

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA
SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE CONFORMADA
POR LOS RIOS ILOHUAPA Y EL GARROBO, Y
PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE FUENTES
CONTAMINANTES”**

PRESENTADO POR:
**NELCY VICKY CELINA FLAMENCO SAMAYOA
JUAN CARLOS HENRIQUEZ GARCIAGUIRRE**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 2009.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIA GENERAL:

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

DIRECTOR :

ING. FERNANDO TEODORO RAMÍREZ ZELAYA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:
INGENIERO QUÍMICO

Título :

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA
SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE CONFORMADA
POR LOS RIOS ILOHUAPA Y EL GARROBO, Y
PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE FUENTES
CONTAMINANTES”**

Presentado por :

NELCY VICKY CELINA FLAMENCO SAMAYOA
JUAN CARLOS HENRIQUEZ GARCIAGUIRRE

Trabajo de graduación aprobado por:

DOCENTE DIRECTOR :

ING. JUAN RODOLFO RAMÍREZ GUZMÁN

San Salvador, Septiembre de 2009.

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Director:

ING. JUAN RODOLFO RAMÍREZ GUZMÁN

A Dios por darme vida, salud y la fuerza de seguir luchando por alcanzar mis metas, por protegerme y por iluminar siempre mi camino, por ser mi consuelo, mi guía, y por hacerme ver la luz en momentos difíciles.

A mi mami Sonia por llevarme en su vientre, por verme crecer, educarme y guiarme en la vida. Gracias mami por todo su amor, su esfuerzo, por sus sacrificios, por sus consejos, por sacarnos adelante a pesar de todo, por acompañarme siempre y por ayudarme a alcanzar un triunfo más en mi vida, gracias porque sin usted no sería lo que soy ahora.

A mis hermanas Estíbaliz, Karly y Grisel por toda su ayuda y apoyo, por estar conmigo siempre, por orientarme y por ser las mejores hermanas. A Arianita porque con su inocencia vino a llenar de alegría nuestros corazones. A mis cuñados Alex y Abidán por brindarme su apoyo y ayuda.

A Darío por tu amor, tu apoyo, por tu gran ayuda, y por estar conmigo incondicionalmente desde que te conozco. Por darme ánimo y acompañarme en las buenas y malas, siempre le estaré agradecida a Dios por ponerte en mi camino.

A mi asesor Ing. Juan Ramírez por su guía y apoyo, a Inga. Noemí Laínez por su confianza, Inga. Delmy Rico por su enseñanza, a Lupita Herrera por su enorme ayuda y amistad, y a todos los docentes de la escuela de Ingeniería Química por ayudarme en mi formación como profesional.

A mis amigos(as) Krissia, Isis, Yancy, Evelyn, Daniel, Carlos, Aida, Alejandra y Karla, por su valiosa amistad, apoyo y compañía.

A la Alcaldía de San Salvador por su interés en la realización de esta investigación, además de su aporte financiero; en especial agradecer a la Licda. Soledad Quintanilla por su iniciativa y apoyo en este trabajo.

Nelcy Flamenco

“En la vida no importa cuántas veces uno cae para alcanzar un sueño y por las veces que uno a caído en la batalla no se es un perdedor, lo importante es levantarse, resurgir, aprender y ser mas fuerte hasta lograr la meta, se disfruta más del triunfo cuando ha costado vida, sacrificio, lagrimas el que se da por vencido se convierte en fracasado”

A Dios infinitas gracias por guiarme en mi vida ayudarme a levantarme y seguir adelante con humildad y sacrificio y poner darme a mi familia maravillosa que me ha apoyado siempre.

A mi mama Gloria por siempre tener un consejo sabio, palabras de aliento y consuelo cuando las cosas iban mal, y por sacrificarse día a día para darme lo necesario para seguir adelante.

A mi papa Carlos Antonio por la formación ejemplar que me diste desde niño por transmitirme fuerza y coraje de no rendirse y por su abnegada entrega día a día para mí y mis hermanas.

