

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE PLAN DE SANEAMIENTO PARA LA
MICROCUENCA DEL RÍO TEOCINTE, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ
PINULA, GUATEMALA**

ESTUDIO ESPECIAL
PRESENTADO A LA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y
RECURSOS HIDRÁULICOS
-ERIS-

POR LOS INGENIEROS CIVILES

**ROLANDO CHITAY HERNÁNDEZ
OSCAR EDUARDO GARCÍA TORO**

ASESORADO POR: M. Sc. ING. Joram Gil Laroj

COMO REQUISITO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA SANITARIA
(*MAGISTER SCIENTIFICAE*)

Guatemala, junio de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphey Olimpo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
VOCAL V	Br. Elisa Yasminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas

DIRECTOR DE ERIS	M. Sc. Ing. Pedro Saravia Celis
------------------	---------------------------------

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE ESTUDIO ESPECIAL

EXAMINADOR	MSc. Ing. Pedro Saravia Celis
EXAMINADOR	MSc. Ing. Joram Gil Laroj
EXAMINADOR	MSc. Ing. Elfego Orozco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR



Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de tesis titulado:

PROPUESTA DE PLAN DE SANEAMIENTO PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO TEOCINTE, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA

Tema que fue autorizado por la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos – ERIS, en noviembre de 2004.

Ing. Rolando Chitay H.

Ing. Oscar Eduardo García T.

Guatemala, junio de 2006

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo Poderoso

Al asesor

MSc. Ing. Joram Gil Laroj

A la Universidad de San Carlos de Guatemala y a la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos - ERIS Al Servicio Alemán de Intercambio Académico DAAD

Por su valioso aporte académico, y al Director Ing. Pedro Saravia y a sus colaboradores: Ing. Elfego Orozco, Ing. Joram Gil, Ing. Julián Duarte, Ing. Teofilo Álvarez, Ing. Juan Sandoval, Lcda. Alejandrina Flores, Señora Frida Faggioly de Cáceres y Señora Jeaneth Alegría de Mejía. Especialmente a la Señora Neddy Zamora, por haberme permitido ser uno de los afortunados Centroamericanos cuyos estudios de maestría han sido apoyados por el DAAD.

Al Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria "Dra. Alba Tabarini Molina"

A todo su personal por brindarme todas las facilidades para realizar la parte analítica de este trabajo de investigación, en especial al Señor Moisés Dubón.

A mis Amigos y Compañeros Centroamericanos

Aquellos que compartieron los momentos agradables durante mi estadía en este país, agradezco de forma especial a la joven Alma Luna el haberme permitido su amistad en todo momento y le deseo lo mejor en su vida futura.

Al personal de EMPAGUA

Por brindarnos su apoyo en todo momento, en especial al personal de la presa el Teocinte.

DEDICATORIA

A Dios todo Poderoso	Por darme el don de vida y sabiduría, para lograr otra meta más. Y por haberme iluminado y guiado de manera satisfactoria, en este proyecto que marca mi vida tanto personal como profesionalmente.
A mis padres	Victoriano Chitay Maria Santos Hernández
Aura Carolina Balcarcel	Por el amor, tiempo y dedicación que les brinda a los seres que tanto amo a mis hijos.
A mis hijos	Diego Ronaldo y Oscar Pedro Alejandro Por ser la luz de mi vida y fuente de energía de seguir adelante.
A mis hermanos	Efraín, Maximino, Romelia, Juventino, Cesar Armando.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IV
LISTADO DE SÍMBOLOS	VI
INTRODUCCIÓN	VII
JUSTIFICACIÓN	VIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E HIPÓTESIS	IX
OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	X
ALCANCES	XI
1. ANTECEDENTES	
2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO	1
2.1. Generalidades	2
2.1.1. Ubicación geográfica y delimitación de la microcuenca	2
2.1.2. Topografía	3
2.2. Caracterización de la microcuenca del Teocinte	4
2.2.1. Densidad poblacional	6
2.2.2. Servicio de agua potable	7
2.2.3. Servicio de red de alcantarillado sanitario	7
2.2.4. Disposición de los desechos sólidos	8
2.2.4.1. Producción de desechos sólidos por año	8
2.2.5. Uso del suelo	10
2.2.6. Características epidemiológicas	11
3. DIAGNÓSTICO DE LA MICROCUENCA	12
3.1. Situación actual del saneamiento	13
3.1.1. Identificación de fuentes de contaminación	14

	3.1.1.2. Fuentes dispersas de contaminación	15
3.2.	Costos de los productos químicos en la planta de tratamiento Santa Luisa	16
3.3.	Análisis de la cantidad y calidad del agua	17
	3.31. Número de muestras	19
	3.3.2. Parámetros de la calidad del agua	19
	3.3.2.1. Resultados de los análisis de laboratorio	20
	3.3.3. Determinación de caudales	32
	3.3.4. Determinación de la carga contaminante	33
3.4.	Discusión de resultados obtenidos de las muestras analizadas en el laboratorio	36
	3.4.1. Parámetros físicos	37
	3.4.2. Parámetros químicos y orgánicos	38
	3.4.3. Parámetros bacteriológicos	40
4.	PROPUESTA DE SANEAMIENTO	41
4.2.	Aguas residuales	41
	Desechos sólidos	46
4.3.	4.2.1. Relleno sanitario manual	46
4.4.	Reforestación y sedimentos	46
	Costo de financiamiento de la propuesta	47
	4.4.1. Costos de tratamiento de las descargas de aguas residuales al río San Antonio	43
	4.4.2. Costos de la solución de sedimentos en los afluentes de la microcuenca	49
	4.4.3. Costos del alcantarillado sanitario	49
	4.4.4. Costos del tratamiento de desechos sólidos	50
	4.4.5. Costos de lavaderos públicos con instalaciones sanitarias	51

	4.4.6.	Costos de reforestación	52
	4.4.7.	Presupuesto total	52
4.5.		Propuesta de financiamiento	53
	4.5.1.	Condiciones de financiamiento	53
	4.5.2.	Fuentes de financiamiento	53
	4.5.3.	Recursos municipales de San José Pinula y EMPAGUA	54
	4.5.4.	Cálculo de cuota trimestral	55
4.6.		Beneficios esperados al poner en marcha la propuesta del plan de saneamiento	57
	4.6.1.	Condiciones de riesgo no acción	57
	4.6.2.	Mejoramiento del servicio al poner en marcha el plan de saneamiento	57
		CONCLUSIONES	
		RECOMENDACIONES	59
		BIBLIOGRAFÍA	61
		ANEXOS	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Ubicación de la microcuenca del río Teocinte y los afluentes que alimentan la presa	5
2	Cobertura vegetal de la microcuenca	10
3	Fuentes de contaminación dentro de la microcuenca del río Teocinte	15
4	Ubicación de los puntos de monitoreo en la microcuenca del río Teocinte	18
5	Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	27
6	Demanda química de oxígeno DQO	27
7	Oxígeno disuelto	28
8	Hierro	28
9	Nitratos	29
10	Fosfatos	29
11	Conductividad eléctrica	30
12	Color	30
13	Coliformes totales	31
14	Coliformes fecales	31
15	Gráfica de caudales de los afluentes de la microcuenca del Teocinte	33
16	Carga en peso del DBO ₅	35
17	Carga en peso del DQO	36
18	Ubicación de las plantas de tratamiento a implementar en la microcuenca	41
19	Esquema del proceso de tratamiento para las aguas residuales propuesto	45
20	Diagrama de flujo para cálculo de cuotas trimestrales para un período de cuatro años	55
21	Diagrama de flujo para cálculo de valor presente	56

TABLAS

I	Cálculo de la pendiente de terreno de cada afluente de la microcuenca del Teocinte	3
II	Distribución de la población en la microcuenca	6
III	Tipo de servicio para la eliminación de excretas en la microcuenca	8
IV	Producción ton / año de desechos de la microcuenca	9
V	Categorías de cobertura vegetal en el área del municipio y zonas boscosas	10
VI	Costos de químicos para el tratamiento del agua en la planta Santa Luisa, en el primer semestre del 2,005	16
VII	Norma de fuentes de agua para fines de consumo humano, según la CEE	21
VIII	Resultados obtenidos de los análisis físicos	22
IX	Resultados obtenidos de los análisis químicos y orgánicos	23
X	Resultados obtenidos de los análisis bacteriológicos	24
XI	Resultados máximos, promedios y mínimos de parámetros químicos, orgánicos y bacteriológicos	25
XII	Resultados máximos, promedios y mínimos de parámetros físicos	26
XIII	Caudales de los afluentes	32
XIV	Cargas contaminantes de DBO ₅ , DQO promedio y su peso en los afluentes	34
XV	Cargas contaminantes de DBO ₅ y DQO máxima y su peso en los afluentes	34
XVI	Cargas contaminantes de DBO ₅ y DQO mínima y su peso en los afluentes	35
XVII	Determinación de población equivalente y sus respectivos caudales	43
XVIII	Costos totales de construcción para el tratamiento de las descargas de aguas residuales	48
XIX	Costos unitarios de construcción del tratamiento para las aguas residuales de descargas al río San Antonio	48
XX	Costos del sistema de alcantarillado sanitario	49
XXI	Costos de tratamiento de desechos sólidos, operación y mantenimiento	51
XXII	Costo de instalaciones sanitarias con su respectiva caseta	51
XXIII	Costos totales de los proyectos de saneamiento	52
XXIV	Detalle de distribución de cantidades que le corresponden a cada Institución	57

LISTA DE SÍMBOLOS

OPS	Organización Panamericana de la Salud
ERIS	Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos
MAGA	Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación
EMPAGUA	Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala
INE	Instituto Nacional de Estadística
IGN	Instituto Geográfico Nacional
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
NMP/100 ml	Número más probable por 100 ml
UC	Unidades de color
UNT	Unidades nefelométricas de turbiedad
pH	Potencial de hidrógeno
LMP	Límite máximo permisible
ton	Toneladas
° C	Grados centígrados
msnm	Metros sobre el nivel del mar
cm ³	Centímetros cúbicos
mg/l	Miligramos por litro
l/s	Litros por segundo
μS/cm	Micro Siemens por centímetro
g	Gramo
kg	Kilogramo
s	Segundo
m ²	Metro cuadrado

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación fue realizado sobre una propuesta de plan para el saneamiento de la microcuenca del río Teocinte, la cual se encuentra ubicada en el municipio de San José Pinula, departamento de Guatemala.

Esta microcuenca está conformada por tres afluentes, que son el riachuelo La Manguita, quebrada Las Pilas, y río San Antonio, los cuales actualmente se están deteriorando en cantidad y calidad, debido a la falta de saneamiento por la mala disposición de las aguas servidas, y desechos sólidos producidos en la cuenca.

Debido a lo anterior, se desarrolló la investigación para dar propuestas viables a las autoridades competentes, para que puedan trabajar en conjunto y puedan tomar decisiones y así mejorar la calidad del agua de los ríos que abastecen la Presa del Teocinte.

La metodología de investigación consistió en visitas de campo, recolección de información, identificación de actividades contaminantes, análisis físicos, químicos, bacteriológicos del agua y aforos de cada afluente.

También se realizó el diagnóstico de calidad y cantidad del agua mediante el cálculo de la carga contaminante, usando los parámetros evaluados en el laboratorio, como DBO_5 y DQO , y se estableció el grado de contaminación de cada afluente, lo que sirvió de base para implementar la propuesta de plan de saneamiento para la microcuenca que involucre el tratamiento de aguas servidas y desechos sólidos, análisis de costos y financieros.

JUSTIFICACIÓN

Esta investigación sirve para elaborar una propuesta de plan de saneamiento para la microcuenca del Río Teocinte, con las razones que a continuación se detallan:

Esta microcuenca es la que abastece la presa del Teocinte que es una de las más importantes fuentes con la que cuenta la Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA) para satisfacer las necesidades del abastecimiento del agua potable destinada a un sector de la población de la ciudad de Guatemala, ya que ésta sirve directamente a la planta Santa Luisa, zona 16, que representa el 14.33 % de la producción de las cinco plantas de tratamiento

Considerando las pruebas fisicoquímicas y bacteriológicas realizadas a las aguas de los diferentes afluentes que abastecen al embalse del Teocinte en años anteriores, se ha podido comprobar el deterioro continuo de la calidad del agua debida a la presión antrópica a la que está sometida la microcuenca por las diferentes actividades incontroladas que la rodean; por ejemplo, el crecimiento urbano acelerado con una tasa de 3.16 %, y procesos de manufactura agroindustrial.

Según el perfil epidemiológico del país, dentro de las principales causas de mortalidad que afectan a los guatemaltecos se encuentra la diarrea, parasitosis intestinal, amebiasis no especificada, que se relacionan directamente con el agua de consumo humano; estas enfermedades afectan también al municipio de San José Pinula y a las comunidades que se encuentran ubicadas en la microcuenca del Teocinte.

Considerando lo expuesto, se justifica realizar estudios relacionados con el diagnóstico de la situación ambiental de la microcuenca y proponer un plan de saneamiento para mejorar o minimizar los impactos negativos en la calidad del agua.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la contaminación de los afluentes de agua que abastecen la microcuenca del Teocinte, la cual está siendo afectada en su calidad por las descargas de aguas servidas procedente de actividades domesticas, agrícolas e industriales y botaderos clandestinos de desechos sólidos, originando degradación de la calidad del agua limitando su uso, o bien aumentando los costos del tratamiento para su aprovechamiento para abastecimiento del agua. Ante esta problemática, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Será posible que con el análisis de las actividades que se desarrollan en la microcuenca, sus condiciones sanitarias y análisis de parámetros físicos, químicos, y exámenes bacteriológicos de la calidad del agua superficial, se pueda proponer mejoras en el saneamiento que impacten positivamente en la reducción de los diferentes contaminantes y mejoran la calidad de agua del sistema hídrico del río Teocinte ubicado en el municipio de San José Pinula?

HIPÓTESIS

La calidad del agua de los afluentes que alimentan el sistema hídrico del río Teocinte, puede mejorarse a niveles de concentración iguales o menores a los recomendados por “La normativa Europea contra la contaminación, instrucción del consejo de 16 de Junio de 1975 relativa a la calidad requerida a las aguas superficiales destinadas a la producción de agua para la alimentación en los estados miembros (75/440/CEE) de la COMUNIDAD ECONOMICA EUROPEA (CEE) de aguas para utilización de consumo humano”, al implementar la propuesta de saneamiento a nivel de actividades individuales que llega a eficiencias del 93% de remoción de la contaminación de los paramentos indicados para materia orgánica.

OBJETIVOS

GENERAL

- Determinar la carga contaminante de las diferentes opciones para el mejoramiento de la calidad del agua, con el fin de elaborar una propuesta de plan para sanear la microcuenca del Río Teocinte, que incluya el análisis de los recursos financieros de parte de la municipalidad de San José Pinula y la Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA).

ESPECÍFICOS

1. Establecer puntos de monitoreo para la calidad y cantidad del recurso hídrico en los afluentes de la microcuenca.
2. Realizar pruebas de laboratorio para determinar la calidad del agua, utilizando parámetros físicos, químicos y bacteriológicos en período seco de 2005.
3. Realizar aforos en época seca del año de los afluentes de la microcuenca del río Teocinte.
4. Identificar y evaluar las fuentes puntuales de contaminación que afectan la calidad del agua.
5. Proponer el tratamiento de aguas residuales, para lograr una remoción de materia orgánica y sólidos.
6. Elaborar presupuesto de inversión para la ejecución de la propuesta del plan de saneamiento con su respectivo análisis de financiamiento, el mismo compararlo con los costos del tratamiento del agua en la Planta Santa Luisa, cuando se dé inicio el plan de saneamiento.

ALCANCES

Este trabajo está orientado específicamente a realizar el estudio de calidad del agua de la microcuenca del río Teocinte que lo componen los siguientes ríos La Manguita, Las Pilas y San Antonio; dicha investigación se elaboró en el período de noviembre de 2004 a mayo de 2005.

1. ANTECEDENTES

El proyecto Teocinte se inició en 1938, edificando la parte más importante de la obra como la construcción de la presa, y en 1953 se elevó dos metros más, que es la altura de la presa. El objetivo principal del embalse es el abastecimiento de agua de la ciudad de Guatemala (Urrutia 1990). El agua captada en la microcuenca proviene de las fuentes que son el río La Manguita, Las Pilas, y San Antonio, y que se reúnen en el sitio de la presa denominado el Teocinte; de allí se conducen a la planta Santa Luisa para tratar el agua antes de su distribución hacia la ciudad de Guatemala. No se tienen datos de la calidad original del agua que allí se generaba, pero sí se sabe que no era necesario llevarla a un tratamiento previo siendo suficiente la desinfección con cloro, y con respecto a la producción se contaba con el caudal proveniente del río San Antonio, el cual, actualmente, ya no es utilizado, debido a que se encuentra altamente contaminado, perdiendo 64.33 l/s. EMPAGUA cuenta con datos generales con respecto a los ríos que desembocan directamente en la microcuenca del Teocinte, como: aforos, análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, y se ha podido observar los datos obtenidos de que cada uno de sus afluentes con el transcurso de los años su calidad se ha deteriorado.

La Municipalidad de San José Pinula ha realizado ampliaciones de los sistemas de drenajes de aguas residuales por fases en todo el municipio desde el 2002 y proyectados hasta el 2005, y estas aguas son dispuestas a un colector, el cual al final, descarga libremente al río San Antonio sin ningún tratamiento.

En la actualidad, hay estudios sobre el Teocinte a nivel de pregrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala, de los ingenieros civiles, Manuel Enrique Urrutia Medina, de 1970 y de Elmer José Cruz Ambrosio, de 1990.

2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

2.1 Generalidades

A continuación se describe la ubicación geográfica, delimitación de la microcuenca, la que forma parte de la cuenca del río Motagua.

