1 está compuesto de aguas servidas provenientes de la parte sur este de la ciudad, basureros clandestinos y principalmente por residuos del rastro municipal, mismos que sustancialmente alteran las características del mismo debido al aporte de grandes cantidades de desechos animales tales como sangre y vísceras. La concentración de sólidos totales se presentó entre media y fuerte, el pH fue variable y al borde del límite con tendencia a la alcalinidad, la conductividad eléctrica es alta posiblemente debido a la influencia de otras sales y sustancias.

De acuerdo al estudio, este se clasifica como C3S2.

9.2.2 Drenaje 2 (Costado al CUNORI, a 1000 m del drenaje 1)

El drenaje 2 aporta grandes cantidades de desechos municipales. Por ser uno de los que contiene prácticamente la totalidad de las aguas servidas del centro de la ciudad, su alto caudal observado, y la gran cantidad de sólidos totales, lo hacen uno de los contaminantes principales del río. La concentración de sólidos totales se considera muy fuerte debido a que ésta en la mayoría de los análisis efectuados sobrepasó los parámetros por más del doble. Los valores obtenidos de pH fueron muy similares en las diferentes épocas de muestreo, y al igual que el drenaje 1 su tendencia fue alcalina, la conductividad eléctrica reportó estimaciones altas haciendo que su contenido de sales y sodio sean factores primordiales de acondicionamiento, previo a su descarga en el río.

La conducta de esta agua es variada, ya que durante el estudio presentó valores de clasificación altos como C4S3, pero su comportamiento promedio fue entre C3S3 y C3S2.

9.2.3 Drenaje 3 (Bajos del Puente Il Héctor, a 750 m del drenaje 2)

El drenaje 3 por sus características y localización se considera el que más afecta a las áreas cercanas. Debido al poco caudal y grandes cantidades de sedimentos los procesos de descomposición de la materia orgánica no son eficientes, ya que aumentan la concentración de los residuos, dando con ello la proliferación de microorganismos anaeróbicos los cuales al degradar lentamente la materia orgánica liberan gases de olor desagradable (metano, sulfhídrico) como producto de su metabolismo. Sin embargo dicho drenaje se encuentra expuesto y el recorrido hacia el río es largo bajo condiciones de suelo arenoso, esto conduce a la infiltración del material líquido, el cual la mayor parte del tiempo no llega al río. No obstante en épocas de lluvia o cuando las descargas aumentan, este alcanza los márgenes del río y también forma parte importante para la contaminación del mismo. Los valores encontrados son muy similares a los drenajes anteriores, cabe destacar el alto grado de sólidos totales, conductividad eléctrica y sodio.

Los datos obtenidos permiten clasificar el agua como C3S3 y C3S2.

9.2.4 Presa 1 (a 300 m de desembocadura del drenaje 3 en el río)

Área aproximada de influencia: 40 Ha.

Propietarios de fincas: Juventino Morales, Carlos Orellana, Manuel Castellón.

El agua conducida mediante esta presa deriva prácticamente la composición formada por los drenajes en sí y el agua del río. Esta agua es utilizada únicamente para riego de pastizales y eventualmente para consumo animal. Su alto contenido de sales provoca marchites en los cultivos que entran en contacto con las mismas, obligando a los agricultores del área a utilizar pozos para el riego de aquellos que representan importancia económica los cuales en su mayoría son tomate, chile, berenjena, pepino y granos básicos como maíz, frijol y sorgo.

La presa 1, por su cercanía con los drenajes, es la que presenta mayores rasgos de contaminación, los cuales son visibles debido a la presencia de mal olor, espuma, burbujas, materia orgánica depositada en el fondo del río, misma que se desprende

lentamente y aumenta la cantidad de sólidos. La temperatura fue variable a lo largo del estudio misma que influyó la cantidad de oxígeno disuelto; el pH conservó tendencia alcalina, la conductividad eléctrica continuó alta y la concentración de los elementos comienza a disminuir posiblemente por procesos de dilución en el caudal del río.

De acuerdo al estudio, la esta agua se clasifica en C3S2.

9.2.5 Presa 2 (a 1500 m de la presa 1 en el río)

Área aproximada de influencia: 12 Ha.

Propietarios de fincas: Abraham Morales e hijos.

En esta zona de muestreo las características físico-químicas se presentan más favorables, debido a que el número de sólidos totales de deshecho se ve reducido significativamente, esto debido a la distancia existente entre la presa y la zona de descarga de los drenajes, la cual permite degradación y disminución de la concentración de los mismos por la turbulencia y oxigenación. Los elementos sujetos a análisis respecto a las presas anteriores disminuyeron, sin embargo la interacción de las sales limita el uso del agua a cultivos tolerantes a ellas.

Los valores obtenidos permiten clasificar esta agua como C3S1.

9.2.6 Presa 3 (a 100 m de la presa 2 en el río)

Área aproximada de influencia: 15 Ha.

Propietarios de fincas: Abraham Morales e hijos, Jorge Cordón, Emilio Calderón.

Por la cercanía existente entre la presa 2 y 3, los resultados no presentan variaciones significativas, por lo cual pueden considerarse como las mismas. De igual forma que la anterior esta agua se clasifica como C3S1.

9.2.7 Presa 4 (a 500 m de la presa 3 en el río)

Área aproximada de influencia: 10 Ha.

Propietarios de fincas: Natalia Vásquez e hijos.

Puede estimarse de acuerdo a la apariencia del agua en esta zona de captación que la disposición de sólidos ya no constituye un problema significativo, no obstante la relación existente entre los elementos evaluados continúa condicionando su uso a cultivos tolerantes a las sales ya que dentro del análisis efectuado el agua se clasifica entre C3S1, no obstante la disponibilidad de dichos elementos en el suelo puede mejorar las condiciones del agua y hacerla utilizable para otros cultivos.

9.2.8 Presa 5 (a 300 m de la presa 4 en el río)

Área aproximada de influencia: 15 Ha.

Propietarios de fincas: Escuela de Agricultura del Nor-orient (EANOR)

Debido a la distancia entre los puntos de descarga de los drenajes y esta presa, el estado aparente del agua es favorable para su utilización. Los sólidos contaminantes de origen orgánico no son considerados como problema y en condiciones ambientales normales, el agua presenta un aspecto claro y normal. Aún cuando la clasificación del agua en la zona de muestreo es de C3S1, esto puede mejorarse con medidas que tiendan a reducir el peligro de salinidad.

9.3 Niveles de conductividad y sodio encontrados:

- C3

Esta agua no puede usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente. Aún con drenaje adecuado se pueden necesitar prácticas especiales de control de la salinidad, debiendo, por lo tanto, seleccionar únicamente aquellas especies vegetales muy tolerantes a sales.

- C4

Esta agua no es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser permeables, el drenaje adecuado, debiendo aplicarse un exceso de agua para lograrse un buen lavado; en este caso, se deben seleccionar cultivos altamente tolerantes a

sales.

- 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.