A mis hermanas Mitzy a pesar de ser la menor tus consejos y madurez me guiaron a no cometer errores y me animaron a seguir, a Katya por ver tu ejemplo de cómo pasa cada obstáculo y cada nuevo desafío en la vida.

A mi ángel Karen Mantilla a pesar de la distancia me levantaste de una etapa no muy buena para mí comprendiéndome y apoyándome con tu cariño y amor día a día.

A mi compañera de tesis Nelcy por tenerme paciencia e impulsarme a terminar el proyecto con esa ambición de triunfo.

A mis amigos René Huevo, Dinora Cuadra Wilfredo Velásquez, Marvin Ramírez por mostrarme que los amigos están siempre y no en una sola etapa de la vida gracias por su apoyo y su incondicional amistad.

A mis amigos de trabajo Javier Lorenzana, Víctor Rivera, Luis Sosa y mi jefe Ing. Mario López por ayudarme en mi trabajo a adaptarme más fácilmente y aprender con humildad de cada uno de ellos.

Y Finalmente a todos mis queridos maestros por convertirme en una persona íntegra, con criterio social y competente para ser un Ingeniero Químico por su comprensión y guía durante toda mi formación académica.

Juan Carlos Henríquez Garciguirre

RESUMEN

La finalidad de la investigación realizada consiste en evaluar la calidad de agua para la Subcuenca Sur del Río Acelhuate durante ambas épocas del año; por lo que el estudio se enfoca en conocer aspectos socioeconómicos y problemáticas de la zona en estudio, para tener una idea de como orientar la investigación.

Se seleccionaron los puntos de muestreo en la ubicación geográfica correspondiente al municipio de San Salvador; posteriormente se realizó un muestreo del agua y medición del caudal para cada uno de los puntos de muestreo en los ríos que dan origen al río Acelhuate y en él mismo, esto se llevó a cabo durante los meses de Octubre para la época lluviosa y Febrero para la época seca.

En base a los resultados de los análisis de las muestras de agua de los ríos, se pudo determinar la calidad de agua mediante el ICA (Índice de Calidad del Agua); una vez conocida la calidad del agua y las cantidades de los principales contaminantes, estos se compararon con la normativa del país, con lo que se llegó a la conclusión que el tratamiento del agua de los ríos en estudio es urgente, así como de la actualización del código de agua, que debe velar por el cumplimiento de leyes que garanticen la protección de los recursos hídricos en el país, también es importante la concientización de la población y las industrias, a hacer un uso racional del agua y evitar su contaminación.

Los principales factores que modifican la calidad de agua en zona fueron: conexiones ilícitas de tuberías de las comunidades en los alrededores, descargas industriales y desechos sólidos en general. Para lo que se elaboraron propuestas de mitigación encaminadas a la recuperación de las condiciones actuales.

Presentándose como principales recomendaciones: la limpieza periódica de los ríos, eliminando primariamente materiales sólidos de gran tamaño, además de metodologías que buscan minimizar la demanda bioquímica y química de oxígeno y coliformes fecales; para esto se propone el uso de sedimentadores, humedales y la instalación de sanitarios con calentador solar para contrarrestar los efectos contaminantes en los ríos de la Subcuenca Sur del Río Acelhuate.