2.1.1 Ubicación geográfica y delimitación de la microcuenca

La microcuenca del río Teocinte está ubicada casi en su mayoría, dentro del municipio de San José Pinula, que se encuentra situado en la parte este del departamento de Guatemala, a unos 22 km de la región I o región metropolitana. Se localiza en la latitud $14^{\circ} 32' 44''$ y en la longitud $90^{\circ} 24' 4''$. Limita al norte con el municipio de Palencia (Guatemala); al sur con el municipio de Santa Rosa de Lima (Santa Rosa); al este con el municipio Mataquescuintla (Jalapa); Y al oeste con los municipios de Fraijanes, Santa Catarina Pinula y Guatemala (Guatemala). La microcuenca cuenta con una extensión territorial de 19.75 km^2 (ver figura 1).

2.1.2 Topografía

Está caracterizado, generalmente, por escarpes, montañosas, valles ondulados y pequeñas áreas planas de suelo, la cual influye en un intenso proceso de erosión, al transporte de materiales que van directamente a sedimentarse a la presa del Teocinte. Su altura promedio considerada es de 1,700 msnm, y su clima es frío.

Por la forma de la topografía de la microcuenca, la pendiente de cada uno de los afluentes se comporta de la siguiente manera.

Tabla I. Cálculo de la pendiente de terreno de cada afluente de la microcuenca del Teocinte.

La Manguita	San Antonio	Las Pilas
$l = 4000 \text{ m}$	$l = 7,750 \text{ m}$	$L = 2,100 \text{ m}$
$h = 1750 - 1620 = 130 \text{ m}$	$h = 1780 - 1620 = 160 \text{ m}$	$h = 1680 - 1620 = 60 \text{ m}$
$m = 130 / 4000 \times 100 = 3.25 \%$	$m = 160 / 7750 \times 100 = 2.06 \%$	$m = 60 / 2,100 \times 100 = 2.86 \%$

Elaboración: propia, mapas cartográficas IGN

2.2 Caracterización de la microcuenca del Teocinte

La microcuenca está constituida por los afluentes que conforman las quebradas y riachuelos que abastecen directamente al embalse del río Teocinte. Esta caracterización se definió por medio de hojas cartográficas y visitas de campo a las diferentes fuentes de abastecimiento tal como aparece en la figura 1, en la que se puede visualizar en forma general los afluentes que conforman el embalse. En la actualidad, el embalse es alimentado únicamente por el nacimiento Las Pilas, que presenta mejores condiciones de calidad y cantidad de agua.

En el caso del río San Antonio, por su alta contaminación se capta y se conduce por medio de un **By-pass** con tubería de concreto de $\varnothing = 20''$ y se descarga después de la presa.

El riachuelo La Manguita es captado por medio de una presa y canalizado por medio de tubería de concreto de $\varnothing = 20''$ a una caja unificadora de caudales; luego es conducido por medio de tuberías directamente hacia la planta de tratamiento Santa Luisa.

Propuesta de Plan de Saneamiento para la Microcuenca del Río Teocinte,
San José Pinula, Guatemala

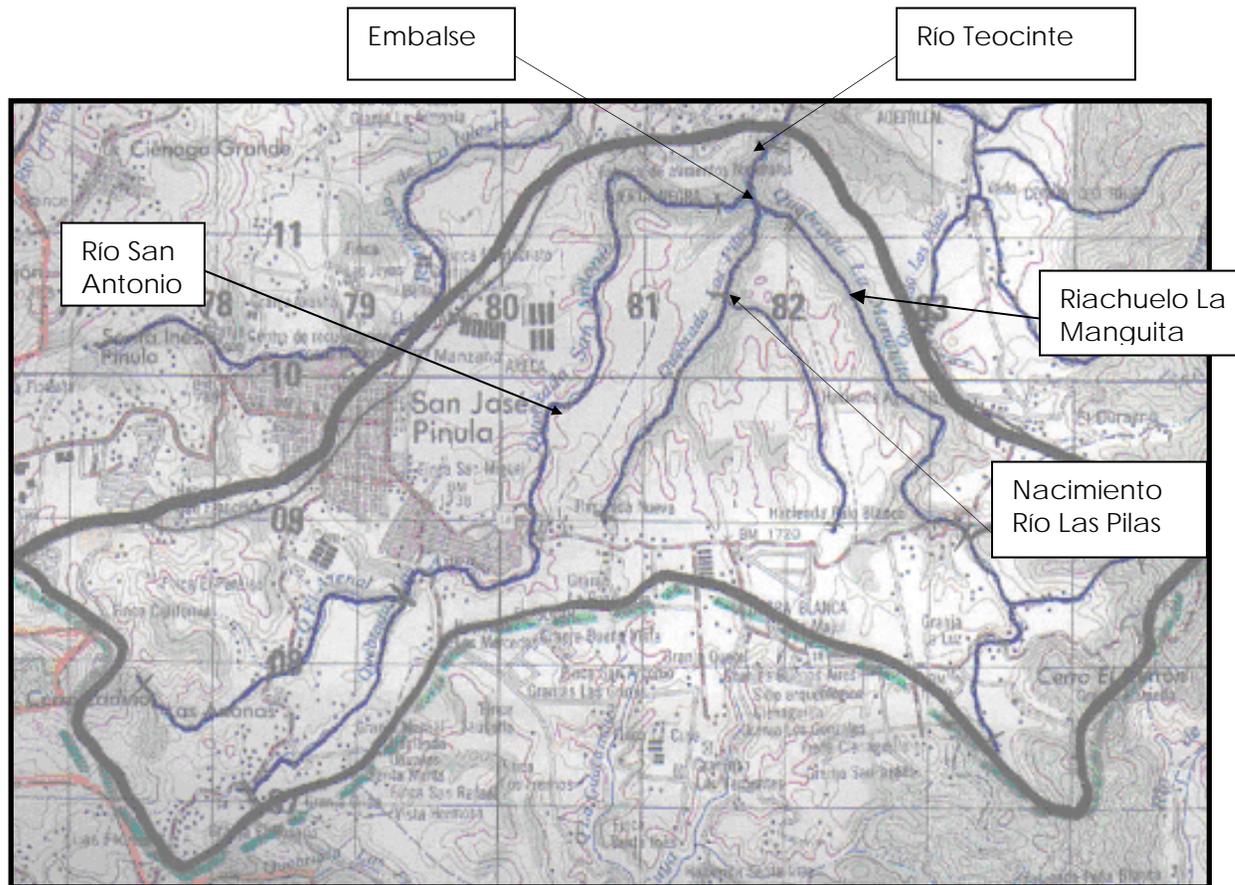


Figura 1. Ubicación de la microcuenca del río Teocinte y los afluentes que alimentan la presa.

2.2.1 Densidad poblacional

La población dentro de la microcuenca fue ubicada conforme a hojas cartográficas que fueron proporcionados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), y datos de censos del Instituto Nacional de Estadística (INE) y el Ministerio de Agricultura (MAGA); estas comunidades se pueden observar en, la tabla II.

Tabla II. Distribución de la población en la microcuenca.

Comunidad	Categoría	Viviendas	Hogares	Habitantes
San José Pinula*	Ciudad	1898	1860	8836
Santa Sofía	Colonia	1316	1171	5784
Las Anonas	Aldea	714	670	3462
Los Manantiales	Colonia	254	179	784
El Matazano	Caserío	142	130	636
Hacienda Nueva	Colonia	142	115	602
Las Flores I	Caserío	23	21	126
Hacienda Nueva 2	Finca	9	9	40
Las Mercedes	Finca	13	6	37
Palo Blanco	Finca	6	6	17
San Miguel	Finca	8	4	12
El Manzano	Finca	25	24	121
Los Claveles	Finca	8	6	33
Nuevo Country Club	Condominio	12	9	58
Total		4,570	4,210	20,982

Fuente: Elaboración propia, XI censo de población, VI de habitación 2002, INE

2.2.2 Servicio de agua potable

La fuente de abastecimiento de agua potable para la cabecera municipal proviene totalmente de pozos mecánicos perforados, los cuales cuentan con equipamiento adecuado para su respectiva desinfección mediante la cloración. En las áreas rurales del municipio, se abastecen por medio de pozos excavados en forma manual.

2.2.3 Servicio de red de alcantarillado sanitario

Actualmente, la Municipalidad de San José Pinula está en un proceso de sustitución de las alcantarillas antiguas por un nuevo sistema, dando mayor cobertura a las zonas que han crecido con el pasar de los años y son descargadas directamente sin tratamiento a un colector que conduce al río San Antonio. En las colonias y condominios que se encuentran fuera del casco urbano la mayoría usan sistemas de inodoros con conexión a fosas sépticas y pozos de absorción.

Las aldeas Las Anonas, Santa Sofía y los Manantiales, cuentan con servicio de alcantarillado, el cual fue financiado por fondos de SEGEPLAN, pero su disposición final se hace sin ningún tratamiento. Por su lado, en el área rural, se utilizan letrinas o pozos ciegos. En la tabla III se puede observar la distribución porcentual de la eliminación de excretas.

Tabla III. Tipo de servicio para eliminación de excretas en la microcuenca.

Eliminación de excretas	%
Inodoro con conexión a red de drenaje	51.39
Inodoro con conexión a fosa séptica	6.38
Excusado lavable	7.89
Letrina o pozo ciego	28.89
Otro tipo	5.45

Fuente: Elaboración propia sobre la base del XI Censo de Población, VI habitación 2002, INE.

2.2.4 Disposición de los desechos sólidos

Las comunidades urbanas, así como las rurales, no cuentan con servicio adecuado para la disposición de los desechos sólidos. La recolección de los desechos sólidos en el área urbana, en su mayoría, es por medio del servicio privado y una parte municipal y en el área rural se quema a cielo abierto. Para la recolección de los desechos sólidos, actualmente se cuenta con servicio municipal del 15.42 % y servicio privado con un 33.87 % el cual su disposición final es transportado hasta el botadero de la zona 3 de la ciudad de Guatemala, y el resto la población la queman en un porcentaje que oscila entre el 35.45 % y la tiran en cualquier lugar, se estima que el 50% de la población utiliza este último método de disposición final.

2.2.4.1 Producción de desechos sólidos por año

Considerando la población actual de la microcuenca y el crecimiento población de la zona se calculó la cantidad de desecho que se produce (BID/OPS 1995) (ver tabla IV).

Tabla IV. Producción ton/año de desechos de la microcuenca

Años	Población inicial	Población final	Producción ton/habitante/año	Producción ton/año
1	18,082.00	18,697	0.25	4,674.20
2	18,697	19,332	0.25	4,833.12
3	19,332	19,990	0.25	4,997.45
4	19,990	20,669	0.25	5,167.36
5	20,669	21,372	0.25	5,343.05
6	21,372	22,099	0.25	5,524.71
7	22,099	22,850	0.25	5,712.55
8	22,850	23,627	0.25	5,906.78
9	23,627	24,430	0.25	6,107.61
10	24,430	25,261	0.25	6,315.27
11	25,261	26,120	0.25	6,529.99
12	26,120	27,008	0.25	6,752.01
13	27,008	27,926	0.25	6,981.58
14	27,926	28,876	0.25	7,218.95
15	28,876	29,858	0.25	7,464.39
16	29,858	30,873	0.25	7,718.18
17	30,873	31,922	0.25	7,980.60
18	31,922	33,008	0.25	8,251.94
19	33,008	34,130	0.25	8,532.51
20	34,130	35,290	0.25	8,822.61
	Promedios	26,167		6,541.74

Fuente: Diagnóstico de la situación del manejo de los desechos sólidos municipales en América Latina y El Caribe.1995.

2.2.5. Uso del suelo

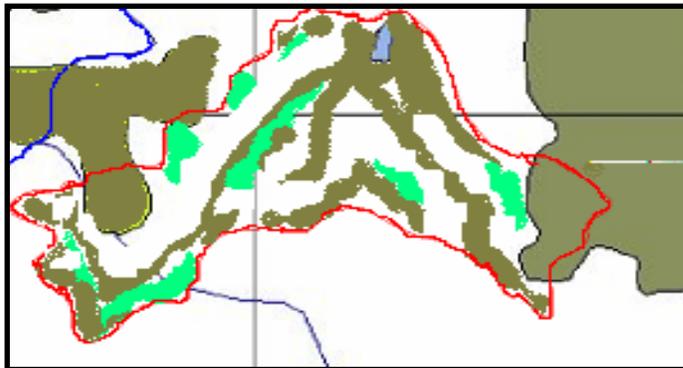
Debido al crecimiento de la población del municipio de San José Pinula, la vegetación original de la microcuenca ha desaparecido con el paso de los años, por lo que la gran mayoría de la superficie está conformada por asentamientos urbanos, con escasa vegetación (ver tabla V y figura 2).

Tabla V. Categorías de cobertura vegetal en el área del municipio y zonas boscosas

Categoría	Área (ha)	% Área
Bosque mixto	575	29.11
Asoc. mixto cultivos	445	22.53
Sin cobertura vegetal	955	48.35

Elaboración: Elaboración propia, mapa base MAGA.

Figura 2. Cobertura vegetal de la microcuenca



Fuente: mapa base MAGA.



2.2.6 Características epidemiológicas

El municipio de San José Pinula presenta el siguiente perfil epidemiológico: 3.22 % de la población infantil menores de 5 años padecen de alguna enfermedad gastrointestinal y la morbilidad es de 6 casos/1000 habitantes. En la población infantil menores de un año, las enfermedades gastrointestinales tiene una tasa de morbilidad es de 56 casos/mil habitantes. Mientras que en la población en general el porcentaje de 17.08% padecen de enfermedades gastrointestinales con una tasa de 56 casos/mil habitantes.

3. DIAGNÓSTICO DE LA MICROCUENCA

Con el fin de estudiar la situación actual de la microcuenca, en lo referente al saneamiento ambiental, se hace un diagnóstico siguiendo la siguiente metodología:

➤ Recopilación de información

La recopilación de información se realizó de dos formas: actividades de gabinete y visitas de campo.

Actividades de gabinete

- Por medio de mapas cartográficos consultados, se procedió a delimitar la microcuenca estableciendo los puntos importantes donde se recopilaron las muestras analizadas en el laboratorio.
- Se consultaron datos importantes de EMPAGUA, Alcaldía de San José Pinula, INE, IGN, MAGA, INSIVUMEH, Ministerios del Ambiente, de Salud, de Educación, Finanzas Publicas, SEGEPLAN, INFOM.
- También, se obtuvo información a través de entrevistas con los funcionarios de las instituciones arriba mencionadas, y entrevistas con técnicos especializados en el tema.

Actividades de campo

Ésta consistió en visitas de observación y recorridos a la microcuenca, entrevistas a los pobladores que habitan en la zona en estudio, toma de muestras insitu de los afluentes y su respectivo aforo en los puntos de monitoreo establecidos.

Las visitas de campo fueron muy importantes, porque de ahí se obtuvo la mayor cantidad de información necesaria para el estudio y se pudo apreciar en forma directa los problemas.

Procesamiento de datos

La información recopilada en la etapa anterior se agrupó y revisó para ser analizada y procesada por medio de software, como: Autocad, Excel, Word, Paint, etc, después simplificarla para una mejor comprensión por medio de fotografías, gráficas, tablas, figuras, y mapas.

3.1 Situación actual de saneamiento

En el recorrido de las fuentes contaminadas, se pudo visualizar que en el transcurso de cuatro kilómetros, se encuentran localizadas las comunidades de Las Anonas, la colonia Santa Sofía, que son las que actualmente están contaminado con aguas residuales de tipo domestico en un 35% aproximadamente, mientras que el 65% proviene de San José Pinula, que es la cabecera municipal; estos datos se consideraron tomando en cuenta las poblaciones de cada comunidad que tributan al río San Antonio y que descargan a los afluentes sin recibir ningún tipo de tratamiento .

3.1.1 Identificación de las fuentes de contaminación

En las visitas de campo que se realizaron en la cuenca se pudieron identificar las siguientes fuentes de contaminación:

3.1.1.1 Fuentes puntuales de contaminación

Las fuentes puntuales de contaminación se determinaron por medio de un recorrido de campo donde se localizaron varias descargas de diferentes tipos y diámetros de tuberías provenientes de fábricas, del casco urbano, granjas avícolas y porcinas, etc. (CEPIS 1999).

Las aguas residuales que se producen en las diferentes comunidades de San José Pinula son las siguientes:

Actualmente, existen tres descargas provenientes de alcantarillas que desembocan directamente a los riachuelos, que luego las conducen hacia el río San Antonio; éstas se localizan en: la colonia Santa Sofía, aldea Las Anonas, Sectores 1, 3 y parte del sector 4 del mismo municipio.

También se pudo observar que existe una descarga que proviene de un rastro que se dedica al destace de ganado ubicado dentro del mismo municipio, que en el transcurso de su recorrido se une con el sistema de las aguas residuales de tipo doméstico llegando a la mismo punto donde caen libremente a la quebrada..

Se observó que las descargas de aguas grises originadas de granjas avícolas, cerdos y de ganado, representan cantidades mínimas, por lo que no fue necesaria su caracterización, ya que se unen al río la Manguita, el cual fue objeto de investigación mediante toma de muestras de análisis de agua. En la figura 3, se ubican los sitios donde se encuentran las principales fuentes de contaminación.