- S2

En suelos de textura fina el sodio representa un peligro considerable, más aún si dichos suelos poseen una alta capacidad de intercambio de cationes, especialmente bajo condiciones de lavado deficiente, a menos que el suelo contenga yeso. Esta agua sólo puede usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad.

- S3

Puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que éstos necesitarán prácticas especiales de manejo (buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica). Los suelos yesíferos pueden no desarrollar niveles perjudiciales de sodio intercambiable cuando se riegan con este tipo de agua. Puede requerirse el uso de mejoradores químicos para sustituir al sodio intercambiable. Sin embargo, tales mejoradores no serán económicos si se usan aguas de muy alta salinidad.

9.4 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE MUESTRAS:

9.4.1 Coliformes Fecales

El resultado de los análisis demostró que para cada uno de los drenajes en estudio, se encontró crecimiento masivo de enterobacterias (Apéndice 4). Esto debido a la naturaleza de dichas aguas, las grandes cantidades de sedimentos

de origen orgánico sirven de medio para la proliferación de dichas bacterias.

9.4.2 Demanda Biológica y Química de Oxígeno (DBO₅ y DQO)

Los resultados de DBO₅ y DQO (mg/l), efectuados a los drenajes fueron los siguientes (Apéndice 2):

Cuadro 18. Resultados del análisis de DBO₅ y DQO (mg/l), efectuados a muestras provenientes de tres drenajes de aguas servidas municipales. Chiquimula, 1998.

Análisis	Drenaje 1	Drenaje 2	Drenaje 3	Límite Máximo Permissible*
DBO ₅	235	183	200	180
DQO	261	804	660	80

* Límites permisibles de contaminantes para descargas en río entre 1500 y 250 msnm. Programa de Seguimiento a la Propuesta de Normas de Aguas Residuales para Guatemala. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Sanitaria y Ambiental –AGISA- y AMSA a solicitud de CONAMA. Guatemala, 1997. Propuesta de modificación al Reglamento 60-89.

Los valores reportados demuestran que las descargas de los drenajes no cumplen con el límite máximo permisible para ninguno de los dos análisis efectuados. Esto se relaciona con el examen microbiológico y con la cantidad de sólidos de origen orgánico, en la medida que a mayor contenido de microorganismos y sólidos presentes, mayor será la demanda de oxígeno para su degradación.

9.5 Zonificación del Área de Muestreo en el Río San José

Adaptando la propuesta de Unda Opazo (1969) al área de muestreo, tanto en los drenajes como en el río, se establece la zonificación siguiente (Apéndice 5):

Cuadro 19. Zonificación del área de muestreo en el río San José. Chiquimula, 1998.

Lugar	Zonificación
Punto de descarga Drenajes 1, 2 y 3	Zona de degradación
Del punto de descarga hacia llegada al río, Presa 1	Zona de activa descomposición
Presa 2, 3 y 4	Zona de recuperación
Presa 5	Zona de aguas claras*

* A partir de la presa 5 en adelante, considerando la ausencia de cualquier tipo de contaminantes que posteriormente pudieran ser aportados al río.

10. CONCLUSIONES

- Las propiedades físico-químicas evaluadas mostraron:
 - Temperaturas altas presentes en las distintas zonas de muestreo, posiblemente debido a la hora de recolección de muestras.
 - pH manifestando fluctuación de valores, que en su totalidad tuvieron tendencia de neutro a alcalino.
 - Conductividad eléctrica alta, posiblemente debido a factores de contaminación causada por las descargas de los drenajes y el contenido de sales producto de la erosión del suelo.
 - Alto grado de sólidos totales presentes en cada uno de los drenajes, mismos que son descargados directamente en el cauce del río; así mismo cabe señalar que no todos los sedimentos encontrados en las muestras de agua del río son de origen orgánico, ya que por la temporada de muestreo y la presencia del huracán Mitch, grandes cantidades de suelo procedente de la erosión también tuvieron significativa presencia.
 - Valores de DBO_5 y DQO que se sitúan arriba del límite permisible, indicando su grado de contaminación y a su vez que la cantidad de oxígeno presente en las muestras de drenaje (mediante determinación tabular), no es suficiente.

- El análisis microbiológico realizado al agua proveniente de los tres drenajes, mostró un crecimiento masivo de enterobacterias, posiblemente por la presencia de grandes cantidades de sólidos de origen orgánico, los que contribuyen al crecimiento masivo de microorganismos que debido a la utilización de oxígeno para su degradación, limitan este elemento y a su vez restringen la utilización del agua en procesos que conlleven el contacto directo con seres humanos y en la producción de productos alimenticios.

- La zonificación del área de muestreo en el río San José, sitúa a los puntos de descarga de los drenajes 1, 2 y 3 dentro de la zona de degradación; de dichos puntos de descarga al río y hacia la llegada a la presa 1, dentro de la zona de activa descomposición; de este punto, incluyendo las presas 2, 3, 4 y el trayecto de llegada a la presa 5, dentro de la zona de recuperación; y a partir de la presa 5, como zona de aguas claras, considerando la ausencia de cualquier tipo de contaminante que posteriormente pudiera ser aportado al río.
- Las aguas residuales pueden ser benéficas por los nutrientes que contienen; pero a su vez pueden tener elevadas concentraciones de sales, iones tóxicos y microorganismos que modifican las características físicas, químicas y biológicas del agua original, ocasionando efectos ligeros o graves, temporales o acumulativos que harán condicionado o peligroso su uso agrícola.

11. RECOMENDACIONES

- Crear mecanismos de reducción de sólidos y extracción de lodos, previo a la descarga de las aguas negras al río; así como proveer de un mecanismo eficiente de disposición de desechos de origen animal tales como los procedentes del rastro municipal, los cuales constituyen un foco de contaminación de bacterias y virus.
- Profundizar en el estudio, especialmente de metales pesados tales como plomo, mercurio, aluminio, cromo, boro, cadmio, entre otros, así como de otras sales; para determinar el grado de presencia en las aguas y aplicar medidas preventivas o correctivas a los mismos antes de que sean considerados como de alto riesgo para la utilización del agua.
- Realizar una campaña masiva de educación ambiental en toda la población, empezando por las escuelas, para dar prioridad a la utilización de productos biodegradables y fomentar el reciclaje; reduciendo con ello la proliferación de basureros clandestinos, que en su gran mayoría se localizan en las áreas de deposición de aguas servidas.
- No utilizar el agua del río San José en comestibles que tengan contacto directo con la misma, sean estos de origen vegetal (hortalizas) o animal (peces).
- El peligro de sodio se manifestó alto en las zonas más cercanas a las descargas de los drenajes, para tal efecto se recomiendan prácticas de manejo adecuadas que favorezcan el drenaje, condiciones de lavado, aportación de materia orgánica, yeso y mejoradores químicos como resinas intercambiadoras de cationes para atrapar sustancias; esto se considera problemático en suelos de textura fina, con alta capacidad de intercambio de cationes y drenaje ineficiente.
- Debido a la alta conductividad eléctrica obtenida en el análisis de las muestras, se recomienda el estudio futuro de posibles factores de contaminación causada por las descargas de los drenajes y el contenido de sales producto de la erosión del suelo.

12. BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. 1968. Agua: su calidad y tratamiento. Trad. Jack M. Verrey. México, UTEHA. 564 p.
2. APHA-AWWA-WPCF. 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. 16th. edition. U.S.A., American Public Health Association. 530 p.
3. ARITA ARMENDARIZ, C. 1985. Las aguas negras en el riego. Guatemala, Dirección Técnica de Riego y Avenamiento. Publicación Técnica no. 8. 23 p.
4. BOY PIEDRASANTA, J. A. 1989. Determinación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos para evaluar la calidad del agua para consumo humano y uso industrial en la ciudad de Amatitlán. Tesis Ing. Quím. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química. 136 p.
5. CANTER, L. W. 1998. Manual de evaluación de impacto ambiental. Mc.Graw Hill, 2 ed.
6. CRUZ, J. DE LA. 1975. Clasificación de zonas de vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 24 p.
7. GOMEZ POMPA, P. 1979. Riegos a presión, aspersión y goteo. 2 ed. España, AEDOS. 279 p.
8. GUATEMALA. COMISION GUATEMALTECA DE NORMAS. 1983. Norma guatemalteca obligatoria NGO 29 001. Folleto mimeografiado. Guatemala. s.p.

9. GUROVICH, L. 1985. Fundamentos y diseño de sistemas de riego. San José, C.R., Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 433 p.
10. LEE, R. 1980. Forest hydrology. New York, U.S.A., Columbia University Press. 349 p.
11. MAYORGA LICONA, F. DE J. 1969. Estudio sobre la cantidad y calidad de las aguas negras en el proyecto '10' del INVI. Tesis Ing. Civ. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 73 p.
12. McJUNKIN, E. F. 1986. Agua y salud humana. México, Limusa. p. 32-39.
13. OFICINA SANITARIA PANAMERICANA. 1973. Riesgos del ambiente humano para la salud. Bogotá, Col., Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria. p. 34-44.
14. _____. 1984. Tecnología apropiada para la salud. Ginebra, Sui., Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria. Gaceta no. 25. p. 4-16.
15. PELCZAR, M. J.; REID, R. D. 1979. Microbiología. Trad. por Leopoldo Hontañón y Cagigal. México, McGraw-Hill. 850 p.
16. RAMIREZ G., M. 1986. Riesgos para la salud relacionados con el agua de piscina. Revista ACODAL (Col.) 7(125):38-44.
17. REPÚBLICA DE GUATEMALA. 1989. Diario de Centro América. Tomo CCXXXV, no. 69.
18. RICHARDS, L. A., (Ed.) 1974. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 6 ed. México, Limusa. 252 p.

19. SANDOVAL ILLESCAS, J. E. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 345 p.
20. SIERRA CASTILLO, C. E. 1980. Estudio de reconocimiento de la sub-cuenca del río San José, con fines de riego en el valle de Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 57 p.
21. SOLORZANO ESPINO, E. J. 1998. Determinación de niveles críticos de fósforo en el cultivo de maíz (Zea Mays L.), para 15 localidades del departamento de Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Chiquimula, Gua., Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Oriente. 57 p.
22. UNDA OPAZO, F. 1969. Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública. México, UTEHA. 870 p.
23. VELASQUEZ MAZARIEGOS, S. 1984. Caracterización cualitativa y cuantitativa del recurso agua de la cuenca del río Grande de Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 136 p.
24. WINKLER, M. A. 1986. Tratamiento biológico de aguas de desecho. Trad. por Carlos A. García Ferrer. México, Limusa. 338 p.
25. WINTER, E. J. 1981. El agua, suelo y planta. Trad. por Agustín Contín. México, Diana. 222 p.
26. ZIMMERMAN, J. D. 1985. El riego. Trad. por Guillermo A. Fernández de Lara. México, CECSA. 604 p.

13. APENDICE

Apéndice 1. Reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Máximos Permisibles de Contaminación para la descarga de aguas servidas (Acuerdo Gubernativo 60-89, 7 de febrero de 1989):

- CAPITULO II

DE LAS AGUAS SERVIDAS MUNICIPALES

- Artículo 5o.

Para la descarga directa de aguas servidas provenientes de las municipalidades, en cuerpos de agua receptores superficiales, subterráneos y costeros, se deberá cumplir con los requisitos mínimos aquí establecidos.

- Artículo 6o.

Las aguas municipales de desecho recogidas mediante sistema de desagüe, podrán descargarse directamente en los cuerpos de agua receptores superficiales, subterráneos o costeros, siempre y cuando su procedencia original sea de:

- a) Origen doméstico y de instalaciones adaptadas para fines comerciales cuya nocividad haya sido previamente corregida por medio de procesos químicos o biológicos;
- b) Las que sean vertidas por personas individuales;
- c) Las provenientes de centros clínicos y hospitalarios, albergues, hoteles y restaurantes, cuya nocividad haya sido previamente corregida por medio de procesos químicos o biológicos;
- d) Los provenientes de establecimientos comerciales cuyas instalaciones hayan sido especialmente construidas para el efecto, pero con un sistema de desagües similar al doméstico, previo el tratamiento correspondiente indicado en el inciso a) anterior;
- e) Las que hubieran sido tratadas en plantas fluviales.

- Artículo 7o.

Las descargas de aguas servidas de las procedencias indicadas en el artículo

6o. en caudales mayores de 8 m³ (ocho metros cúbicos) por día, deberán previamente cumplir con los límites máximos permisibles de contaminación establecidos en el Cuadro 20 que a continuación aparecen:

Cuadro 20. Límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de las aguas servidas municipales en caudales mayores de 8 m³ por día.

Muestras	Sólidos Sedimentables	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)*
Tomada al azar máximo	1.0 ml/l	---	---
Mezcla de 2 hrs. máximo	1.0 ml/l	500 mg/l	250 mg/l
Mezcla de 24 hrs. máximo	1.0 ml/l	450 mg/l	200 mg/l

Los valores para DQO y DBO no tienen significación para muestras tomadas al azar.

* después de 5 días.

- CAPITULO VIII

DEL MONITOREO Y CONTROL DE LAS AGUAS SERVIDAS, DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO Y DEL MANEJO DE LOS LODOS.

- Artículo 17o.

Un monitoreo, análisis y control de los parámetros establecidos en el artículo 7o., debe efectuarse de tres a cinco veces por año de conformidad con los métodos establecidos por las Normas Guatemaltecas COGUANOR correspondientes; o a falta de las mismas, por las Normas Centroamericanas ICAITI correspondientes; o a falta de las mismas, por las Normas Norteamericanas para el Examen de Aguas y Aguas de Desecho de la American Public Health Association (APHA), la American Water Works Association (AWWA), y la Wather Pollution Control Federation (WPCF).

- Artículo 19o.