INDICE

INTRODUCCION	I
1. GENERALIDADES DE LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE	1
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN DE ESTUDIO.	4
1.2 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS DE LA REGIÓN	4
1.2.1 ASPECTOS HIDROLÓGICOS	4
1.2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	5
1.2.3 GEOLOGÍA	6
1.2.4 TIPOS Y USOS DEL SUELO	6
1.2.5 CLIMA Y CALIDAD ATMOSFÉRICA	10
1.2.6 BIODIVERSIDAD DE LA ZONA	11
1.3 SITUACIÓN SOCIOECONÓMICA	18
1.3.1 AMBIENTE	18
1.3.2 ADMINISTRACIÓN	18
1.3.3 POBLACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	20
1.3.4 ECONOMÍA	20
1.3.5 SERVICIOS BÁSICOS	22
1.3.6 VIVIENDA	23
1.3.7 EDUCACIÓN	24
1.3.8 SEGURIDAD	24
1.4 IMPACTO AMBIENTAL DE LA FLORA Y FAUNA	25
2. FUENTES CONTAMINANTES PUNTUALES Y NO PUNTUALES Y DISEÑO DE UNA RED DE PUNTOS DE MUESTREO PARA LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE	26
2.1 USOS DE LOS RECURSOS HÍDRICOS	26
2.1.1 POTENCIALES USOS DE LOS RECURSOS HIDRICOS	27
2.1.2 TIPOLOGÍA DE LOS USOS DEL AGUA	28
2.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL	30
2.2.1 LEVANTAMIENTO DE FUENTES CONTAMINANTES	31
2.2.2 FUENTES PUNTUALES	31
2.2.3 FUENTES NO PUNTUALES	34
2.3 CARGA CONTAMINANTE DE LOS ACUÍFEROS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO ACELHUATE	39
2.4 DISEÑO DE UNA RED DE PUNTOS DE MUESTREO PARA TOMA DE MUESTRAS EN LA SUBCUENCA SUR DEL RÍO ACELHUATE	41
2.4.1 LEVANTAMIENTO DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN	43
3. CALIDAD DEL AGUA DE LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE	47
3.1 MARCO JURÍDICO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL	47
3.2 CRITERIOS Y ESTÁNDARES DE CALIDAD	49
3.2.1 AGUAS CRUDAS SUPERFICIALES PARA POTABILIZAR	50
3.2.2 AGUA PARA RIEGO	50
3.2.3 AGUA PARA CONTACTO HUMANO	50
3.2.4 AGUAS CON CALIDAD AMBIENTAL	51
3.3 CALIDAD DEL AGUA COMO CUERPO RECEPTOR	52

3.3.1	CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL DESCARGADA A CUERPOS DE AGUA RECEPTORAS SUPERFICIALES	53
3.4	REGLAMENTO ESPECIAL DE NORMAS TÉCNICAS DE CALIDAD AMBIENTAL	55
3.5	NORMA PARA REGULAR LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DE TIPO ESPECIAL DESCARGAS AL ALCANTARILLADO SANITARIO	56
3.6	PARAMETROS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE UN ACUIFERO	56
3.6.1	ANALISIS FISICO DEL AGUA	56
3.6.2	ANALISIS QUIMICO DEL AGUA	57
3.7	INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)	61
3.7.1	ESTIMACION DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA GENERAL "ICA"	62
4.	DETERMINACION DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA Y CALCULO DE LA CANTIDAD DEL AGUA DE LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE	69
4.1	PLAN DE MUESTREO	69
4.2	MEDIDA DEL CAUDAL	71
4.3	CALCULO DE LA CANTIDAD DEL AGUA DE LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE	72
4.4	APLICACION DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA DE LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE	74
4.5	ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	77
4.6	COMPARACION DE LOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS CON LA NORMATIVA DEL PAIS	90
4.7	DETERMINACION DE LOS USOS DEL AGUA DE LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHAUTE EN BASE AL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA	93
4.8	4.8 PLAN DE MONITOREO DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DEL AGUA DE LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE.	97
5.	MEDIDAS DE MITIGACION DE FUENTES CONTAMINATES	98
5.1	EQUIPOS PROPUESTOS PARA LAS DISMINUCION DE LA CONTAMINACION EN LOS RIOS ESTUDIADOS	98
5.1.1	REJILLAS	98
5.1.2	SEDIMENTADORES	100
5.1.3	HUMEDALES	101
5.1.4	SANITARIOS CON CALENTADOR SOLAR	104
5.2	PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACION	108
	CONCLUSIONES	110
	RECOMENDACIONES	112
	BIBLIOGRAFIA	113
	GLOSARIO	115
	SIGLAS Y ABREVIATURAS	119
	ANEXOS	120