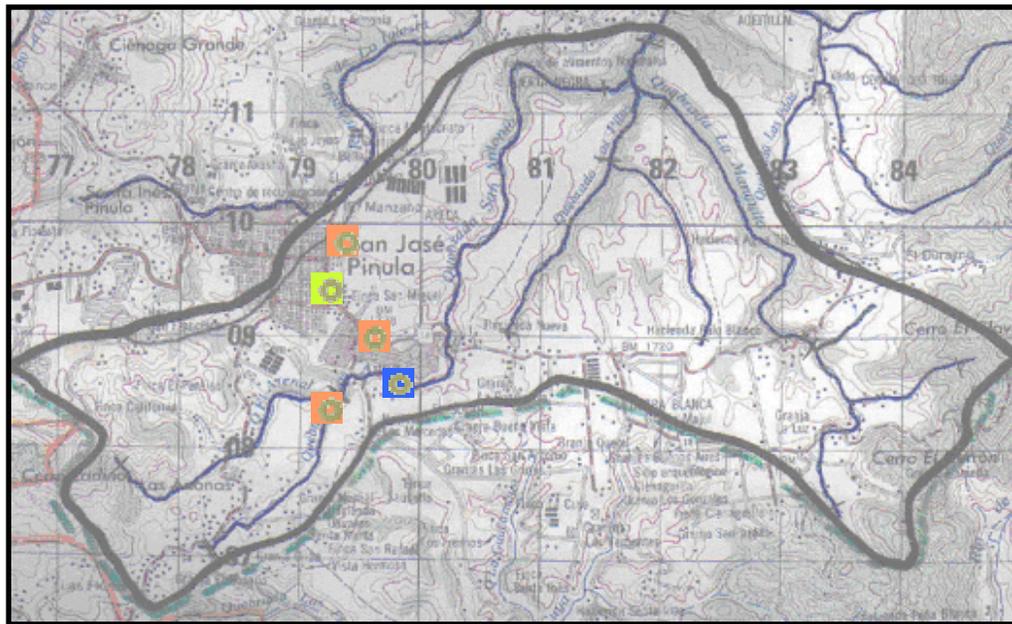


Figura 3. Fuentes de contaminación dentro de la microcuenca del río Teocinte.

-  Aguas residuales domesticas
-  Descarga de aguas rastro de reses, que luego se combina con aguas de origen Doméstico
-  Descarga hacienda de ganado, combinado con aguas de origen doméstico

3.1.1.2 Fuentes dispersas de contaminación

Fuentes dispersas de contaminación son consideradas grandes áreas de terrenos que descargan contaminantes al agua sobre una región extensa. Ejemplo: vertientes de sustancias químicas, tierras de cultivo, lotes para pastar ganado, construcciones, tanques sépticos, etc. (CEPIS 1999). Dada la imposibilidad de cuantificar la carga aportada por el lavado de suelos agrícolas, lixiviados de basuras y otros, debido a que es época seca y no hay escorrentía que arrastré este tipo de contaminante, únicamente se toman en cuenta las descargas de aguas residuales de la población del municipio de San José Pinula.

3.2 Costos de los productos químicos en la planta de tratamiento Santa Luisa

Por la importancia que tiene la fuente de abastecimiento de agua del Teocinte que llega a la planta de tratamiento Santa Luisa, se considera importante el análisis de los gastos por productos químicos para tratar el agua y llevarla a condiciones de potabilidad.

La planta de tratamiento de agua potable Santa Luisa utiliza diariamente químicos para el tratamiento de las aguas provenientes de la presa del Teocinte; éstos tienen un costo y la cantidad utilizada dependen de las características sanitarias que tenga el agua proveniente de la presa, como la turbiedad y la cantidad de bacterias presentes.

Estas características sanitarias del agua varían según la época del año; en invierno hay mayor arrastre de sedimento producto de la deforestación y de tierras sin cobertura vegetal, por lo que el agua se torna mas turbia y contaminada por lo que se deben usar mayor cantidad de químicos, el sulfato de aluminio y el cloro. En la tabla VI, se presentan los gastos en químicos, la producción y el costo que representa por metro cúbico de agua ya tratada de los meses de enero a junio de 2005.

Tabla VI. Costos de químicos para el tratamiento del agua en la Planta Santa Luisa del primer semestre de 2005.

Concepto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Productos químicos (Q)	37,802.92	36,192.50	31,894.72	33,929.46	46,925.80	91,052.82
Producción de agua (m3)	604,274	591,959	489,231	539,748	635,825	711,943
Costo por metro cúbico (Q)	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.13

Fuente: Datos proporcionados por MPAGUA

Estos costos no incluyen gastos administrativos ni el IVA.

3.3 Análisis de la calidad y cantidad del agua

Puntos de muestreo

Se caracterizó el agua por medio de puntos de muestreos establecidos en campo y al mismo tiempo se midieron los caudales de los diferentes afluentes que abastecen el embalse del Teocinte. Se establecieron cuatro puntos de muestreo considerando las siguientes razones:

- En el caso del riachuelo La Manguita, se consideró la mayor concentración de desechos domésticos y sólidos sedimentables, debido a la descarga de aguas residuales provenientes de una hacienda de ganado.
- En el río San Antonio, se consideró que se encuentra la concentración total de la carga contaminante, aportado por la mayor parte de la población del municipio de San José Pinula.
- En el río Las Pilas proviene de diferentes nacimientos donde el agua aún no es explotada ni contaminada por el hombre.
- Embalse de la presa del Teocinte, por ser la captación del agua que va directamente a la planta de tratamiento de agua potable Santa Luisa, zona 16. En la figura 4, se ubica los puntos de muestreo.

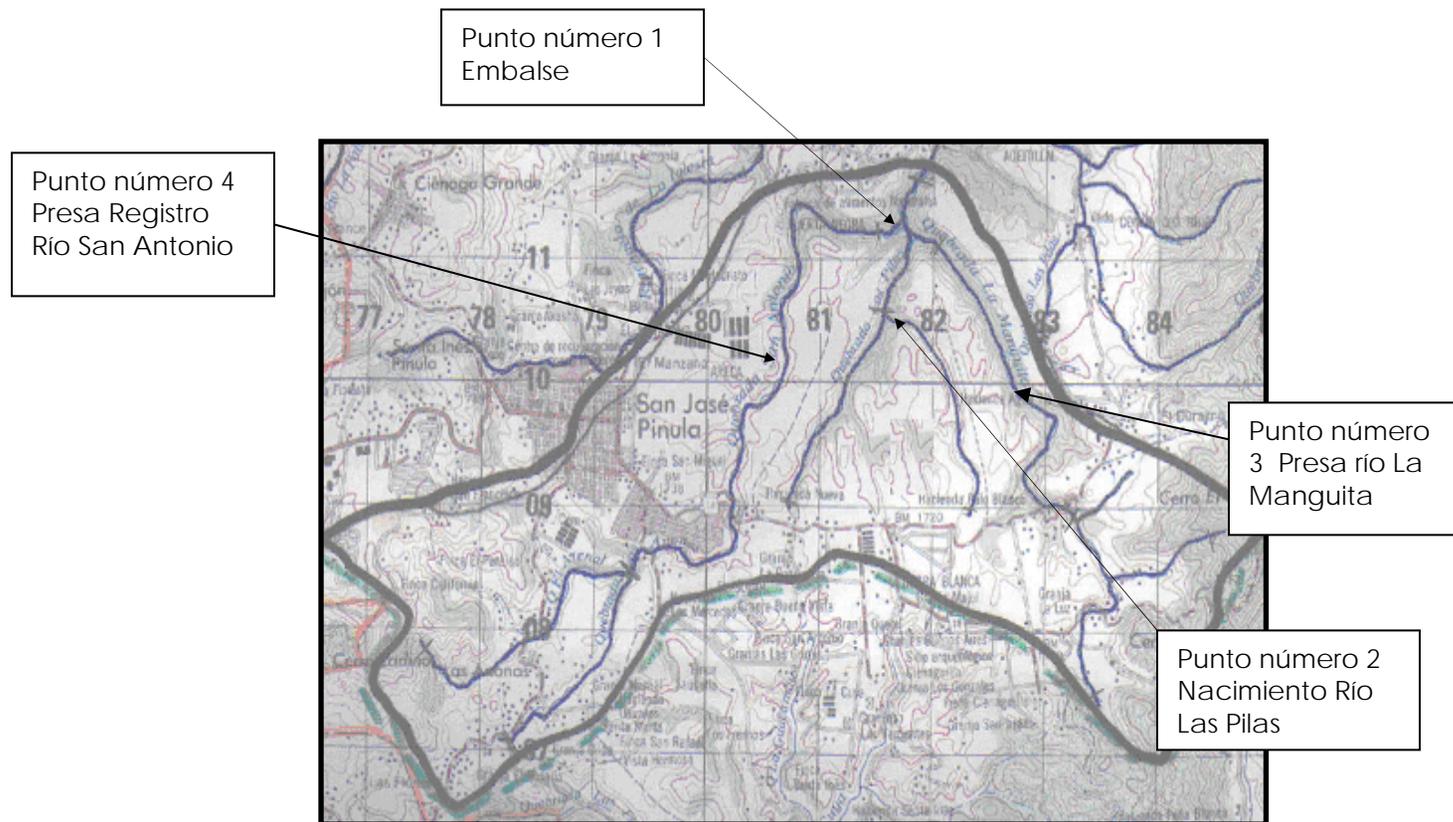


Figura 4. Ubicación de los puntos de monitoreo en la microcuenca de río Teocinte

3.3.1 Número de muestras realizadas

El número de muestreos se determinó utilizando la Normativa Europea contra la Contaminación, instrucción del Consejo de 16 de junio de 1975, relativa a la calidad requerida a las aguas superficiales destinadas a la producción de agua para la alimentación en los estados miembros (75/440/CEE) de la COMUNIDAD ECONOMICA EUROPEA (CEE) de aguas para utilización de consumo humano para el monitoreo de fuentes de agua y análisis de laboratorio. Esta normativa se utiliza para reservorios, embalses o fuentes superficiales de agua, que serán utilizadas para consumo humano con previo tratamiento, se les deben realizar muestreos de cuatro a seis veces por semestre. Considerando lo antes mencionado, se determinó realizar siete muestreos desde noviembre/2004 a mayo de 2005, meses que representan la época seca del año.

Se efectuó la recolección en cada punto establecido; luego fueron transportados al laboratorio unificado de Química y Microbiología Sanitaria de ERIS y de EMPAGUA, Dra. Alba Tabarini, que se ubica en la Ciudad Universitaria zona 12.

3.3.2 Parámetros de calidad del agua

Los parámetros de calidad del agua determinados fueron:

Parámetros físicos

- Sólidos disueltos totales
- Turbiedad
- Conductividad eléctrica
- Potencial de hidrógeno (pH)
- Color
- Temperatura

Parámetros químicos

- Nitratos
- Fosfatos
- Oxígeno disuelto
- Hierro

Parámetros orgánicos

- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

Parámetros microbiológicos

- Coliformes totales
- Coliformes fecales

3.3.2.1 Resultados de los análisis de laboratorio

En las tablas VIII, IX, X, XI, XII, se presentan los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio realizados, como valores máximos, promedio y mínimos de las diferentes fuentes, desde noviembre de 2004 a mayo de 2005. Estos resultados luego se comparan con los parámetros descritos, según la tabla VII utilizando la categoría A2.

Propuesta de Plan de Saneamiento para la Microcuenca del Río Teocinte, San José Pinula, Guatemala

Tabla VII. La Normativa Europea contra la Contaminación, instrucción del Consejo de 16 de junio de 1975 relativa a la calidad requerida a las aguas superficiales destinadas a la producción de agua para la alimentación en los estados miembros (75/440/CEE) de la COMUNIDAD ECONOMICA EUROPEA (CEE) de aguas para utilización de consumo humano.

Parámetro	Unidades	A1	A2	A3
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l			30
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/l	3	5	7
Nitratos	mg/l	25	50	50
Fosfatos	mg/l	0.4	0.7	0.7
PH		6.5 – 8.5	5.5 - 9	5.5 - 9
Conductividad	μS/cm	1000	1000	1000
Hierro	mg/l	0.1	1	1
Tasa de saturación de oxígeno disuelto	% O ₂	70	50	30
Coliformes Fécales	NMP/100 ml	20	2000	20000
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	5000	50000
Color	mg/l			
Turbiedad	mg/l			
	mg/l			
	mg/l			

Fuente: Normativa de fuentes de agua para fines de consumo humano según la CEE

Definición de los procesos de tratamiento tipo que permiten la transformación de las aguas superficiales de las categorías, A1, A2 y A3 en agua para la alimentación.

Categoría A1:

Tratamiento físico simple y desinfección; por ejemplo, filtración rápida y desinfección.

Categoría A2:

Tratamiento normal físico, químico y desinfección, por ejemplo; precoloración, coagulación, floculación, decantación, filtración, y desinfección.

Categoría A3:

Tratamiento avanzado físico, químico, refino y desinfección; por ejemplo, cloración al break point, coagulación, floculación, decantación, filtración, refino (carbono activo) desinfección (ozono, coloración final).

Tabla VIII. Resultados obtenidos de los análisis físicos

LUGAR TOMA DE MUESTRA	FECHA	HORA	TEMPERATURA (° C)	COLOR (UC)	TURBIEDAD (UNT)	pH (U)	CONDUCTIVIDAD (μS/cm)	S.D.T. (mg/ l)
Salida presa San Antonio		09:20 a.m.	18.3	170	20	7.7	356	188.68
Salida presa La Manguita	20/11/2004	10:10 a.m.	17.2	7	2.62	7.06	126.4	67
Nacimiento Las Pilas		11:00 a.m.	19.3	1	0.87	5.95	112.7	59.73
Embalse		11:55 a.m.	20.4	23	23.6	6.92	127	67.31
Salida presa San Antonio		11:25 a.m.	17.6	170	52	7.63	538	285.14
Salida presa La Manguita	24/01/2005	10:20 a.m.	17.9	14	3.51	6.62	137.8	73
Nacimiento Las Pilas		12:00 p.m.	19.7	4	0.91	6.5	114.4	61
Embalse		12:40 p.m.	21.3	44	20.4	7.1	121.9	65
Salida presa San Antonio		10:00 a.m.	22	300	100	7.3	547	280
Salida presa La Manguita	21/02/2005	9:05 a.m.	19.6	16	5.94	7.09	92.9	47
Nacimiento Las Pilas		9:30 a.m.	20.7	1	0.75	6.64	111	56
Embalse		9:50 a.m.	21.6	25	11.8	7.02	121.6	62
Salida presa San Antonio		10:58 a.m.	21	150	112	7.79	448	259
Salida presa La Manguita	27/03/2005	10:40 a.m.	19.5	5	2.58	8.15	115.7	61
Nacimiento Las Pilas		9:55 a.m.	20,4	0	0.56	7.01	110.6	59
Embalse		11:20 a.m.	21.2	26	12.9	7.87	121.7	65
Salida presa San Antonio		11:20 a.m.	22.8	205	81.5	7.59	501	266
Salida presa La Manguita	05/04/2005	10:58 a.m.	20.3	15	2.12	7.75	120.8	64
Nacimiento Las Pilas		10:10 a.m.	21.5	4	0.69	6.83	113.6	60
Embalse		11:03 a.m.	21.6	36	12.9	7.47	122.8	65
Salida presa San Antonio		10:25 a.m.	19.69	68	24.6	7.47	499	265
Salida presa La Manguita	16/05/2005	9:50 a.m.	18.7	12	2.43	7.61	119.5	63
Nacimiento Las Pilas		09:00 a.m.	20.3	1	1.06	6.68	113.6	60
Embalse		10:05 a.m.	22.4	17	8.13	7.45	122.7	65
Salida presa San Antonio		9:00 a.m.	18.2	120	286	7.57	463	246
Salida presa La Manguita	19/05/2005	8:00 a.m.	18.2	50	23.9	7.53	134.8	72
Nacimiento Las Pilas		8:35 a.m.	19.4	9	5.92	6.43	111.8	59
Embalse		8:05 a.m.	19.4	40	17.8	6.82	127.5	68

Tabla XIX. Resultados obtenidos de los análisis químicos y orgánicos

LUGAR TOMA DE MUESTRA	FECHA	NITRATOS (mg/l)	FOSFATOS (mg/l)	Concen. Oxígeno	HIERRO (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)
				Saturación %			
Salida presa San Antonio		23.76	13.5	26.14	2.48	140	185
Salida presa La Manguita		38.72	0.82	43.03	0.19	5	11
Nacimiento Las Pilas	20/11/2004	18.4	0.96	40.04	0.05	3	9
Embalse		37.75	0.41	25.78	0.62	10	19
Salida presa San Antonio		24.2	9.5	26.88	1.62	150	250
Salida presa La Manguita		1.32	0.98	43.03	0.13	2.88	8
Nacimiento Las Pilas	24/01/2005	0.88	0.69	36.42	0.03	0.94	5
Embalse		5.72	0.35	30.39	0.52	5.49	8
Salida presa San Antonio		28.6	10.75	19.04	2.81	145	265
Salida presa La Manguita		6.6	0.37	37.52	0.5	1	4
Nacimiento Las Pilas	27/03/2005	10.12	0.84	38.07	0.2	2	6
Embalse		28.6	1.8	37.05	0.63	6.4	20
Salida presa San Antonio		29.4	9	36.42	1.72	138	171
Salida presa La Manguita		2.4	1.3	45.53	0.12	2.3	3
Nacimiento Las Pilas	21/02/2005	2.7	0.4	43.66	0.03	2.4	0
Embalse		15.4	1.95	58.95	0.42	16.2	17
Salida presa San Antonio		28.23	8.25	43.12	1.75	143	222
Salida presa La Manguita		3.5	0.79	42.35	0.1	2.2	17
Nacimiento Las Pilas	05/04/2005	2.7	0.62	43.58	0.07	2.1	11
Embalse		25	0.3	55.17	0.21	21.4	43
Salida presa San Antonio		22	6	39.49	2.75	145	170
Salida presa La Manguita		4.4	*	69.80	0.12	6.4	14
Nacimiento Las Pilas	16/05/2005	3.08	*	50.14	0.01	2.6	12
Embalse		8.8	*	62.51	0.25	11	27
Salida presa San Antonio		44	*	45.90	1.63	155	208
Salida presa La Manguita		12.76	*	16.68	0.38	6	15
Nacimiento Las Pilas	19/05/2005	12.32	*	55.67	0.05	2.2	3
Embalse		11.44	*	46.53	0.47	15	33

* Nota: No se realizaron análisis de fosfatos

Tabla X. Resultados obtenidos de los análisis bacteriológicos

LUGAR TOMA DE MUESTRA	FECHA	COLIFORMES (NMP /cm ³)	
		TOTALES	FECALES
Salida presa San Antonio		240000	24890
Salida presa La Manguita	20/11/2004	2419	104.7
Nacimiento Las Pilas		2419	24.7
Embalse		2419	2419.6
Salida presa San Antonio		240000	24890
Salida presa La Manguita	24/01/2005	2419	83.6
Nacimiento Las Pilas		2419	30.9
Embalse		2419	1600
Salida presa San Antonio		240000	24890
Salida presa La Manguita	21/02/2005	2419	70.3
Nacimiento Las Pilas		2419	88.2
Embalse		2419	1200
Salida presa San Antonio		240000	24890
Salida presa La Manguita	27/03/2005	2419	90.6
Nacimiento Las Pilas		2419	4.1
Embalse		2419	1000
Salida presa San Antonio		240000	17900
Salida presa La Manguita	05/04/2005	2419	325.5
Nacimiento Las Pilas		2419	6.3
Embalse		2419	640
Salida presa San Antonio		240000	2419
Salida presa La Manguita	16/05/2005	2419	105
Nacimiento Las Pilas		2419	39.8
Embalse		140000	39000
Salida presa San Antonio		240000	2419
Salida presa La Manguita	19/05/2005	2419	640.5
Nacimiento Las Pilas		2419	207
Embalse		240000	55040

Tabla XI. Resultados máximo, promedio y mínimo, de parámetros químicos, orgánicos y bacteriológicos.