Todas las Municipalidades del país y las industrias aquí clasificadas, deberán establecer su sistema o planta de tratamiento de aguas servidas, dentro de los dos años siguientes a la vigencia de este Reglamento.

- Artículo 20o.

Si por causas justificadas no fuere posible cumplir con lo establecido en el Artículo 19o. todas las Municipalidades del país, las industrias aquí clasificadas y otras similares, deberán como mínimo contar con un tanque de sedimentación en donde las aguas servidas permanezcan por un lapso de por lo menos dos horas antes de descargarse o aplicar un método equivalente. En todo caso, las aguas servidas serán descargadas únicamente después de la remoción adecuada de los lodos sedimentados y si cumplen con los límites máximos permisibles de contaminación establecidos en el Cuadro 20.

Apéndice 2. Informe de Análisis de Laboratorio para DBO₅ y DQO.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Referencia: Drenaje 1; P1 = presa 1

FACULTAD DE CC. QQ. Y FARMACIA

Edificio "T-12"

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

ESCUELA DE QUIMICA UNIDAD DE ANALISIS INSTRUMENTAL Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12 Tel: 4769844 y 4760790 al 94 ext. 274		INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO			
Nombre común o comercial de la muestra Muestras de aguas servidas municipales, río San José, Chiquimula		#Código/Marca del remitente Sin código			
No. registro: 9810260-262		Empresa/Institución: CUNORI, Chiquimula Remitente/Solicitante: Héctor Antonio Solís Cuéllar			
Fecha recepción 21/10/98	Muestras recibidas por HS	Tipo de recipiente Vidrio	Peso neto ****		
Determinaciones solicitadas PAQUETE MENOR AGUAS SERVIDAS / DE DESECHOS					
RESULTADOS DE LABORATORIO					
		Dren 1	Dren 2	Dren 3	LMP
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/L*	235	183	200	180 (Río entre 1500 y 250 msnm)
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	mg/L*	261	804	660	80 (Municipal, no doméstica)
* Límites Permisibles de Contaminantes para descargas en río entre 1500 y 250 msnm. Programa de Seguimiento a la Propuesta de Normas de Aguas Residuales para Guatemala. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Sanitaria y Ambiental -AGISA- y AMSA a solicitud de CONAMA. Guatemala, 1997. Propuesta de modificación al Reglamento 60-89.					
Costo por muestra, DBO ₅ : Q 80.00 x 02 = Q 160.00 DQO: Q 80.00 x 03 = Q 240.00					
Fecha terminado 27/10/98	Analista BO/HS	Ref Registro del Análisis UAI-2/011	Costo total facturado Q 400.00		
Firma		Recibido			



Apéndice 4. Análisis microbiológico.

 **LABORATORIO CLINICO "UNILAB"**
Licda. Eunice Recinos B. de Vásquez
QUIMICA BIOLOGA
3a. Calle 5-11 Zona 1, Chiquimula, Telefax 942-1038