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1	ESTADO DE CALIDAD DEL AGUA DE MENOR A MAYOR, DE LAS SUBCUENCAS QUE FORMAN PARTE DE LA CUENCA DEL RÍO LEMPA.	1
FIGURA 1.2	PORCENTAJES DE LOS TIPOS DE POBREZA EXISTENTES EN EL MUNICIPIO DE SANSALVADOR.	21
FIGURA 3.1	VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN FUNCIÓN DE COLIFORMES FECALES	64
FIGURA 3.2	VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN FUNCIÓN DEL PH	64
FIGURA 3.3	VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN FUNCIÓN DE LA DBO_5	65
FIGURA 3.4	VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN FUNCIÓN DEL NITRÓGENO	65
FIGURA 3.5	VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN FUNCIÓN DE LOS FOSFATOS.	66
FIGURA 3.6	VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA	66
FIGURA 3.7	VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN FUNCIÓN DE LA TURBIDEZ	67
FIGURA 3.8	VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN FUNCIÓN DEL RESIDUO TOTAL	67
FIGURA 3.9	VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN FUNCIÓN DEL % DE SATURACIÓN DEL OXIGENO DISUELTO.	68
FIGURA 4.1	SECCIONES TRANSVERSALES DE UN RÍO	72
FIGURA 4.2.	MÉTODO DEL FLOTADOR	73
FIGURA 4.3	CALIDAD DEL AGUA SEGÚN ICA, PARA EL PRIMER MUESTREO DE LA EPOCA LLUVIOSA.	75
FIGURA 4.4	CALIDAD DEL AGUA SEGÚN ICA, PARA EL SEGUNDO MUESTREO DE LA EPOCA LLUVIOSA.	76
FIGURA 4.5	CALIDAD DEL AGUA SEGÚN ICA, PARA EL PRIMER MUESTREO DE LA EPOCA SECA.	76
FIGURA 4.6	CALIDAD DEL AGUA SEGÚN ICA, PARA EL SEGUNDO MUESTREO DE LA EPOCA SECA.	77
FIGURA 4.7.	GRÁFICA DE PH	80
FIGURA 4.8.	GRÁFICA DE OXÍGENO DISUELTO	81
FIGURA 4.9.	GRÁFICA DE FOSFATOS	82
FIGURA 4.10	GRÁFICA DE NITRATOS	82
FIGURA 4.11	GRÁFICA DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	83
FIGURA 4.12.	GRÁFICA DE TURBIDEZ	83
FIGURA 4.13.	GRÁFICA DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO.	84
FIGURA 4.14.	GRÁFICA DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, PARA LA ÉPOCA LLUVIOSA	85
FIGURA 4.15.	GRÁFICA DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, PARA LA ÉPOCA SECA.	85
FIGURA 4.16	GRÁFICA DE COLIFORMES FECALES, PARA LA ÉPOCA LLUVIOSA.	86
FIGURA 4.17	GRÁFICA DE COLIFORMES FECALES, PARA LA ÉPOCA SECA.	86
FIGURA 4.18	GRÁFICA DE CLORO RESIDUAL.	87

FIGURA 4.19	GRÁFICA DE HIERRO TOTAL	88
FIGURA 4.20	ESCALA DEL ICA EN FUNCIÓN DEL USO DEL AGUA	93
FIGURA 5.1.	REJAS DE LIMPIEZA MANUAL.	99
FIGURA 5.2.	REJASDE LIMPIEZA MECÁNICA	99
FIGURA 5.3.	CANAL SEDIMENTADOR	101
FIGURA 5.4	PLANTAS ACUÁTICAS COMUNES	102
FIGURA 5.5.	SISTEMA DE DESCARGA DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LAS CIUDADES.	104
FIGURA 5.6.	SANITARIO CON CALENTADOR SOLAR	106
FIGURA 5.7	OPCIONES PARA EL MANEJO Y USO DE LA ORINA SEPARADA	107
FIGURA 5.8	USO DE HECES DESHIDRATADAS COMO FERTILIZANTE	108