TOMA DE MUESTRA	CONCENTRACIÓN	NITRATOS mg/l	FOSFATOS mg/l	% DE SATURACIÓN OXÍGENO mg/l	HIERRO mg/l	DBO5 mg/l	DQO mg/l	C.TOTALES NMP /cm ³	C.FECALES NMP /cm ³
Salida presa San Antonio	MÁX.	44.00	13.50	45.90	2.81	155.00	265.00	240000	24890
	MEDIO	28.23	9.25	36.42	1.75	145.14	210.14	240000	24890
	MÍN.	22.00	6.00	19.04	1.62	138.00	170.00	240000	2419
Salida presa La Manguita	MÁX.	38.72	1.30	69.80	0.50	6.40	17.00	2419	640.5
	MEDIO	4.40	0.82	43.03	0.13	3.68	10.29	2419	104.7
	MÍN.	1.32	0.37	37.52	0.10	1.00	3.00	2419	70.3
Nacimiento Las Pilas	MÁX.	18.40	0.96	50.14	0.20	3.00	12.00	2419	207
	MEDIO	3.08	0.69	41.91	0.05	2.18	7.29	2419	30.9
	MÍN.	0.88	0.40	36.42	0.01	0.94	3.00	2419	4.1
Embalse	MÁX.	37.75	1.95	62.51	0.63	21.40	43.00	240000	55040
	MEDIO	15.40	0.41	37.05	0.47	12.21	23.86	2419	1600
	MÍN.	5.72	0.30	16.02	0.21	5.49	8.00	2419	640

Tabla XII. Resultados Máximo, promedio y mínimo, de parámetros físicos

TOMA DE MUESTRA	CONCENTRACIONES	TEMP. C	COLOR (UC)	TURBIEDAD (UNT)	Ph (U)	CONDUCT. (mS/cm)	S.D.T. mg/l
Salida presa San Antonio	MÁX.	22.8	300	286	7.79	547	285.14
	MEDIO	19.69	170	81.5	7.59	499	265
	MÍN.	17.6	68	20	7.3	356	188.68
Salida presa La Manguita	MÁX.	20.3	50	23.9	8.15	137.8	73
	MEDIO	18.7	14	2.62	7.53	120.8	64
	MÍN.	17.2	5	2.12	6.62	92.9	47
Nacimiento Las Pilas	MÁX.	21.5	9	5.92	7.01	114.4	61
	MEDIO	20	1	0.87	6.64	112.7	59.73
	MÍN.	19.3	0	0.56	5.95	110.6	56
Embalse	MÁX.	22.4	44	23.6	7.87	127.5	68
	MEDIO	21.3	26	12.9	7.1	122.7	65
	MÍN.	19.4	17	8.13	6.82	121.6	62

Gráficas obtenidas de los análisis de laboratorio

A continuación se presentan las graficas según los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de las fuentes en estudio y su comparación con los límites máximos permisibles, según las normativas (CEE 1975)

Parámetros orgánicos DBO₅ y DQO

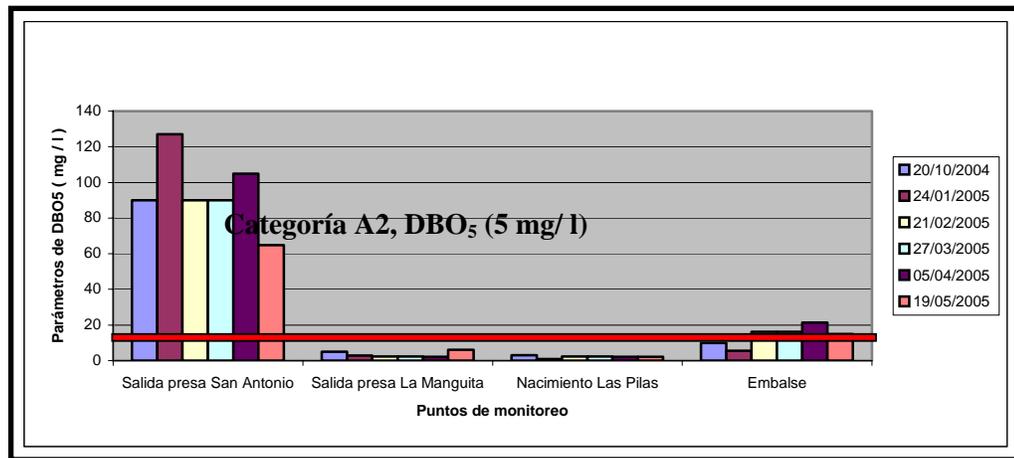


Figura 5. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

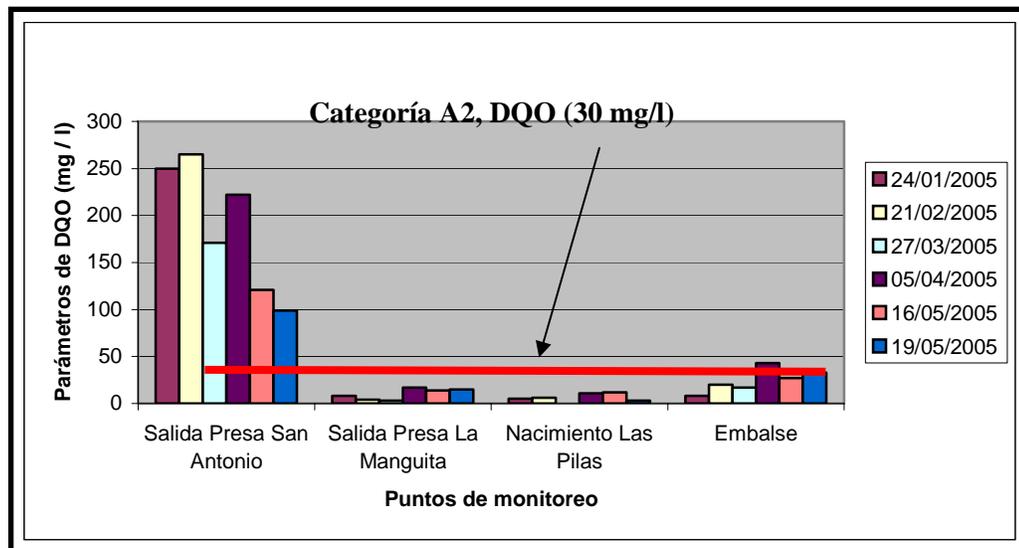


Figura 6. Demanda química de oxígeno (DQO)

Parámetros químicos

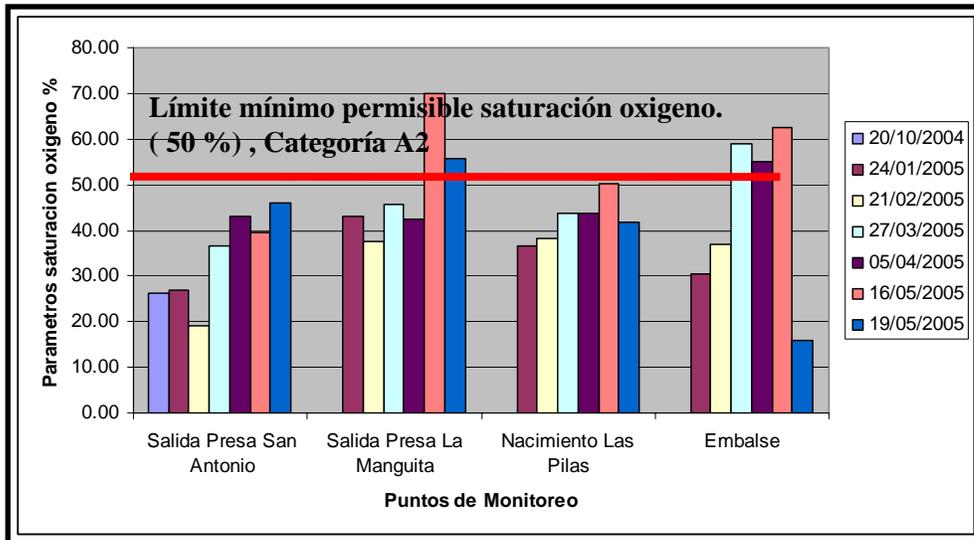


Figura 7. Oxígeno disuelto

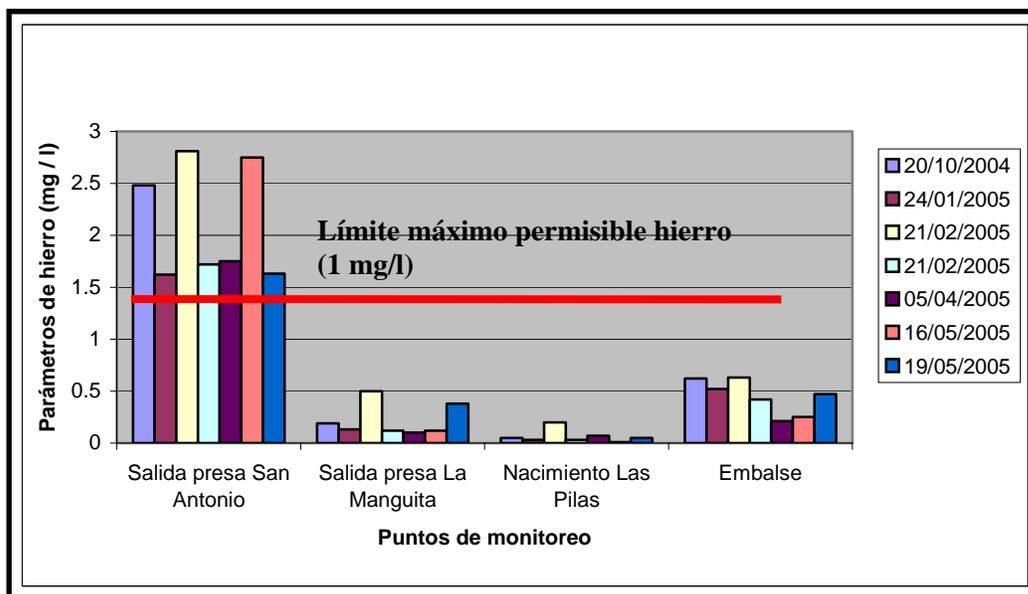


Figura 8. Hierro

Límite máximo permisible nitratos (50.00 mg/l)