VARIOS

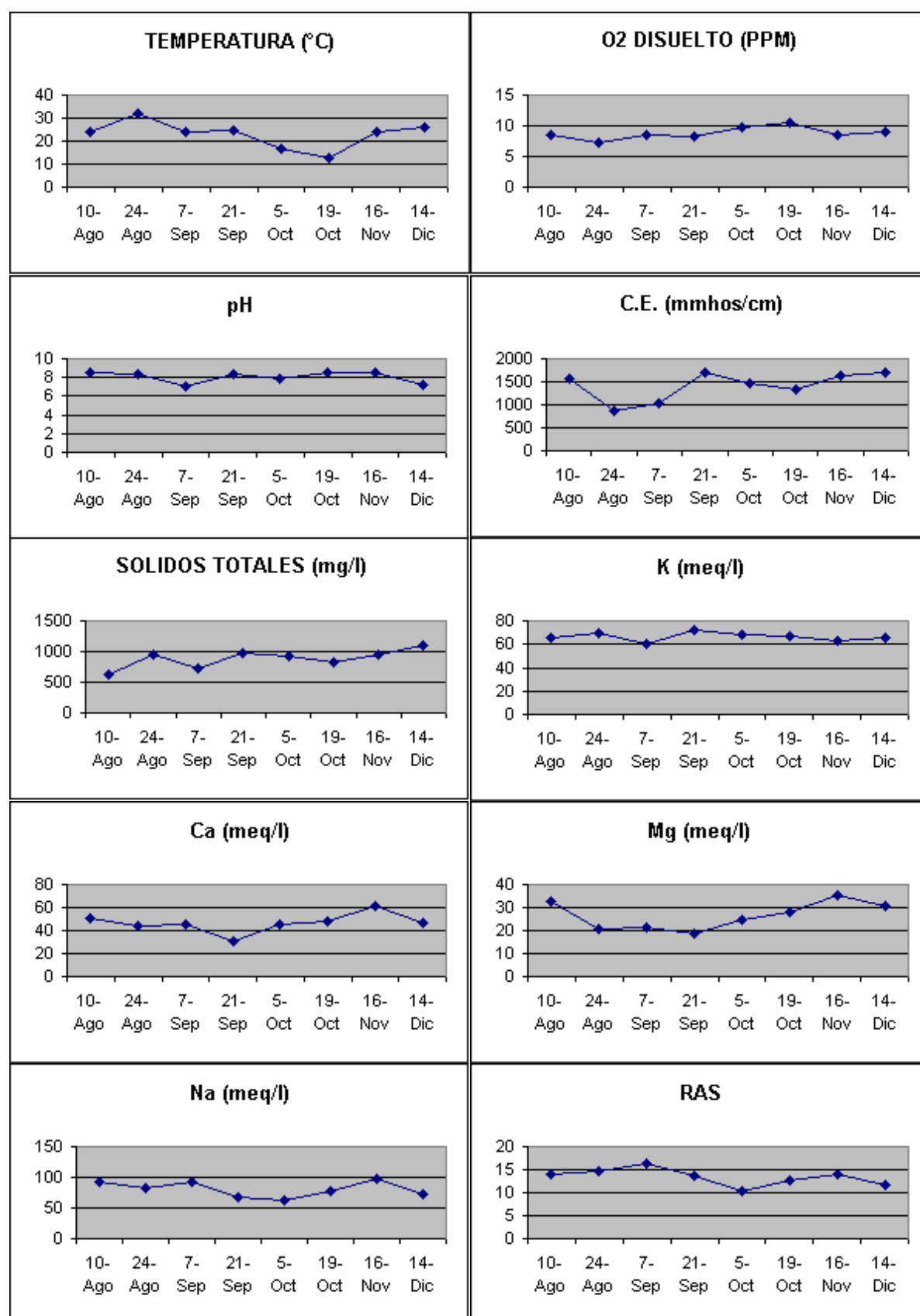
Nombre: HECTOR SOLIS Edad: _____

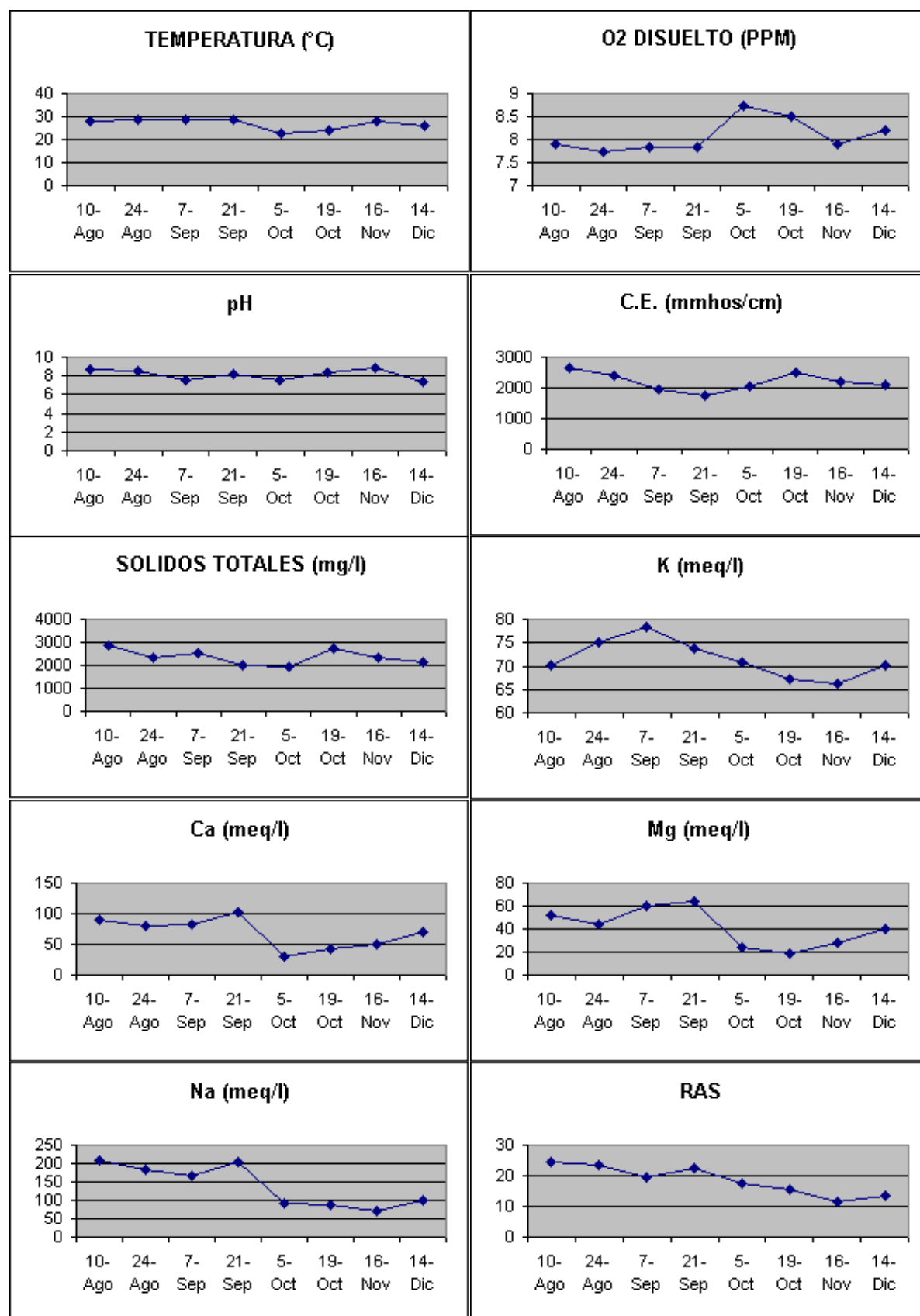
Lo Refiere el Dr.: _____ Fecha: 22-10-98