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.1	POBLACIÓN EN LOS MUNICIPIOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO ACELHUATE	3
TABLA 1.2	BALANCE HÍDRICO POR REGIÓN HIDROGRÁFICA, EN MILLONES DE M ³ ANUALES	5
TABLA 1.3.	ESPECIES ARBÓREAS PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO	13
TABLA 1.4.	ESPECIES DE ARBUSTOS Y HERBÁCEAS	14
TABLA 1.5.	CATEGORÍAS DE LAS ESPECIES DE LA ZONA DE ESTUDIO	14
TABLA 1.6.	FAUNA DE LA ZONA EN ESTUDIO	15
TABLA 1.7	CATEGORIZACIÓN, CUANTIFICACIÓN DE ZONAS Y SU PORCENTAJE DE ACUERDO AL USO DEL SUELO EN EL SECTOR E.	17
TABLA 1.8	DATOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE LOS DISTRITOS 4 Y 5 DEL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR.	19
TABLA 1.9	SALARIOS E INGRESOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR (AMSS)	21
TABLA 1.10	POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR.	22
TABLA 2.1	RESUMEN DE ACTIVIDADES POTENCIALES GENERADORAS DE CARGA CONTAMINANTE EN LA SUBCUENCA DEL RÍO ACELHUATE	38
TABLA 2.2.	COORDENADAS DE POSIBLES FUENTES CONTAMINANTES UBICADAS CERCA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO SELECCIONADOS EN LA SUBCUENCA SUR DEL RÍO ACELHUATE	43
TABLA 2.3	TIPOS DE RESIDUOS GENERADOS POR DIFERENTES INDUSTRIAS EN SAN SALVADOR Y LOS PARÁMETROS DEL AGUA QUE ESTOS RESIDUOS AFECTAN.	44
TABLA 3.1	RANGOS DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA DESEABLES PARA USO DE POTABILIZACIÓN Y RIEGO	50
TABLA 3.2.	RANGOS DE CALIDAD DE AGUA DESEABLES PARA CONTACTO HUMANO	51
TABLA 3.3.	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA	52
TABLA 3.4	CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CUERPO DE AGUA SUPERFICIAL SEGÚN EL ICA	52
TABLA 3.5	LÍMITES DE CALIDAD PARA CUERPOS RECEPTORES	53
TABLA 3.6.	VALORES MÁXIMOS DE PARÁMETROS PARA AGUAS RESIDUALES DE TIPO ORDINARIO, DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR.	54
TABLA 3.7.	VALORES MÁXIMOS DE METALES PARA AGUAS RESIDUALES DE TIPO ORDINARIO, DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR.	55
TABLA 3.8.	REGLAMENTO ESPECIAL DE NORMAS TÉCNICAS DE CALIDAD AMBIENTAL	55
TABLA 3.9.	NORMA DE CALIDAD RESIDUAL DE TIPO ESPECIAL DESCARGADAS AL ALCANTARILLADO SANITARIO.	56
TABLA 3.10	CLASIFICACIÓN DEL "ICA" PROPUESTO POR BROWN	62
TABLA 3.11	PESOS DE PARÁMETROS DE ICA	63
TABLA 3.12	SOLUBILIDAD DEL OXÍGENO EN AGUA DULCE	68
TABLA 4.1.	UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	69
TABLA 4.2.	CAUDALES DE LOS RÍOS QUE CONFORMAN LA SUBCUENCA SUR	74