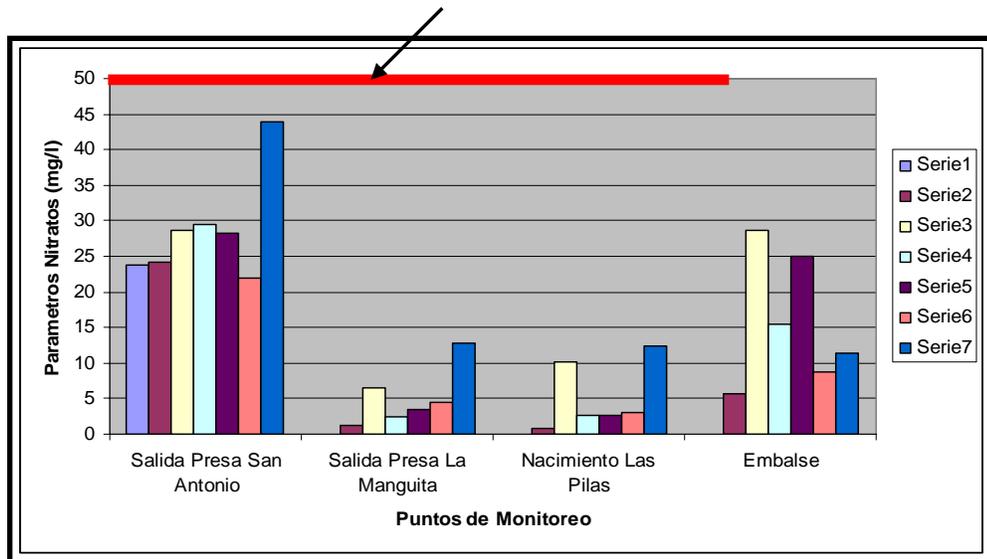


Figura 9. Nitratos

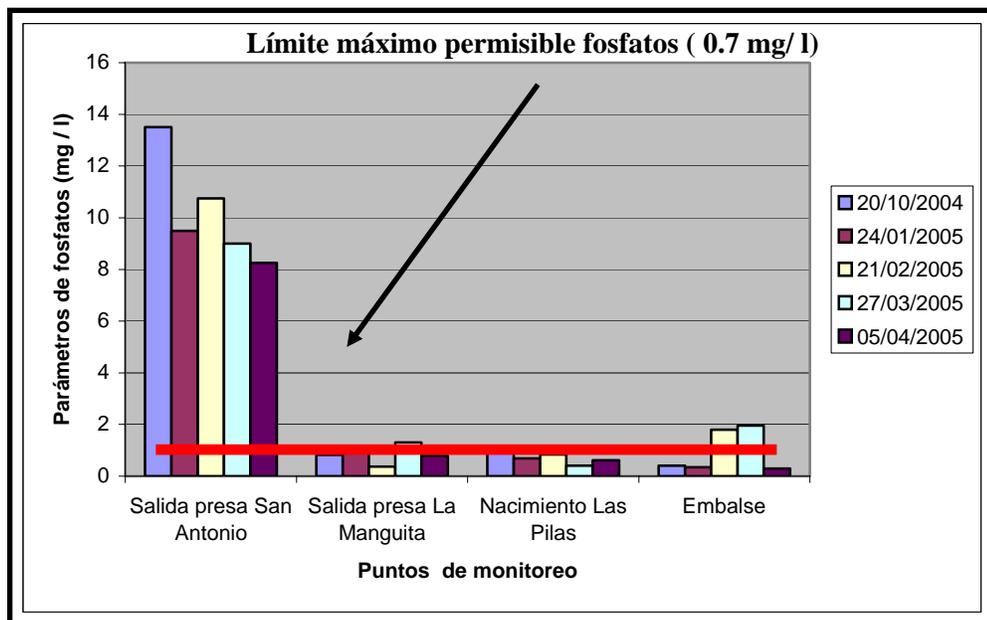


Figura 10. Fosfatos

Parámetros físicos

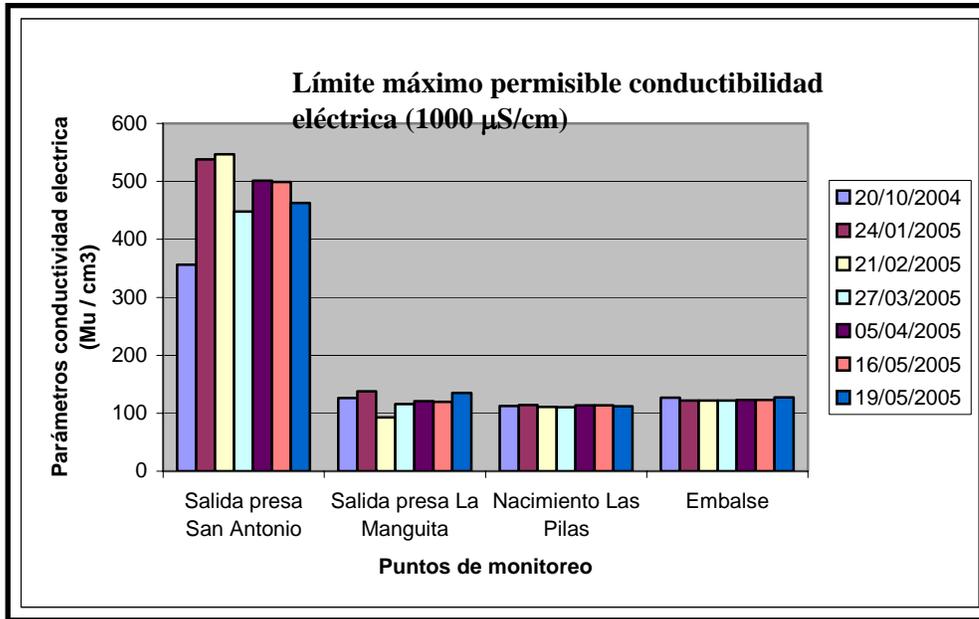


Figura 11. Conductividad eléctrica

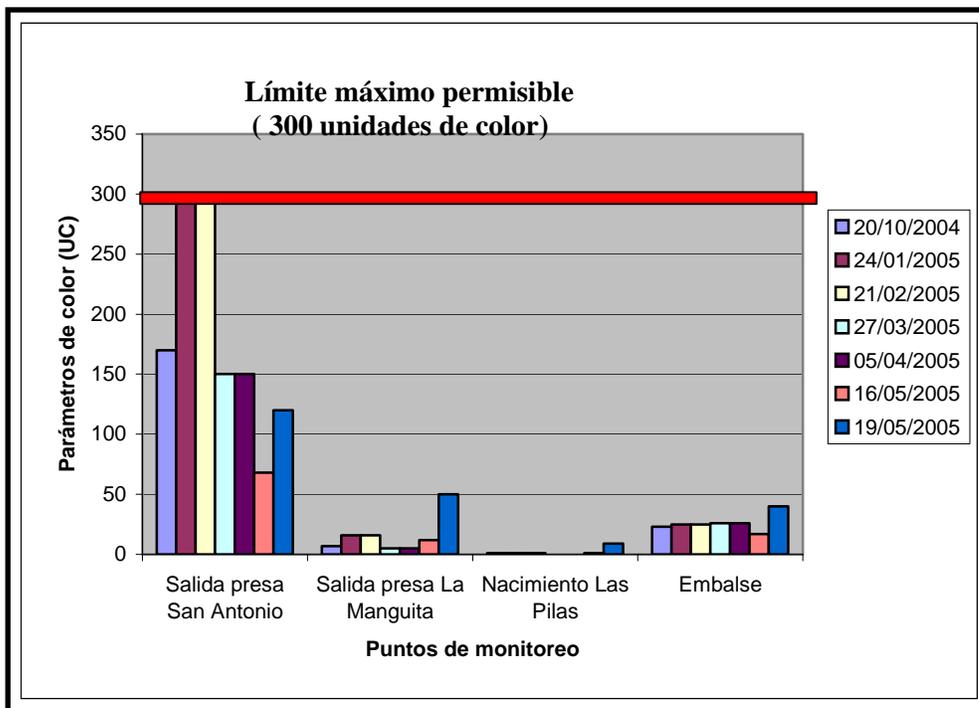


Figura 12. Color

Parámetros bacteriológicos

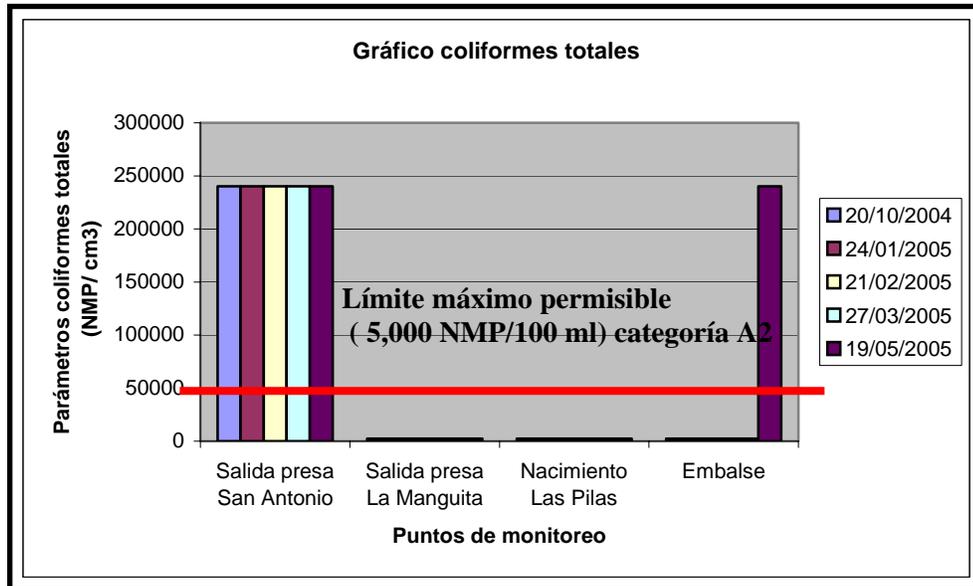


Figura 13. Coliformes totales

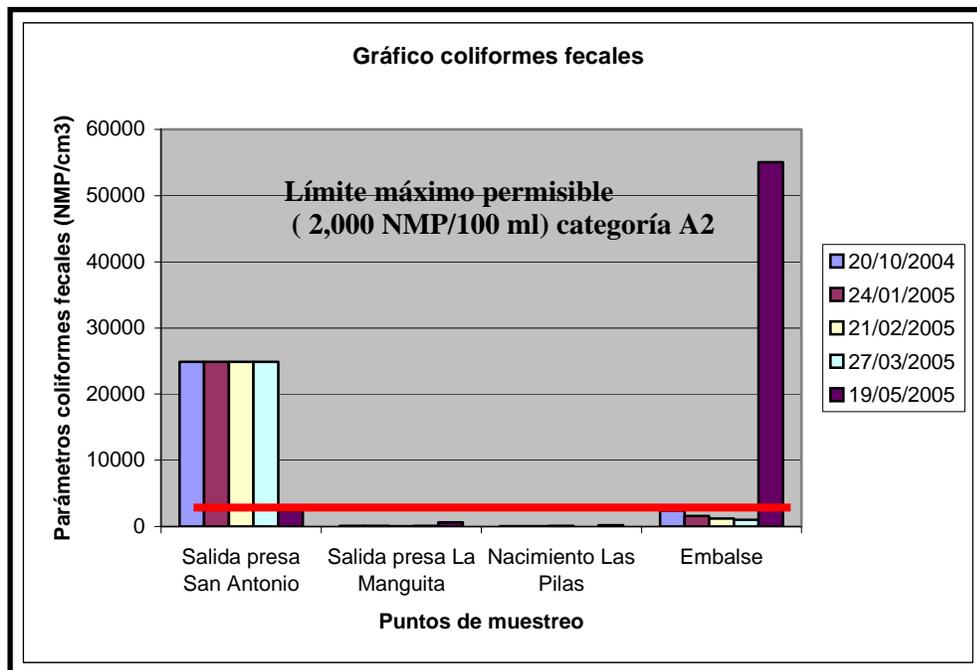


Figura 14. Coliformes fecales

3.3.3 Determinación de caudales

Para la realización y determinación de la cantidad de aforos como de muestreos, en el mismo sitio donde se tomaron las respectivas muestras para el análisis de agua, se hizo uso de varios métodos como: molinete, volumétrico, vertedero y flotador.

En la Tabla XIII se pueden ver los resultados obtenidos de los aforos y su respectivo promedio por cada fuente, realizados en la misma fecha y punto de las tomas de muestra para el laboratorio.

Tabla XIII. Caudales de los afluentes

Sitio de aforos	Fechas de aforo							Prom. (l/s)	Mín. (l/s)	Máx. (l/s)
	20/10/04	24/01/05	21/02/05	27/03/05	05/04/05	16/05/05	19/05/05			
San Antonio	61	58	57.8	65.41	53.53	69.35	85.2	64.33	53.53	82.20
La Manguita	29.2	23.2	21.8	16	15.98	16.22	25.91	21.19	15.98	29.20
Las Pilas	82.5	83.9	98.3	94	88.6	86.33	110.36	92	82.55	110.36

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica de caudales obtenidos durante la época de monitoreo, que corresponde a octubre/2004 a mayo/2005, se puede observar que el nacimiento de Las Pilas es el que posee mayor caudal, seguido por el río San Antonio.

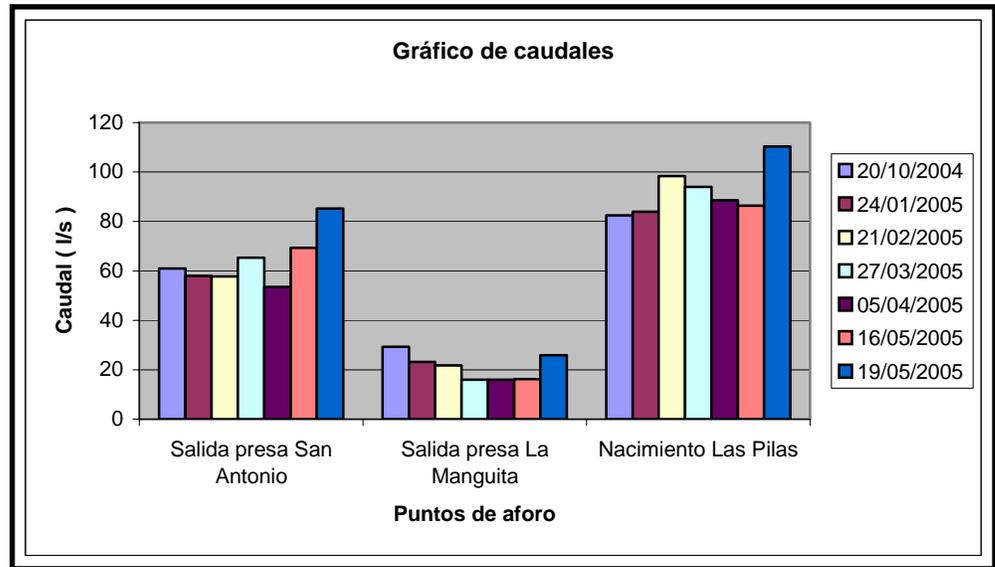


Figura 15. Gráfica de caudales de los afluentes de la microcuenca del Teocinte

3.3.4 Determinación de carga contaminante

Con el caudal y las concentraciones encontradas en el laboratorio, se calculó la carga contaminante en toneladas por año de materia orgánica proveniente de la población del municipio de San José Pinula; esto se realizó con base en los diferentes puntos seleccionados para luego sumarlos, y se encontró la carga total de la cuenca. Con este resultado se pudo saber hasta qué porcentaje de eficiencia debería tener una planta de tratamiento de aguas residuales para que las fuentes puedan ser consideradas aptas para el tratamiento de agua potable para que después ser utilizadas para fines de consumo humano.

En las tablas XIV, XV XVI, que a continuación se presentan, se pueden establecer las cargas contaminantes mínimas, máximas y promedio, con su respectivo peso, en el deterioro de la calidad del agua de los diferentes afluentes, a fin de establecer el tipo de tratamiento.

Tabla XIV. Cargas contaminantes de DBO₅ y DQO promedio y su peso en los afluentes

Punto	DBO5 Prom. mg/l	DQO Prom. mg/l	Relación DBO ₅ /DQO	Promo. l/s.	Carga contaminante DBO ₅		Carga contaminante DQO	
					Carga DBO ₅ t/día	Peso %	Carga DQO t/día	Peso %
Río San Antonio	145.14	210.14	0.69	64.33	293.54	97.11	425.00	93.83
Río la Manguita	3.68	10.29	0.36	21.19	6.74	0.81	6.85	1.51
Río las Pilas	2.18	7.69	0.30	92.00	17.31	2.08	21.07	4.65
Total					302.29	100.00	452.93	100.00

Tabla XV. Cargas contaminantes de DBO₅ y DQO máxima y su peso en los afluentes

Punto	DBO5 Máx. mg/l	DQO Máx. mg/l	Relación DBO ₅ /DQO	Q Máx. l/s	Carga contaminante DBO ₅		Carga contaminante DQO	
					Carga DBO ₅ t/año	Peso %	Carga DQO t/año	Peso %
Río San Antonio	155.00	265.00	0.58	85.20	415.20	96.23	709.85	92.54
Río la Manguita	6.40	17.00	0.38	29.20	5.88	1.36	15.61	2.03
Río las Pilas	3.00	12.00	0.25	110.36	10.41	2.41	41.64	5.43
Total					431.48	100.00	767.10	100.00

Tabla XVI. Cargas contaminantes de DBO₅ y DQO mínima y su peso en los afluentes

Punto	DBO5 Mín. mg/l	DQOMin. mg/l	Relación DBO5/DQO	QMin. l/s	Carga contaminante DBO5		Carga contaminante DQO	
					Carga DBO5 t/año	Peso %	Carga DQO t/año	Peso %
Río San Antonio	138.00	170.00	0.81	53.53	232.25	98.75	286.11	96.86
Río la Manguita	1.00	3.00	0.33	15.98	0.50	0.21	1.51	0.51
Río las Pilas	0.94	3.00	0.31	82.50	2.44	1.04	7.78	2.63
Total					235.19	100.00	295.40	100.00

A partir de las tablas anteriores, se graficaron los valores de carga contaminante de la DQO y DBO5, considerando los niveles máximos y mínimos y se presentan a continuación.

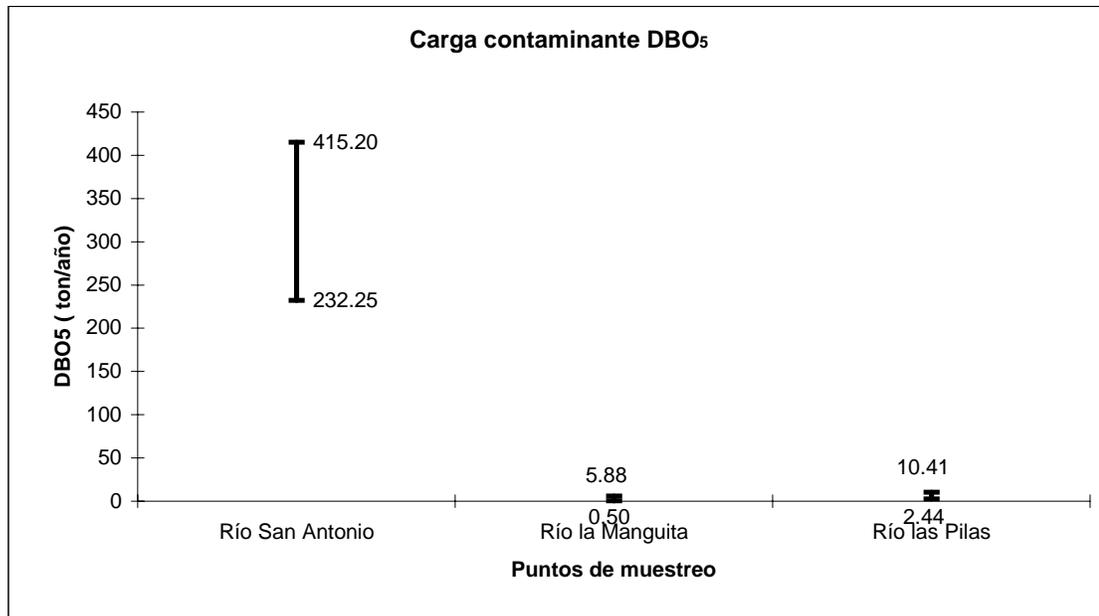


Figura 16. Carga en peso de la DBO₅

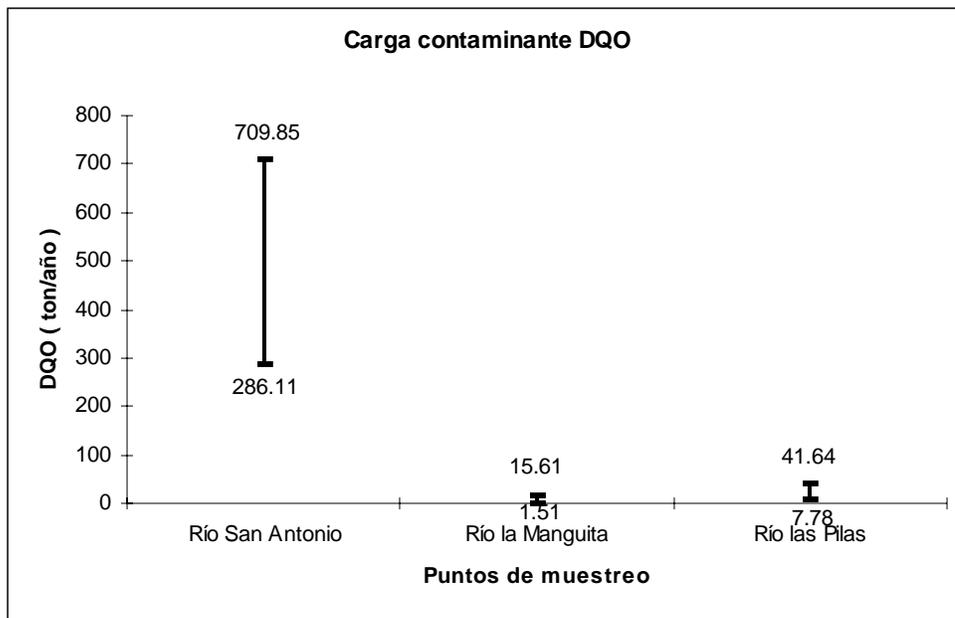


Figura 17. Carga en peso de la DQO

3.4 Discusión de resultados obtenidos de las muestras analizadas en el laboratorio

Los resultados obtenidos se compararon con la “Normativa Europea contra la Contaminación instrucción del consejo de 16 de Junio de 1975 relativa a la calidad requerida a las aguas superficiales destinadas a la producción de agua para la alimentación en los estados miembros (75/440/CEE)” de la COMUNIDAD ECONOMICA EUROPEA CEE de aguas para utilización de consumo humano para los parámetros físicos químicos, orgánicos y bacteriológicos, ver tabla VII. Ésta fue utilizada porque en Guatemala no existe este tipo de normas.

La categoría A1 no se tomó en cuenta para el propósito de este estudio, porque la planta a la que llega el agua no es de tratamiento físico simple, y sí es aplicable a los criterios de A2 y A3 por las siguientes razones: la planta Santa Luisa que trata el agua proveniente de la microcuenca cuenta con las siguientes unidades de tratamiento: precoloración, coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección.

3.4.1 Parámetros físicos

El valor del color en los nacimientos del río Las Pilas oscila entre 0 y 9 unidades de color; La Manguita, de 5 a 15 unidades de color; en el embalse de 8 y 23 unidades de color, mientras que en el punto de muestreo del río San Antonio fue de 23 y 300 unidades de color.

El potencial de hidrogeno en todos los puntos analizados oscila entre 6.0 y 8.0 unidades de p.H.