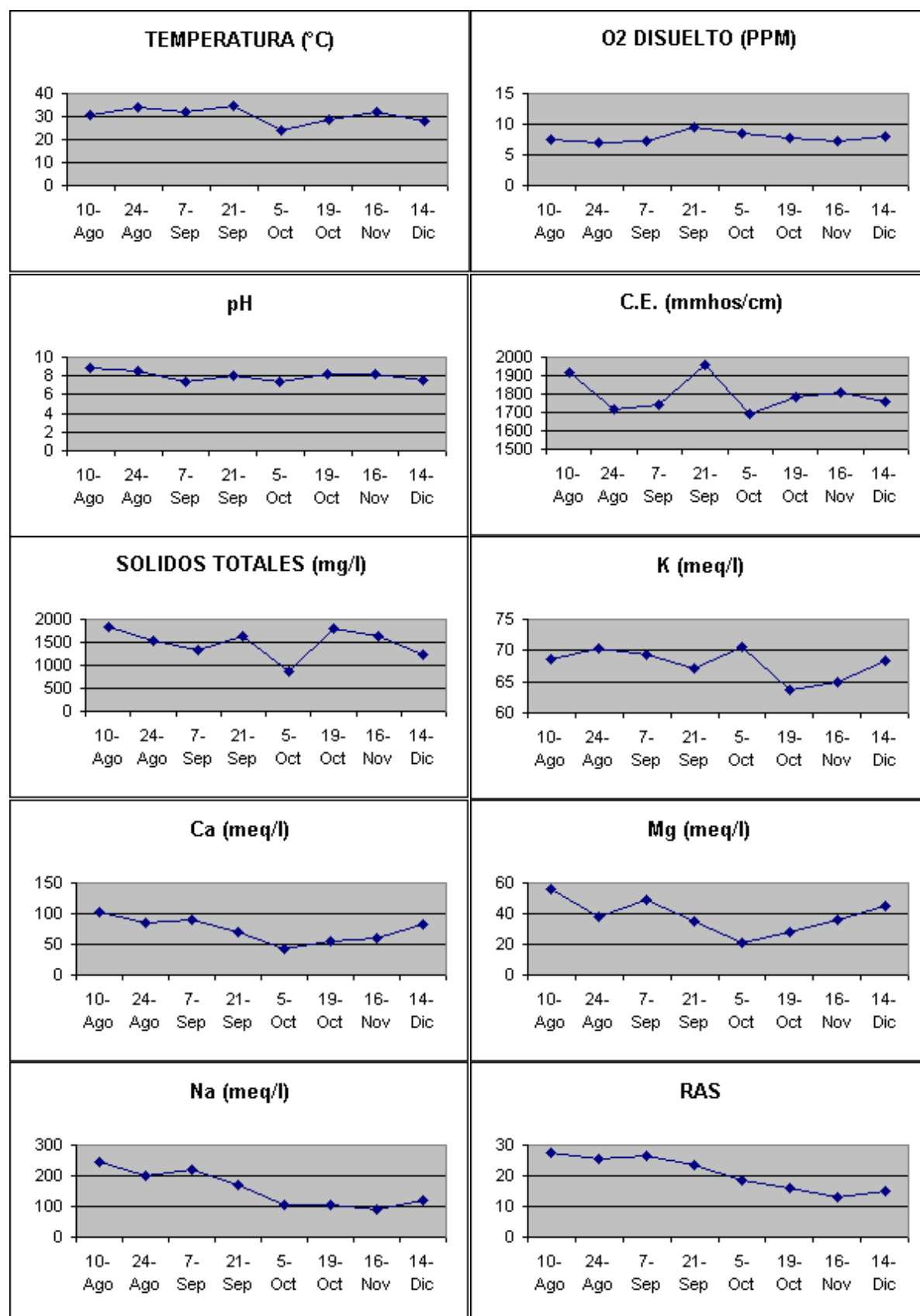
CULTIVOS DE AGUAS DE DRENAJES

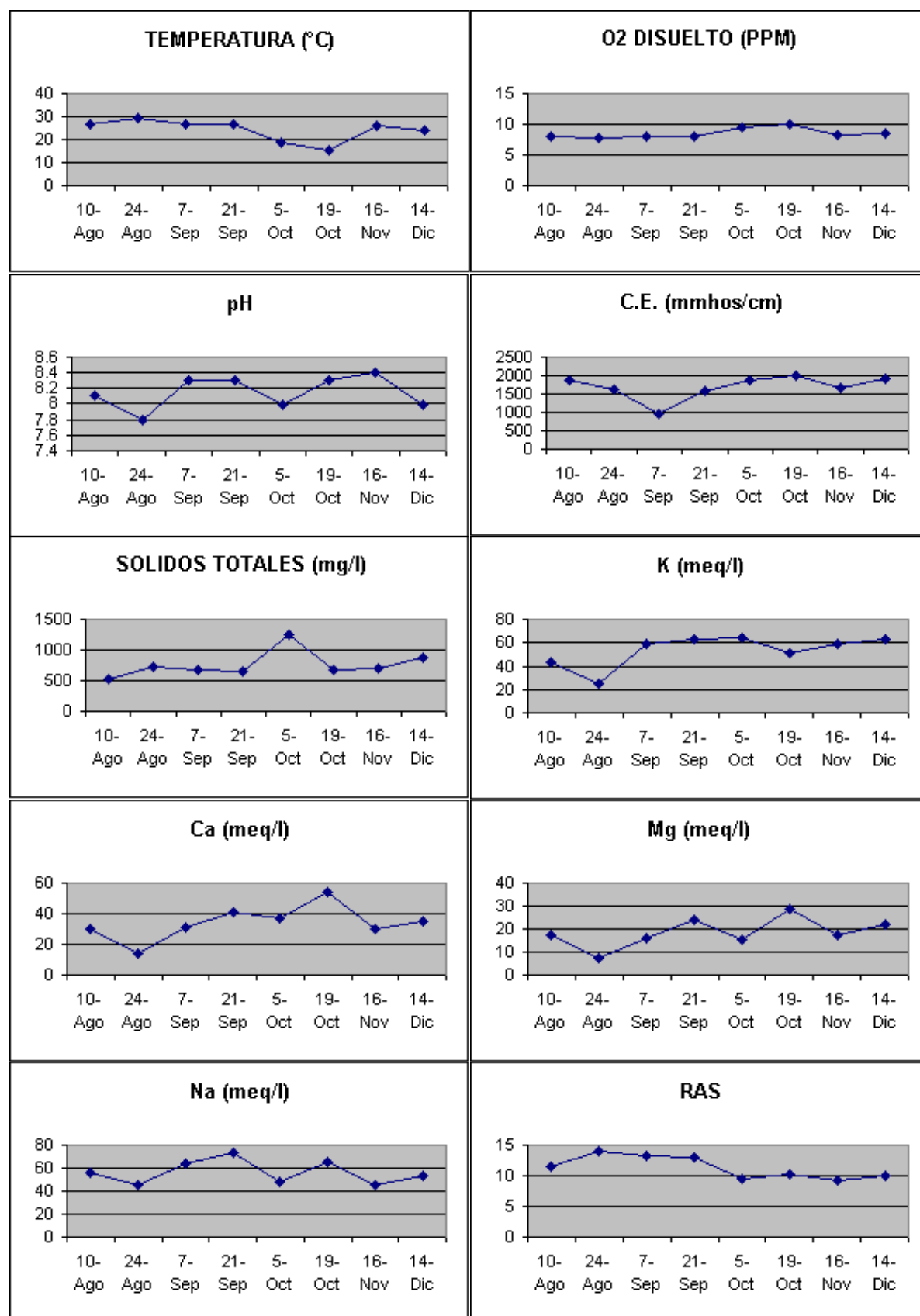
DRENAJES (1,2,y 3); Crecimiento masivo de enterobacterias.

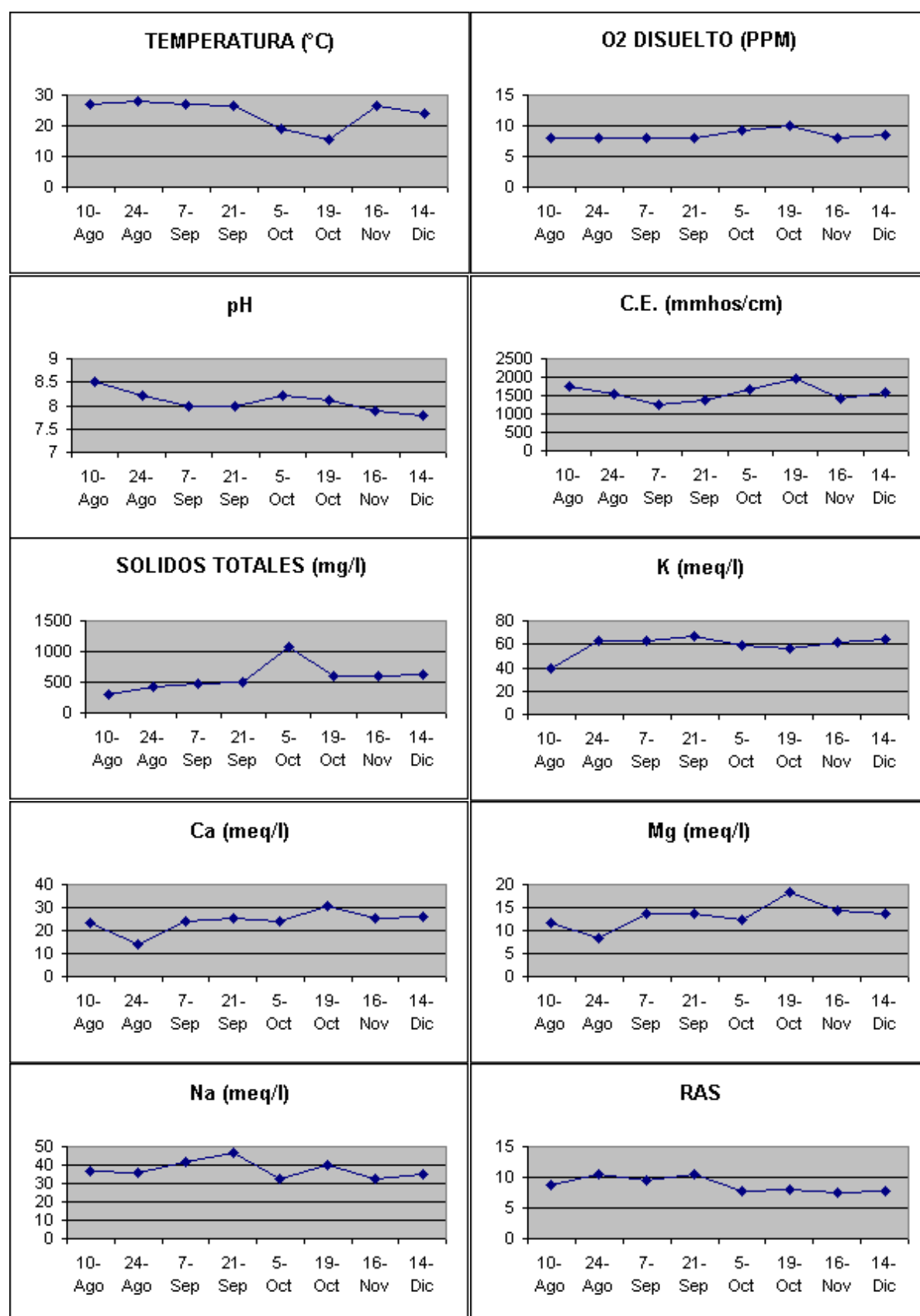

Eunice Recinos B. de Vásquez
Licda. Eunice Recinos de Vásquez
Col. 745

Apéndice 5. Gráficas de elementos analizados en el drenaje 1. Chiquimula, 1997.


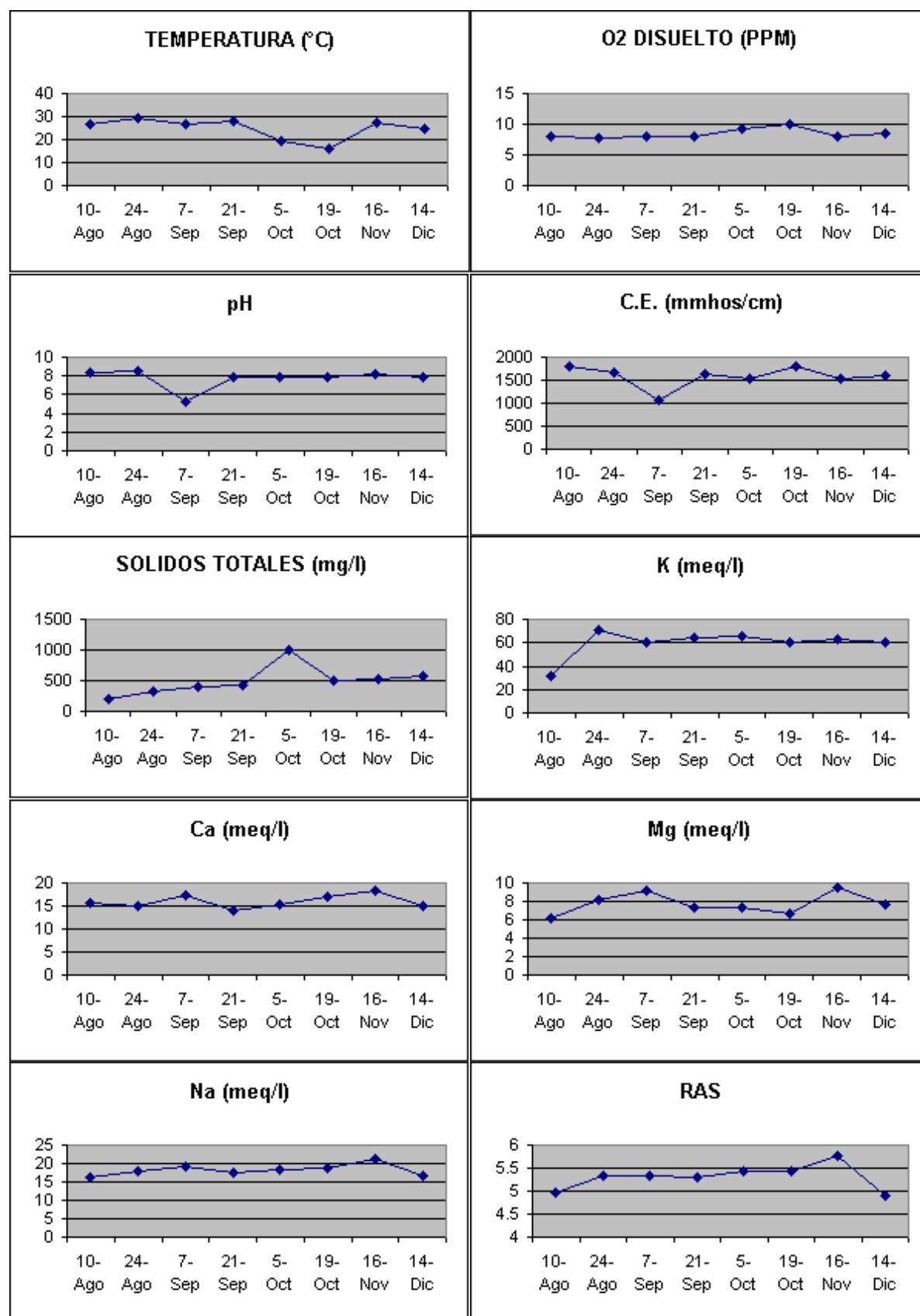
Apéndice 6. Gráficas de elementos analizados en el drenaje 2. Chiquimula, 1997.


Apéndice 7. Gráficas de elementos analizados en el drenaje 3. Chiquimula, 1997.