Los sólidos disueltos totales en los nacimientos del río Las Pilas oscila entre 59 y 65 mg/l; el río La Manguita, entre 47 y 59 mg/l; en el punto de muestreo de la presa es de 41 y 68 mg/l, y el embalse de 188.68 a 285.14 mg/l.

De acuerdo con las normas CEE, 1975, el color, el potencial de hidrógeno cumple con el límite máximo permisible esta en un rango de 5.5 – 9.0 unidades de pH, los sólidos disueltos totales no está en las normas, pero sí comparara con la usada en Guatemala el valor de concentración es menor que el límite máximo permisible, que es 1,5000 mg/l .

La conductividad eléctrica de las fuentes analizadas oscila entre 110.6 y 547 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo el máximo permisible 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por lo que también cumple con las normas.

3.4.2 Parámetros químicos y orgánicos

Los **nitratos**: se observa que en los nacimientos del río Las Pilas oscilan entre 0.88 y 12, y el río la Manguita oscila entre 1.32 y 38 mg/l; en el embalse fue de 5.72 y 37.75 mg/l; en el punto de muestreo del río San Antonio es de 22 y 44 mg/l.

Los **fosfatos**: se observa que en los nacimientos del río Las Pilas oscilan entre 0.4 y 0.96 mg/l, y el río la Manguita oscila entre 0.37 y 0.98 mg/l, en el embalse fue de 1.46 y 5.45 mg/l; en el punto de muestreo del río San Antonio es de 9 y 13.5 mg/l.

La saturación de **oxígeno**: se observa que en los nacimientos del río Las Pilas oscilan entre 36.22 y 50.14 %; en el río la Manguita oscila entre 37.52 y 69.80 %; en el embalse fue de 16.32 y 62.51 %; en el punto de muestreo del río San Antonio fue de 19.04 y 45.90 %. Este se calculó considerando la presión barométrica a nivel del mar con respecto a la altura de la ciudad de Guatemala.

El **hierro** se observa que en los nacimientos del río Las Pilas oscilan entre 0.01 y 0.2 mg/l; el río la Manguita entre 0.1 y 0.5 mg/l; en el embalse es de 0.21 y 0.63 mg/l; en el punto de muestreo del río San Antonio es de 1.62 y 2.81 mg/l.

La demanda bioquímica de oxígeno: obtenida en los nacimientos del río Las Pilas oscila entre 0.94 y 3 mg/l; el río la Manguita entre 1 y 6 mg/l; en el embalse fue de 5.49 y 21.4 mg/l; en el punto de muestreo del río San Antonio fue de 56 y 127 mg/l.

Demanda química de oxígeno: se puede observar que en los nacimientos del río Las Pilas oscilan entre 0 y 12 mg/l; en el río la Manguita oscila entre 3 y 17 mg/l; en el embalse fue de 8 y 33 mg/l; en el punto de muestreo del río San Antonio fue de 99 y 265 mg/l.

En estos análisis, se puede deducir que la mayor concentración de contaminantes se encuentra en el Río San Antonio, ya que los parámetros orgánicos, de la DBO_5 , sobrepasan los límites permisibles que son de 7 mg/l para la categoría A3 y 5 ml/l; para la categoría A2; mientras tanto, el porcentaje de saturación de oxígeno usando la categoría A2 (50%), todos exceptuando el río San Antonio, superan el límite mínimo permitido, no así los valores promedio y mínimo en el embalse que están abajo del mínimo por lo tanto aunque tiene mayor dilución siempre tiende a aumentar los contaminantes.

También se pudo observar la disminución de concentración en el último análisis debido a que hubo dilución, ya que el caudal de los ríos aumentó con la llegada del invierno, a comparación del embalse no hubo variación debido a la concentración de los sedimentos y contaminantes.

Con lo que respecta a la carga contaminante, la mayor concentración de DBO_5 es la obtenida en el Río San Antonio, ya que representa un promedio 93.26 % de la contaminación total y en época seca cuando se presenta el caudal mínimo aumenta a 94.72%, seguida por el nacimiento Las pilas, aunque no recibe aguas residuales tiene un aporte mínimo y no afecta su tratamiento para poder ser utilizado para consumo humano.

En cuanto al río La Manguita, su aporte a la contaminación también es mínima, debido a que aguas arriba proviene de un lugar poco intervenido por el ser humano y el área presenta buena cobertura vegetal.

Considerando que el río San Antonio es el más contaminado de los afluentes y que la relación DBO_5/DQO es mayor de 0.40, se puede decir que es altamente biodegradable, por lo que justifica utilizar tratamientos biológicos para el mejoramiento de la calidad del agua.

3.4.3 Parámetros bacteriológicos

En los resultados de los análisis bacteriológicos para **coliformes totales** realizados en la época seca para el nacimiento del río Las Pilas y el río La Manguita fueron de 2419 NMP/100cm³ por lo que el rango se mantuvo para ambos en todos los muestreos. En el punto del embalse fue de 2419 y 24.0X10⁴ NMP/100cm³, en el río San Antonio fue de 2419 a 24.0X10⁴ NMP/100cm³.

En los resultados de los análisis bacteriológicos para **coliformes fecales** realizados en la misma época seca hay un máximo observado en los nacimientos del río Las Pilas de 207 NMP/100cm³ y un mínimo de 6.3 NMP/100cm³, en el río La Manguita oscila entre 640.5 NMP/100cm³ y 70.3 NMP/100cm³, en el embalse fue de 55.0 X 10³ NMP/100cm³ y un mínimo de 640 NMP/100cm³, en el punto de muestreo del río San Antonio fue de 17.9 X10³ NMP/100cm³ y un máximo de 24.00 X 10⁴ NMP/100cm³.

En los resultados obtenidos de las fuentes analizadas, comparándolas con las normativas CCE 1975, tanto el río San Antonio como el embalse presentan datos arriba de lo establecido para coliformes totales y fecales, tanto utilizando la categoría A2 así como también la A3.

En general, el comportamiento de los efluentes en relación a las normas, el que tiene mayor problema y que necesita atención por la fuerte contaminación es el río San Antonio ya que en casi todos los parámetros están fuera de las normas, seguida por el embalse en lo que respecta a los parámetros bacteriológicos. En lo referente al porcentaje oxígeno de saturación y la DBO₅, cumple en la mayoría de los casos utilizando la categoría A3, pero en este caso el agua necesitaría un tratamiento especial que no lo tiene la planta de tratamiento Santa Luisa como ser la cloración al **break point**, el refino (carbón activado) y desinfección con ozono.

4. PROPUESTA DE SANEAMIENTO

A continuación se presentan las alternativas para el mejoramiento de la calidad del agua para la microcuenca del río Teocinte, considerando las actividades siguientes: aguas residuales, desechos sólidos y reforestación.

4.1 Aguas residuales

En la propuesta, se consideró la construcción de tres plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo domestico para la microcuenca; la primera planta se propone a ser ubicada en la descarga del municipio de San José Pinula, ésta actualmente desemboca directamente hacia el río San Antonio.

Para la construcción de las plantas de tratamientos en los puntos 2 y 3, se tomó en cuenta la topografía del terreno y la distancia entre ellas, ya que es más costoso la construcción de los drenajes para unificarlos en un solo punto que la construcción de las plantas. En la figura 18, se muestran los lugares apropiados para la construcción de las plantas de tratamiento considerando la topografía del lugar y las descargas que actualmente existen en cada punto.

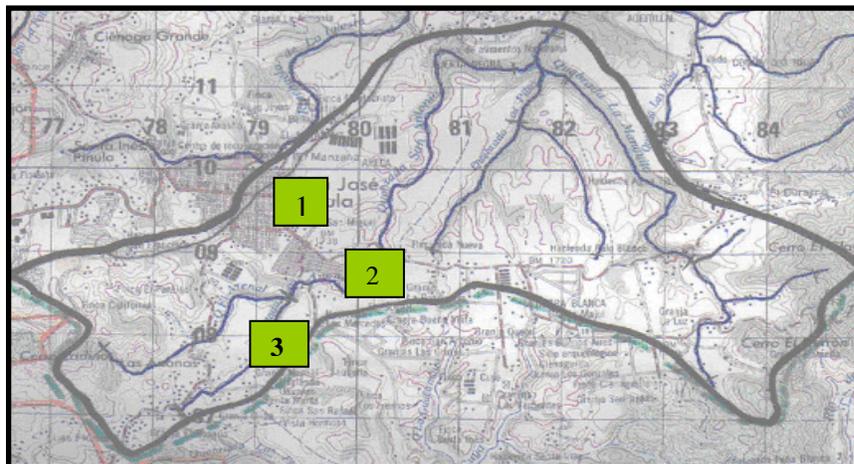


Figura 18. Ubicación de las plantas de tratamiento propuesto para la microcuenca.

Punto No. 1: en este punto, actualmente existe una descarga de aguas residuales proveniente del casco urbano del municipio de San José Pinula, y en el cual también se une otra de un sector de la colonia Santa Sofía.

Punto No. 2: en este punto, se recomienda unificar las aguas residuales por medio de un colector de aguas negras para luego hacer una sola descarga y así poder captar el caudal restante de la colonia Santa Sofía ya que cierto porcentaje va hacia el punto número 1 debido a situaciones topográficas del terreno.

Punto No. 3: en este sector, actualmente las aguas residuales drenan a flor de tierra, por lo que se recomienda realizar las respectivas alcantarillas para la construcción de la planta de tratamiento propuesto para el sector cantón Las Anonas.

Desde el punto de vista del rango de aplicación de los diversos tipos de tratamiento, es necesario determinar el caudal de la población en general conforme a las aguas residuales que se generan por medio de la siguiente formula.

$$Q_{AR} = \frac{Dot_{A.P.} \times Fr \times Pob.}{86,400} \quad Pob. = \frac{Q_{AR} \times 86,400}{Dot_{A.P.} \times Fr} \quad (1)$$

en donde:

Q_{AR} = Caudal de aguas residuales (Litros / segundos)

$Dot_{A.P.}$ = Dotación de agua potable a la población (l/habitante/día)

Fr = Factor de retorno.

Si se asume una dotación de 200 l/habitante/día (las descargas provenientes del área urbana del municipio) y un factor de retorno de 0.8, se obtendrá la población equivalente actual y proyectando a un futuro de 20 años con una tasa de crecimiento de 3.41%, determinamos la población equivalente futura y su correspondiente caudal.

En la tabla XVII, se pueden observar las poblaciones de cada punto con los respectivos caudales de diseño que llegarían a la planta de tratamiento.

Tabla XVII. Determinación de población equivalente y sus respectivos caudales

SITIO	Población inicial	Población final	Caudal (l/s)
1	10,282.00	14,364.25	26.60
2	4,338.00	6,060.31	11.22
3	3,462.00	4,836.51	8.96
Total	18,082.00	25,261.08	46.78

Tomando en cuenta la eficiencia de cada proceso de las plantas escogida, (ver anexo VI y VII), donde se puede apreciar el rendimiento de cada operación, los respectivos procesos de tratamiento de las aguas residuales y las dificultades de áreas de terreno para la propuesta de tratamiento se plantea los siguientes sistemas de tratamiento primario y secundario por el tipo de aguas que actualmente drenan las comunidades del municipio y que a continuación se detallan:

Tratamiento primario

Sedimentador primario más digestor, con eficiencia de 50% removería la concentración de DBO₅ de 91.83 a 45.92 mg/l.

Tratamiento secundario

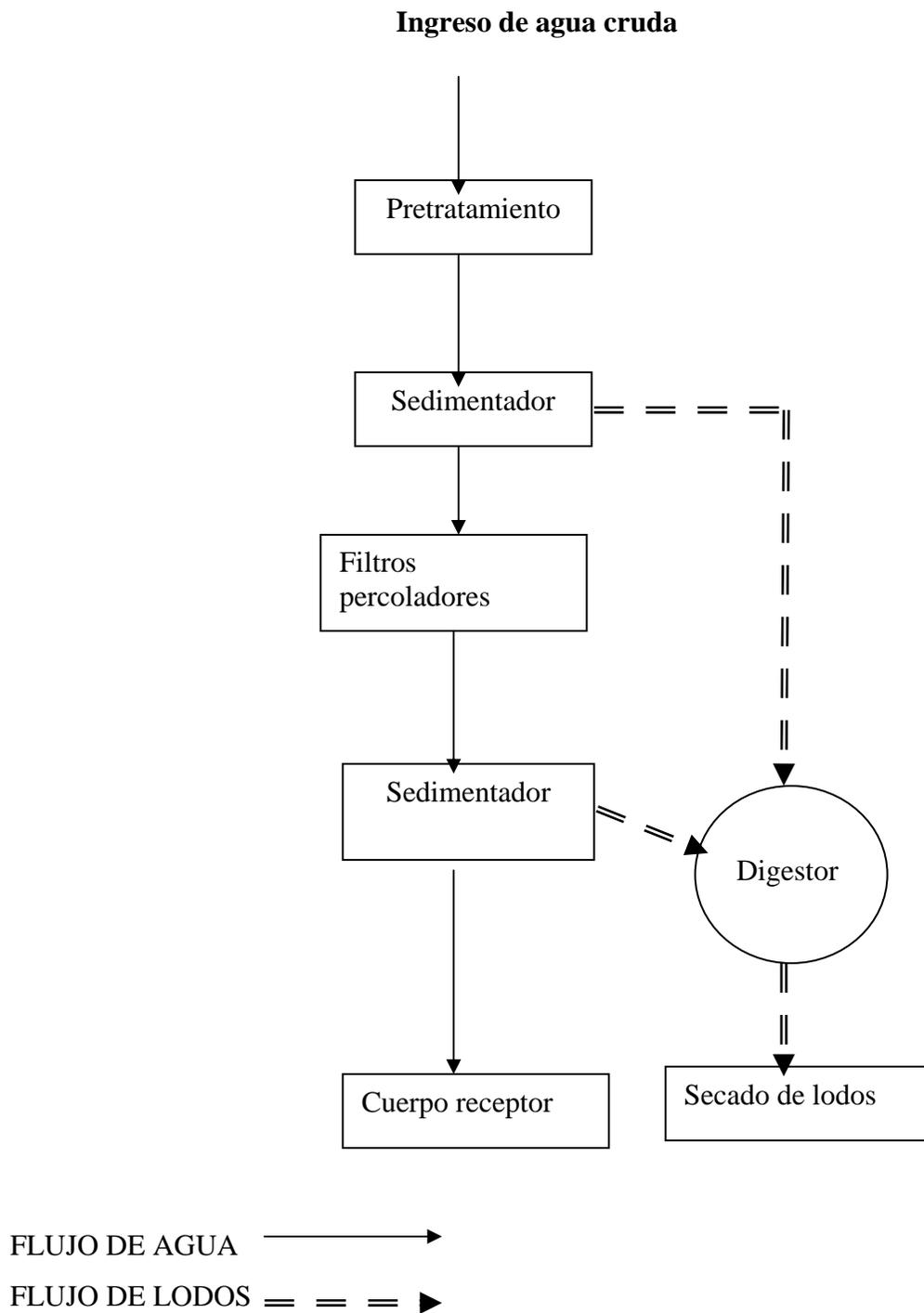
Filtro percoladores más sedimentador, con eficiencia del 85% removería de 45.92 mg/l a 6.89 mg/l de DBO₅, obteniéndose así al final del tratamiento una eficiencia total del 92.5 %. Desde el punto de vista geográfico, las descargas de aguas residuales del casco urbano y de la colonia Santa Sofía, Las Anonas, se ubican en los puntos indicados en la figura 19 por su ubicación es relativamente separado una de la otra, por lo que las plantas de tratamiento a proponerse estarán independientes.

Para el tratamiento de la calidad del agua del río San Antonio, se consideró la primera planta, ya que es la más contaminada de los tres afluentes del lugar; refleja la necesidad de brindarle un tratamiento adecuado a todas aquellas descargas residuales, por medio de plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico, ya que las concentraciones de contaminantes lo permiten. En lo que respecta a las aguas residuales vertidas por la granja de aves y la hacienda de ganado, a los propietarios de éstos se les deberá instruir con respecto a los efectos negativos que causan al ambiente y darles las recomendaciones técnicas para que ellos puedan implementar un tratamiento a las aguas que producen.

Como se puede observar en la tabla XVII, los caudales en los tres casos son generados por una población mayor de 5,000 personas; por lo que son pocos los tratamientos que pueden aplicarse a las descargas en forma separada. Por lo que se recomienda tratar en forma conjunta los caudales de aguas residuales, la población a servir se considera demasiado grande, requiriéndose de tratamientos complejos de alto costo y tecnología avanzada con elevados requerimientos energéticos o en su defecto se necesitaría de áreas muy extensas para un tratamiento sencillo, muy eficiente y de pocos requerimientos tecnológicos como lo son las lagunas aerobias y facultativas. Se recomienda que el tratamiento de las descargas se realice de forma separada según las alternativas propuestas para tener un proceso eficiente en cada planta de tratamiento. En la figura 19, se esquematiza el proceso de tratamiento de cada planta.

La propuesta también contempla el alcantarillado sanitario y la construcción de letrinas lavables en los lavaderos que se encuentran ubicados en la colonia Santa Sofía, así como la incorporación de las aguas con jabón al alcantarillado sanitario.

Figura 19. Esquema del proceso de tratamiento para las aguas residuales propuesto.



4.2 Desechos sólidos

En lo que respecta a las basuras, se propone realizar un manejo integral de los desechos sólidos en toda la microcuenca, ya que las distancias entre cada comunidad es relativamente cerca, pudiéndose así usar un mismo relleno sanitario.

4.2.1 Relleno sanitario manual

La población en estudio no sobrepasa los 30,000 habitantes, se puede utilizar un relleno sanitario manual, y se presenta como una alternativa técnica y económicamente factible, tanto en beneficio de las poblaciones urbanas y rurales que no tienen la forma de adquirir equipo pesado para construirlo y operarlo que se considera como un relleno sanitario convencional.