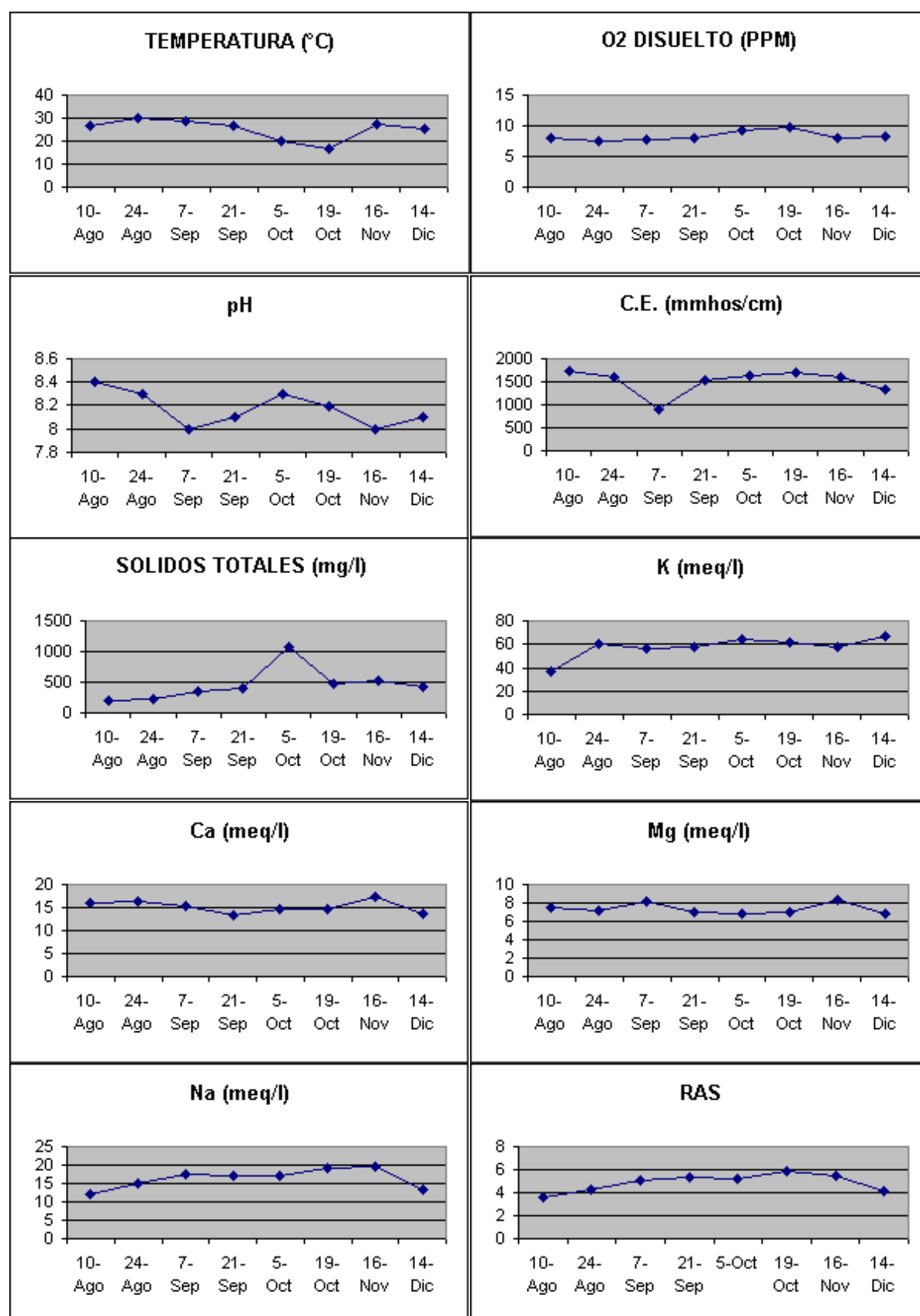
Apéndice 8. Gráficas de elementos analizados en la presa 1. Chiquimula, 1997.


Apéndice 9. Gráficas de elementos analizados en la presa 2. Chiquimula, 1997.


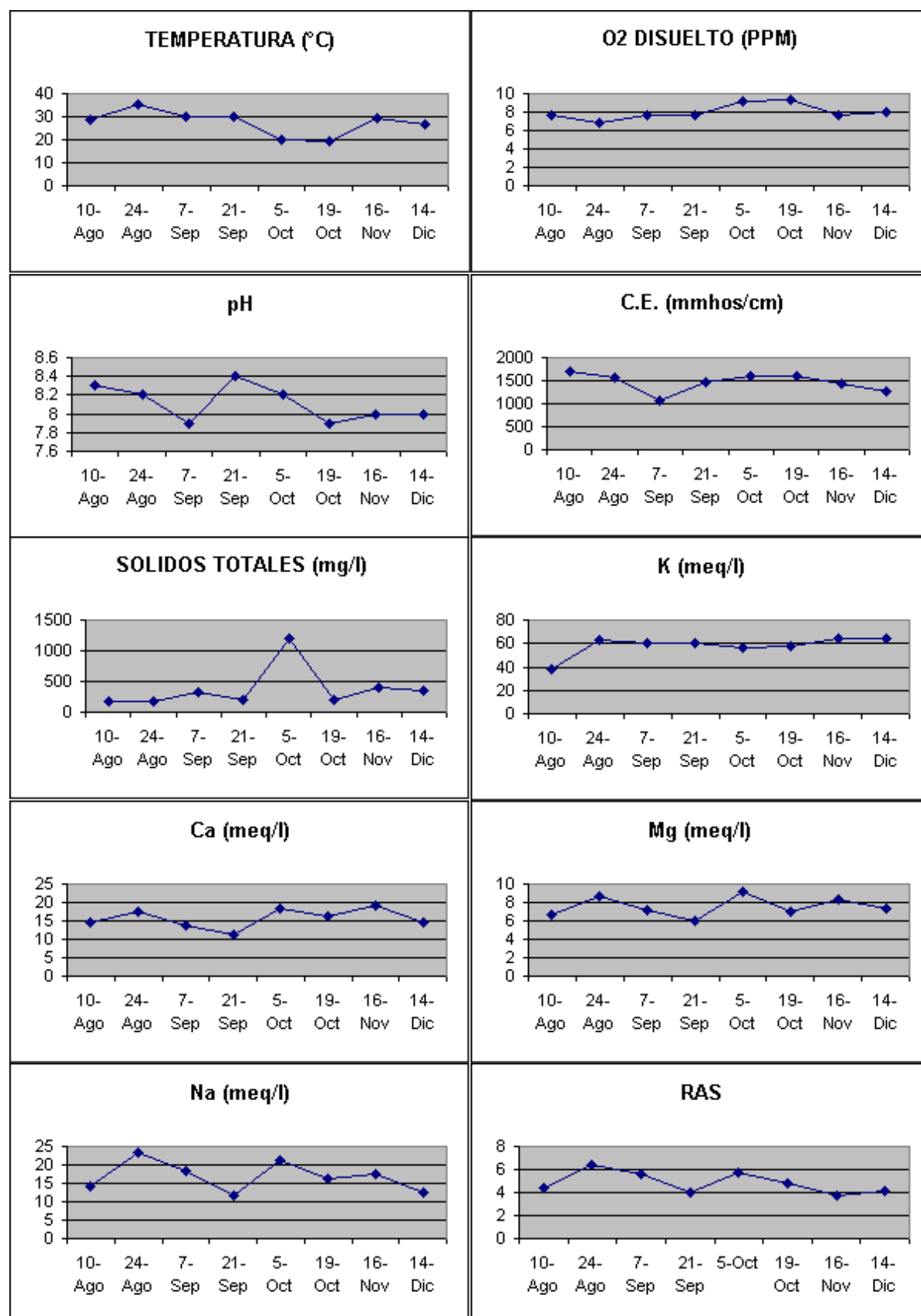
Apéndice 10. Gráficas de elementos analizados en la presa 3. Chiquimula, 1997.



Apéndice 11. Gráficas de elementos analizados en la presa 4. Chiquimula, 1997.



Apéndice 12. Gráficas de elementos analizados en la presa 5. Chiquimula, 1997.



****** NO IMPRIMIR ESTA PAGINA ******