Un relleno sanitario puede servir a dos o más poblaciones, hasta llegar a convertirse en una solución regional; es decir, estar en condiciones de brindar el servicio de disposición final de RSM a varias poblaciones cercanas. En tal sentido, los municipios pequeños deben evaluar la conveniencia técnica, económica, social y ambiental de llevar sus residuos a un relleno sanitario regional o al del municipio vecino o tener uno propio.

4.3 Reforestación y sedimentos

Entre otros se propone la reforestación de 299 hectáreas de extensión con el objetivo de disminuir la erosión en la microcuenca y así evitar los sedimentos en el embalse. El área por reforestar se determinó haciendo uso de hojas cartográficas y mapas de la zona, los cuales fueron facilitados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación; en estos mapas se consideró las zonas más susceptibles a la erosión, áreas deforestadas y sitios con pendientes pronunciadas.

4.4 Costos de financiamiento de la propuesta

Para realizar el presupuesto de cada plan, se consultaron costos que utilizan varias instituciones del Estado, como también datos generales a nivel internacional, en el caso del Banco Mundial y el BID. Para el financiamiento, se utilizan tasas de interés que se manejan en nuestro medio. Con este financiamiento, se pretenderá construir tres plantas de tratamiento para aguas residuales, un relleno sanitario manual, Lavaderos públicos con sus respectivas instalaciones sanitarias y reforestación de las áreas aptas para cultivo de árboles.

4.4.1 Costo del tratamiento de las descargas de aguas residuales al río San Antonio

Para determinar los costos de construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, se tomará como base los costos unitarios del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) de los diferentes proyectos que se han ejecutado en las regiones del país; también se incluyen los costos de operación y mantenimiento, no así el precio global del terreno donde se proponen la construcción de las instalaciones de las plantas de tratamiento. En la tabla XVIII, se encuentran los costos aproximados para el tratamiento de aguas residuales y en la tabla XIX los costos unitarios de construcción.

Tabla XVIII. Costos totales de construcción para el tratamiento de las descargas de aguas residuales.

Punto de descarga	Población	Costos de construcción¹ \$
1	14,364	433,038.88
2	6,060	182,700.12
3	4,837	145,806.32
Total	25,261	761,545.32

Tabla XIX. Costos unitarios de construcción del tratamiento de las aguas residuales de las descargas al río San Antonio.

Tratamiento pretratamiento	Costo¹	
	quetzales*habitante	US \$ / habitante
Sedimentador	51.93	6.66
Filtro percolador	54.92	7.04
Sedimentador	51.93	6.66
Digestor	27.88	3.57
Patio secado de lodos	20.60	2.64
Total	235.15	30.15

¹ Los costos se trasladaron de 2000 hasta la fecha, considerando la inflación acumulada, según el Banco de Guatemala, tasa de cambio: US \$ 1.00 = 7.80. Los costos no incluyen terreno, precio varas cuadradas Vr² = US \$ 12.00

Costos de operación y mantenimiento ²

Tratamiento primario oscila entre US \$2- US \$4/mes /casa/cinco persona

Tratamiento Secundario US \$3.40- US \$6.90/mes/casa/cinco persona

² Fuente: Biblioteca Digital del INEM – INTERAMER www.educoas.org/portal/es

4.4.2 Costo de la solución de sedimentos en los afluentes de la microcuenca

EMPAGUA tiene proyectado para los años restantes de la actual administración la construcción de tres desarenadores en cada afluente que abastecen la presa del Teocinte, con el fin de evitar la cantidad de sedimentos que ingresan directamente en ella; para este proyecto se cuenta con la cantidad de Q 3,000,000.00 para la construcción de las misma y el resto para mantenimiento del sistema de tuberías existentes en el lugar.

4.4.3 Costo del alcantarillado sanitario

Actualmente, para el municipio, hay varios proyectos de alcantarillado que están siendo financiados por el Gobierno central, los lugares donde se tienen proyectado trabajar los drenajes son: aldea Las Anonas y la parte central del municipio que un falta instalar 7,200 ml aproximadamente de drenajes de alcantarillado en la colonia Santa Sofía y así dar una cobertura casi del 100 % a la zona poblada.

En el caso de las urbanizaciones que se están generando, usan sistema de fosas sépticas y las aldeas y fincas usan fosa séptica o letrina seca. En la tabla XX, se presentan los costos aproximados por alcantarillado según datos proporcionados por el ministerio de finanzas públicas.

Tabla XX. Costos del sistema de alcantarillado sanitario

Puntos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (US \$)	Subtotal (US \$)
Colector Santa Sofía	habitantes	5784	121	699,864.00
Colector Las Anonas	habitantes	*	*	*
Colector San José Pinula	habitantes	*	*	*
Total US \$				699,864.00

Fuente: Precios unitarios de EMPAGUA

Nota: * Parte del municipio de San José Pinula y Las Anonas ya están en la fase final

de la construcción del sistema de alcantarillado.

Costos de operación y mantenimiento

Pueden variar de US \$ 4.70 - US \$ 17.70 /año/mes/casa 5 personas

4.4.4 Costos del tratamiento de desechos sólidos

Para el tratamiento de desechos sólidos en el municipio de San José Pinula, existe un estudio para el tratamiento y manejo de desechos sólidos; éste fue elaborado por el comisionado presidencial para la Reforma, Modernización y fortalecimiento del estado (COPRE), enfocado exclusivamente para este municipio, la cual no se tuvo acceso directo al costo total del valor de la propuesta del manejo de tratamiento para ser integrarlo a este trabajo.

Debido a lo antes señalado, se optó a utilizar la producción de desechos sólidos y el costo aproximado de tratamiento por tonelada al año en la zona de Guatemala, información que fue obtenida del diagnóstico de la situación del manejo de los desechos sólidos municipales en América Latina y El Caribe hecho por el BID/OPS.

Tabla XXI. Costo de tratamiento de desechos sólidos, operación y mantenimiento

Descripción	Unidad	Cantidad toneladas/año	Costo unitario (US \$/toneladas)	Total
Inversión Inicial				
Terreno	Global	1	35,000	35,000.00
Construcción total relleno sanitario	Global	1	28,000	28,000.00
Subtotal				63,000.00
Costo US \$ /persona				3.48
Costos servicios manejo RSM (anuales promedio)				
Recolección	t	6,541.74	30	196,252.29
Transferencia	t	6,541.74	10	65,417.43
Deposito final	t	6,541.74	10	65,417.43
Subtotal				327,087.15
Costo US \$ /persona/año				12.50

Fuente: Diagnóstico de la situación del manejo de los desechos sólidos municipales en América Latina y El Caribe, BID/OPS

4.4.5 Costos de lavaderos públicos con instalaciones sanitarias

Tabla XXII. Costo de instalaciones sanitarias con su respectiva caseta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Disposición de Excretas				
Caseta	Global	1	1,800.00	1,800.00
Letrina cierre hidráulico	c/u	5	350.00	1,750.00
Acometida sanitaria	c/u	1	757.07	757.07
Conexión sanitaria	c/u	5	1,055.99	5,279.95
Caja de interconexión	c/u	1	693.42	693.42
Caja de inspección	c/u	5	693.42	3,467.10
				13,747.54
Disposición agua de lavandería				
Conexión de lavandería	c/u	6	950.00	5,700.00
Caja de interconexión	c/u	1	693.42	693.42
				6,393.42
Total (Q)				20,140.96
Total (US \$)				2,582.17

Fuente: Costos unitarios de el INFOM

4.4.6 Costos de reforestación

Para la solución del incremento de sedimentos EMPAGUA, en los últimos años ha reforestado áreas dañadas, sembrando árboles donados por Maderas el Alto y sembrados por los mismos trabajadores de la empresa municipal por lo que se puede estimar un costo aproximado de esta etapa.

Como el área apta para poder ser reforestada es de 299 hectáreas de extensión y el costo aproximado para la siembra de árboles tiene un valor aproximado de US \$ 513/hectáreas¹, el costo total para la reforestación sería de US \$ 98,974.36

4.4.7 Presupuesto total

Es importante mencionar que los costos establecidos en este estudio son únicamente una aproximación y que es necesario realizar un estudio más detallado para establecer los costos reales para este tipo de proyectos.

Tabla XXIII. Costos totales de los proyectos de saneamiento

Tipo de proyecto	(Quetzales)	(US \$)
Alcantarillado sanitario	5,458,939.20	699,864.00
Plantas de tratamiento	5,940,053.34	761,545.30
Relleno sanitario	491,400.00	63,000.00
Letrinas en lavaderos	20,140.96	2,582.17
Reforestación	772,000.01	98,974.36
Totales	11,910,533.50	1,526,991.47

¹ Fuente: El costo por hectárea reforestada fue obtenido en la unidad técnica de planificación de obras de la alcaldía de San José Pinula, Guatemala.

4.5 Propuesta de financiamiento

El Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM), mediante fondos del Gobierno de la República respalda el desarrollo sostenible, financiando proyectos dirigidos a proteger el medio ambiente y fortalecer el manejo de los recursos naturales; las operaciones ambientales, abarcan agua y saneamiento, protección ecológica, desarrollo sostenible y fortalecimiento institucional.

Otra institución que da apoyo a proyectos de desarrollo municipal es la Secretaría de Planificación y Programación (SEGEPLAN), que para el 2005 tuvo importantes proyectos como:

Construcción de drenajes, puentes, equipamiento de pozos de agua potable, construcción de escuelas, mantenimiento de carreteras. En la figura 21 se puede apreciar el flujograma para solicitar un préstamo de financiamiento. (Anexos)

4.5.1 Condiciones de financiamiento

Los términos y condiciones de los préstamos dependen de los recursos utilizados. Para los préstamos el período de amortización es durante el tiempo de gobierno municipal que es de 4 años; las tasas de interés son de 2.5 % calculadas trimestralmente. El monto por prestarse se fija dependiendo los ingresos de la municipalidad, su capacidad de pago y solvencia.

4.5.2 Fuentes de financiamiento

Tomando como referencia el financiamiento actual para la inversión en saneamiento básico, las principales fuentes de financiamiento serían el Gobierno, con recursos del Tesoro General de la Nación y del crédito externo como es el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), la Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala EMPAGUA, que cuenta con ingresos propios con la venta del servicio de agua potable, construcción de servicios de alcantarillas, por medio de la Municipalidad

de Guatemala y la contribución de la comunidad que incluye mano de obra no calificada, materiales locales y un porcentaje en efectivo.

4.5.3 Recursos municipales de San José Pinula y EMPAGUA

Los ingresos municipales anuales están en un promedio de Q 13,200,000.00, tienen una solvencia de pago del 20% de sus ingresos esto representa Q 2,640,000.00 al año. En la tabla XXIV, se pueden ver los recursos disponibles tanto de EMPAGUA como de la alcaldía de San José Pinula, recursos que pueden disponer la municipalidad de San José Pinula y EMPAGUA 2004.

Total recursos obtenidos en el año 2004 Q. 20,697,000.00

Ingresos ordinarios municipales 2004 ⁽¹⁾ Q. 2,640,000.00

Recurso del Gobierno para diferentes proyectos 2004⁽²⁾ Q. 15,057,000.00

Recursos económicos de EMPAGUA para proyectos en sistema Santa Luisa ⁽³⁾
Q. 3,000,000.

4.5.4 Cálculo de cuota trimestral

Se consideran dos opciones para realizar el préstamo:

¹ Ingresos ordinarios son todos los que generan las municipalidades en su gestión a través de tasas municipales.

² Inversión en proyectos en el municipio por diferentes instituciones del Estado para proyectos de agua y saneamiento.

³ La Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala EMPAGUA, actualmente, cuenta con sus ingresos propios con la venta del servicio de agua potable y con la construcción de servicios de alcantarillas y cobro de licencias de construcción de edificios, lotificaciones, condominios a nivel del área metropolitana y la otra parte lo obtiene por medio de la Municipalidad de Guatemala.

1. Únicamente la municipalidad

Con fondos provenientes del gobierno central, EMPAGUA, municipalidad y la población beneficiaria.

Opción 1

Años de financiamiento = 4

Interés trimestral = 2.5 %

$V_p = 11,910,533.50$

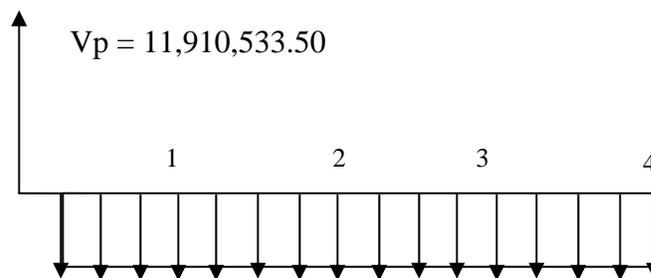


Figura 20. Diagrama de flujo para cálculo de cuotas trimestrales para un período de cuatro años

Cuota trimestral = Q 912,334.81 en cuatro años

Pago anual de préstamo = $912,334.81 \times 4 = Q 3,649,339.24$

La diferencia entre los ingresos anuales disponibles y el pago anual del préstamo da como resultado un saldo negativo de Q 1,009,339.24 por lo cual la municipalidad no podría sufragar el total de los costos de la inversión inicial.

Opción 2

La municipalidad de San José Pinula, según sus ingresos anuales y la solvencia de pago para la obtención de préstamos, puede realizar una inversión inicial de

Q 8, 616,301.76 para pagarlos en cuatro años el cual representa el 72.34 % de toda la inversión del proyecto.

El restante del monto puede realizarlo a través de proyectos gestionados por el Gobierno y la empresa municipal de agua EMPAGUA y el aporte comunitarios el cual asciende a un monto de Q 3,294,231.74 y que representa el 27.66% de la inversión total.

Calculo de inversión inicial disponible de la municipalidad

Ingresos anuales disponibles = Q 2,640,000.00, se pueden pagar trimestralmente Q 660,000.00

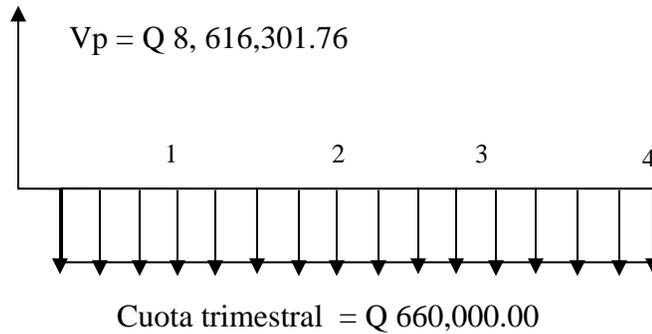


Figura 21. Diagrama de flujo para cálculo de valor presente

Con esta propuesta se considera que la Empresa Municipal de Agua EMPAGUA puede hacerse cargo del monitoreo de las plantas de tratamiento de aguas residuales así como de los puntos establecidos en los afluentes, ya que cuenta con un laboratorio de química y microbiología.

Tabla XXIV. Detalle de distribución de cantidades que le corresponden a cada institución.

Institución	Aporte	Porcentaje
Municipalidad de San José Pinula	8,616,301.76	72.34 %
Gobierno y EMPAGUA	3,294,231.74	27.66%
Total	11,910,533.50	100.00 %

4.6 Beneficios esperados al poner en marcha la propuesta del plan de saneamiento

Para realizar una comparación entre la puesta en marcha del plan de saneamiento y el estado actual de la microcuenca, se coloca dos escenarios:

4.6.1 Condiciones de riesgo, no acción

Al no hacer ninguna inversión se tendrá como resultado lo siguiente:

- Falta de agua debido a la deforestación
- Obtención de una mala calidad de agua por aumento de la contaminación.
- Asolvamiento del embalse por efectos de los sedimentos
- Disminución de los caudales en los afluentes
- EMPAGUA dejaría de percibir más ingresos monetarios al no usar las aguas del río San Antonio, ya que no son aptas para darles un tratamiento debido a su contaminación.
- Gastos de producción elevados por el uso de químicos

4.6.2 Mejoramiento del servicio al poner en marcha el plan de saneamiento

- Incrementa la producción de agua tratada y, por consiguiente, se conseguiría abastecer la mayor cantidad de habitantes, para las diferentes zonas que surte actualmente la planta Santa Luisa Zona 16, esto debido a que se incorporaría las aguas del río San Antonio que, a la fecha, no son utilizadas por las contaminaciones de aguas domesticas.

-
- Otro aspecto por considerar es la disminución de químicos que se utilizan diariamente por el alto grado de sólidos sedimentables que llega a los vertederos de la planta Santa Luisa zona 16.
 - Disminución de enfermedades gastrointestinales.
 - Mayor cantidad de agua y de mejor calidad
 - Reducción de costos de producción de agua potable.

La cantidad de agua no usada por estar contaminada es de 64.33 l/s (5,558.11 m³/diarios); considerando el costo de producción y de venta del agua se pueden obtener los beneficios económicos que dejaría a la Empresa Municipal de Agua. (EMPAGUA), a continuación se realizaron los cálculos siguientes:

El costo de producción por m³ de agua es de = Q 0.65

El precio promedio por m³ de venta sería de = Q 2.24

Por lo que el costo total diario de producción sería = $Q0.65 \times 5,558.11 = Q 3,612.77/\text{día}$

Precio de venta = $Q 2.24 \times 5,558.11 = Q 12,450.17/\text{día}$

Diferencia = $12,450.17 - 3,612.77 = Q 8,837.40/\text{día}$

Ganancias netas = Q 3,181,463.52 / año

CONCLUSIONES

1. La mayor parte de la superficie de la microcuenca está deforestada, gran parte de ésta se encuentra conformada por asentamientos urbanos y actividades asociadas a la agricultura.
2. Con la implementación de la propuesta de saneamiento en el sistema hídrico del río Teocinte, sí es posible bajar la concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) del 91.83 mg/l al 6.89 mg/l, esto representa el 93 % de remoción, así cumple con lo requerido por la “Normativa Europea contra la contaminación, instrucción del Consejo de 16 de junio de 1975 relativa a la calidad requerida a las aguas superficiales destinadas a la producción de agua para la alimentación en los estados miembros (75/440/CEE) de la COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA (CEE) de aguas para utilización de consumo humano” que es de 7.0 mg/l para la categoría A3, por ello se considera que las fuentes pueden ser utilizadas para el consumo humano y no así utilizando la categoría A2 que es 5 mg/l.
3. En el plan de propuesta para el saneamiento de la microcuenca del río Teocinte se consideró construir tres plantas de tratamiento para aguas residuales las cuales consistirán en un sedimentador primario con digestor y filtros percoladores más sedimentador y un patio de secado de lodos, un relleno sanitario manual con su respectivo tratamiento de lixiviados con capacidad de dar servicio a todas las comunidades dentro de la microcuenca, reforestación en áreas con problemas de erosión y letrización en los lavaderos públicos ubicados en la colonia Santa Sofía.

-
4. Para los diferentes afluentes del sistema hídrico del río Teocinte el análisis de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos se pudo determinar el grado de contaminación de cada afluente, el más afectado es el río San Antonio, ya que representa el 95 % de la carga del DBO₅ y saturación de OD % de toda la microcuenca.
 5. Para las muestras tomadas en la cresta de la presa, la DBO₅ máximo que se encontró es de 21.4 mg/lit y DQO de 43 mg/lit, estos valores están arriba de lo establecido por la normativa Europea contra la contaminación, instrucción del Consejo de 16 de junio de 1975, relativa a la calidad requerida a las aguas superficiales destinadas a la producción de agua para la alimentación en los estados miembros (75/440/CEE) de la COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA (CEE) de aguas para utilización de consumo humano que debe ser 5 mg/lit para DBO₅ y 50 mg/lit para DQO.
 6. El presupuesto global de inversión para la ejecución de la propuesta del plan de saneamiento tiene un monto de Q 11,910,533.50 el cual puede ser financiado con fondos que cuenta el INFOM para las alcaldías, en la cual la Municipalidad puede pagar cuotas trimestrales de Q 660,000.00 pagaderos en cuatro años; la otra parte puede realizarse con el aporte comunitario y el apoyo de las instituciones del Gobierno central con un monto de Q 3,294,231.74, que representa el 27.66% de la inversión total.
 7. La construcción de las plantas de tratamiento daría beneficios de producción de la planta de agua potable Santa Luisa, ya que no utilizaría la misma cantidad de químicos y se evitaría la cantidad de sedimentos que, actualmente incrementan las finanzas a Q 0.07/m³, lo que representa un costo mensual de Q 49,836.01, el cual serviría de inversión para cubrir el costo de las plantas de tratamiento.
 - 8.

RECOMENDACIONES

1. Es importante desarrollar la propuesta de saneamiento para mejorar la calidad del agua, la salud de los habitantes y el medio ambiente
2. Es importante educar a la población en general, para que haga el debido uso de las tierras, ya sea para agricultura y protección del bosque, para así evitar la erosión y disminución de la carga de los acuíferos.
3. La descarga del rastro de reses ubicado en el municipio de San José Pinula, se podrá incorporar directamente a la planta de tratamiento con una trampa de grasas como pretratamiento ya que la producción de la DBO₅ no es mayor y puede ser tratada de forma biológica.
4. Crear un plan para la recolección de los desechos sólidos que se generan dentro del municipio y en los alrededores, así evitar los botaderos clandestinos.
5. Es necesario que las autoridades municipales del municipio de San José Pinula trabajen en conjunto con autoridades de la Empresa Municipal de Agua EMPAGUA para que se desarrollen planes de mitigación de saneamiento para la conservación de los recursos hídricos.
6. Realizar análisis físicos, químicos y bacteriológicos en época lluviosa de manera similar a como se efectuaron los análisis del presente estudio en época seca para poder observar el comportamiento de calidad entre las dos épocas.

-
7. Es necesario construir plantas de tratamiento a las aguas residuales para reducir las que contaminan del río San Antonio, al mismo tiempo realizar un plan de monitoreo para tener un control específicos de todas las descargas.
 8. Es necesario la delimitación de la zona de recarga acuífera de la microcuenca para así restringir el crecimiento de la zona urbana y evitar la deforestación de los bosques.
 9. También es importante cercar el perímetro del nacimiento de Las Pilas, ya que se introduce ganado de las haciendas colindantes y contaminan el agua con coliformes y otros.
 10. Realizar un proyecto de reforestación en las áreas afectadas por la erosión, ya que arrastran sedimentos que azolvan el embalse.
 11. Se recomienda que EMPAGUA realice estudios sobre sedimentos en la microcuenca.

BIBLIOGRAFÍA

Agustín, George T. Manual de procesos químicos. Colombia: McGraw Hill, 1997.

Canter W. Larry. Manual de evaluación de impacto ambiental España: s.e., 1998.

Carbolla Lara, Juan Fernando. Evaluación de la calidad de agua del río El Zapote y sus posibles usos. Guatemala: s.e., 1995.

Tetzaguic Car, Carlos Encarnación. Sistematización de la información de calidad del agua del lago de Amatitlán con parámetros que determinan su contaminación secuencial. Guatemala: s.e., 2003.

C. Madrid, Oscar Mauricio. Inventario y evaluación de los manantiales de la cuenca de Santa María de Jesús. Guatemala: s.e., 1989.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente. Control de la contaminación del agua, Lima: s.e., 1999.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Diagnóstico Ambiental del lago de Patzcuaro, Michoacán, México: s.e., 2000.

Helmer & Hespantiol. CEPIS/OMS/OPS. Guía para la aplicación de los principios relacionados con el manejo de la calidad de agua. Lima: s.e., 1999.

Llamas, José. Hidrológica General. Principios y Aplicaciones. México: s.e., 1989.

Normas COGUANOR NGO 29 001. Revisión Agua Potable. Guatemala: s.e., 1999.

Normativa europea contra la contaminación, instrucción del consejo de 16 de junio de 1975 relativa a la calidad requerida a las aguas superficiales destinadas a la producción de agua para la alimentación en los estados miembros (75/440/CEE) de la COMUNIDAD ECONOMICA EUROPEA (CEE) de aguas para utilización de consumo humano.

Metcalf & Eddy. Ingeniería de aguas residuales. Tomo 2. 3ra edición. México: McGraw-Hill, 1996.

Orozco, E. Manual de Hidrológica. Guatemala: Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, 2004.

Organización Panamericana de la Salud. Guía para escribir un protocolo de investigación.

Padilla Castillo, Yamileth. Evaluación Hidrológica de la Cuenca del Río Los Esclavos y Cuantificación del Recurso Agua. Guatemala: s.e., 1994.

Saravia P. Contaminación del agua OLADE. Quito: s.e., 2004.

Urrutia Molina, Manuel Enríquez. Estudio Hidrológico del Proyecto Teocinte III. Guatemala, s.e., 1970.

www.congrecuencias.org.pe/pdf/magistrales

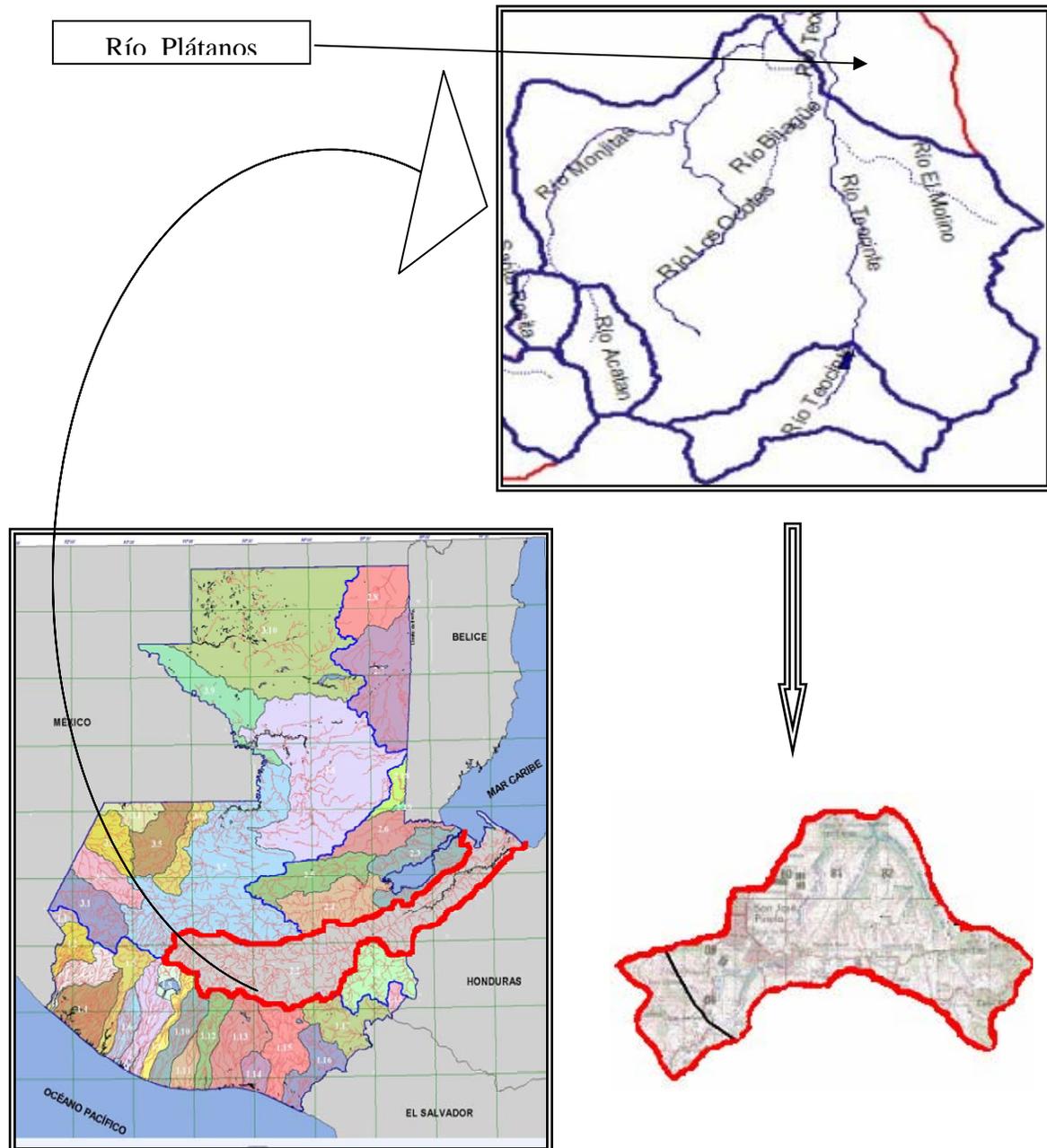
www.educarchile.cl/eduteca/medioambiente

www.monografia.com/trabajos/anamb.shtml

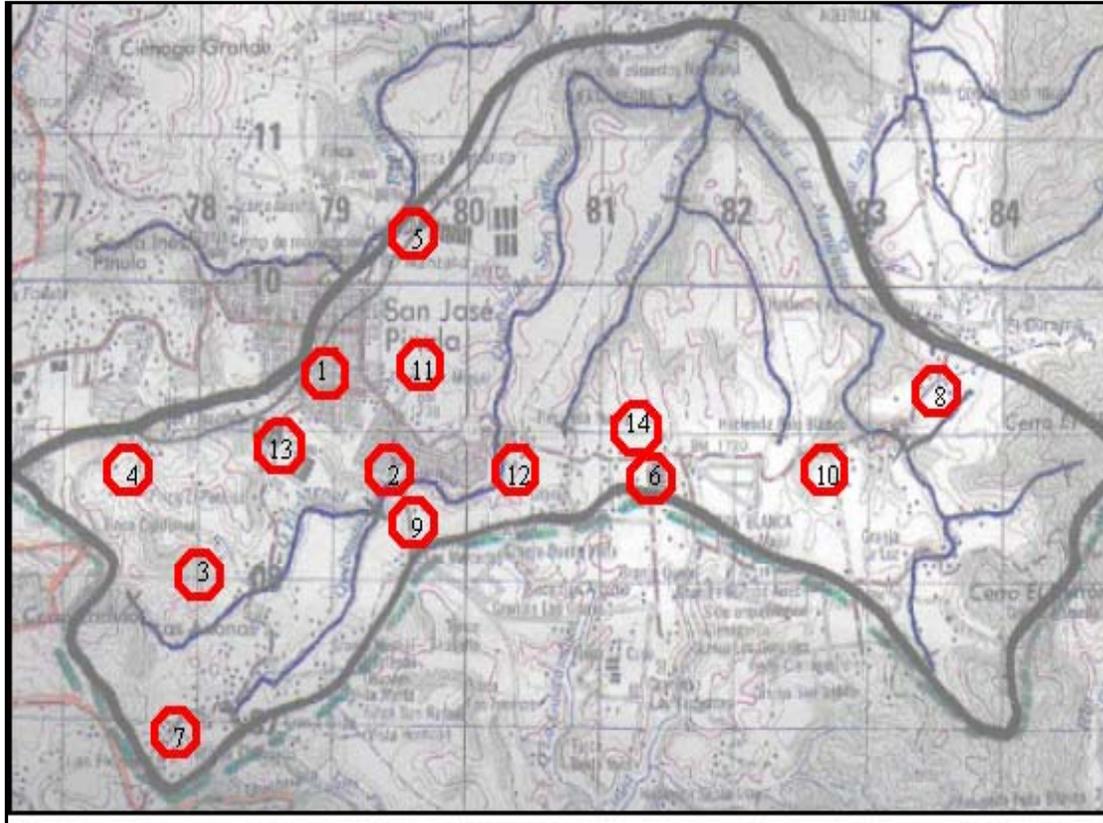
www.siamazonia.org.pe/AECI/diagnostico.pdf

ANEXOS

A-1. Ubicación de la microcuenca dentro de la subcuenca del río Plátanos, que en la actualidad es parte de la cuenca del río Motagua.



A-2. Comunidades y población que drena a la microcuenca



No	Comunidad
1	San José Pinula
2	Santa Sofía
3	Las Anonas
4	Los Manantiales
5	El Matazano
6	Hacienda Nueva I
7	Las Flores I
8	Hacienda Nueva 2
9	Las Mercedes
10	Palo Blanco
11	San Miguel
12	El Manzano
13	Los Claveles
14	Nueva Country Club

**A-3. Población infantil < 1 año que padece de enfermedades
Gastrointestinales, 2004 municipio de San José Pinula.**

Causa	No Casos	Porcentaje/ enfermedades reportadas	Morbilidad /1000 en municipio
Diarrea	210	3.88	25
Parasitosis intestinal	269	6.38	29
Amebiasis no especificada	307	7.28	33
Total de casos	786	17.54	87

Fuente: Centro de Salud de San José Pinula

**A-4. Población en general que padece de enfermedades
gastrointestinales, 2004 municipio de San José Pinula.**

Causa	No Casos	Porcentaje/ enfermedades reportadas	Morbilidad /1000 en municipio
Diarrea	801	5.18	17
Parasitosis intestinal	794	5.13	17
Amebiasis no especificada	1,047	6.77	22
Total de casos	2,642	17.08	56

Fuente: Centro de Salud de San José Pinula

A-5. Biodegradabilidad de las aguas residuales

DBO ₅ /DQO	BIODEGRADABILIDAD
< 0.2	Poco biodegradable
0.2 -0.4	Biodegradable
> 0.4	Muy biodegradable

Fuente: Metcalf & Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales. Tomo 2. 3ra edición. México: Editorial McGraw-Hill, 1996.

A-6. Rendimiento relativo de las operaciones y procesos de tratamiento de aguas residuales

TRATAMIENTO	Sol. Sed.	DBO5	Patógenos	Solución	Nutrientes
Primarios					
Fosa séptica	40% - 60%	50%	10-15%	-	-
Tanque Imhoff	50% - 60%	50%	5-15%	-	-
Sedimentador+digestor	50% - 60%	50%	10-15%	-	-
RAFA	40% - 60%	50%	10-15%	0-5%	-
RAP	50% - 60%	50%	10-15%	0-10%	-
Laguna anaeróbica	60% - 80%	60%	30 -40%	-	-
Laguna facultativas	50% - 60%	80%	40-90%	-	-
Secundarios					
Filtro percolador + sedimentador	90%- 100%	85%	20-30%	40-60%	-
Filtros biológicos	80% - 100%	80%	30-40%	50-70%	10-30%
Irrigación superficial	100%	90%	60-90%	90-99%	10-70%
Irrigación subsuelo	100%	95%	90-99%	90-99%	10-80%
Infiltración suelo	100%	95%	70-99%	50-99%	0-80%
Lagunas aerobias	95%-100%	95%	50-99%	-	-

Fuente: Metcalf & Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales. Tomo 2. 3ra edición. México: Editorial McGraw-Hill, 1996.

A-7. Tipo de tratamiento propuesto para las aguas residuales para el municipio de San José Pinula.

	Tratamiento	Observaciones
Primario	Sedimentación + digestión	Se requiere un desnivel adecuado para su funcionamiento.
	Lagunas facultativas	Requiere de áreas muy grandes: de 2 - 20 m ² /habitante y topografía plana
	Lagunas anaerobias	Malos olores que podrían provocar el descontento entre los pobladores de las áreas circunvecinas.
	Filtros percoladores + sedimentador	Se requiere de desnivel para su adecuado funcionamiento.
Secundario	Filtros biológicos	Pueden requerir mucha operación
	Lagunas airadas	Se necesita una adecuada extensión de terreno plano: de 1-3 m ² /hab.
	Irrigación superficial	Se requiere actividad agrícola compatible y cercana.
	Irrigación en el subsuelo	Igual al anterior
	Infiltración en el suelo	Requiere de un nivel freático profundo.

Fuente: Metcalf & Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales. Tomo 2. 3ra edición. México: Editorial McGraw-Hill, 1996.

A-8. Forma del flujograma para solicitar un préstamo de financiamiento.