	DEL RÍO ACELHUATE, PARA AMBAS ÉPOCAS DEL AÑO.	
TABLA 4.3.	VALORES DEL ICA, PARA CADA PUNTO DE MUESTREO DURANTE LAS DOS ÉPOCAS DEL AÑO.	74
TABLA 4.4.	CALIDAD DEL AGUA SEGÚN ICA, PARA CADA PUNTO DE MUESTREO DURANTE LAS DOS ÉPOCAS DEL AÑO.	75
TABLA 4.5	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL AGUA REALIZADOS POR LABORATORIOS LECC,	78
	CORRESPONDIENTE A ÉPOCA LLUVIOSA. OCTUBRE 2008	
TABLA 4.6	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL AGUA REALIZADOS POR LABORATORIO LAVOISIER, CORRESPONDIENTE A ÉPOCA SECA. FEBRERO 2009.	79
TABLA 4.7.	TEMPERATURAS DEL AGUA DE LA SUBCUENCA SUR DEL RÍO ACELHUATE	88
TABLA 4.8.	COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS OBTENIDOS CON LA NORMA PARA LA REGULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL DE TIPO ESPECIAL, DESCARGADA AL ALCANTARILLADO SANITARIO	90
TABLA 4.9.	COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS OBTENIDOS CON LA NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR.	91
TABLA 4.10	COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS OBTENIDOS CON EL REGLAMENTO ESPECIAL NORMAS TÉCNICAS DE CALIDAD AMBIENTAL	92
TABLA 4.11	USO DEL AGUA RECOMENDADO PARA LA SUBCUENCA SUR DEL RÍO ACELHUATE SEGÚN LA ACTIVIDAD, EN BASE AL ICA, PARA LA ÉPOCA LLUVIOSA.	95
TABLA 4.12	USO DEL AGUA RECOMENDADO PARA LA SUBCUENCA SUR DEL RÍO ACELHUATE SEGÚN LA ACTIVIDAD, EN BASE AL ICA, PARA LA ÉPOCA SECA.	96
TABLA 5.1	VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO DE PARTÍCULA.	100
TABLA 5.2	REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES CON EL USO DE HUMEDALES.	104

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.1	MAPA DE UBICACIÓN DE LA SUBCUENCA DEL RIO ACELHUATE	120
ANEXO 1.2	MICROCUENCAS QUE CONFORMAN LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE	121
ANEXO 1.3	REGIONES HIDROGRÁFICAS DE EL SALVADOR	121
ANEXO 1.4	MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO	122
ANEXO 1.5	MAPA AGROLÓGICO DE LA SUBCUENCA SUR DEL RÍO ACELHUATE	122
ANEXO 1.6	MAPA DE USO DE SUELOS DE LA SUBCUENCA SUR DEL RÍO ACELHUATE	123
ANEXO 1.7	ZONAS DE LA SUBCUENCA SUR DEL RÍO ACELHUATE	123
ANEXO 1.8	ZONA DE VIDA DEL ÁREA EN ESTUDIO	124
ANEXO 1.9	DELIMITACIÓN DE LOS DISTRITOS DEL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR	124
ANEXO 2.1	DISTRIBUCIÓN DE LOS SERVICIOS DE ALCANTARILLADOS POR MUNICIPIOS	125
ANEXO 2.2	MAPA DE CARGA CONTAMINANTE SUBCUENCA DEL RÍO ACELHUATE	126
ANEXO 2.3	UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE	127
ANEXO 2.4	MAPA DE FUENTES CONTAMINANTES	128
ANEXO 4.1	FICHAS DE TOMA DE MUESTRA	129
ANEXO 4.2	HOJA DE REGISTRO PARA LA MEDIDA DE CAUDAL	133
ANEXO 4.3	EQUIPO UTILIZADO PARA LA MEDICION DEL CAUDAL	134
ANEXO 4.4	PROGRAMA HID-2008	135
ANEXO 4.5	PROGRAMA ICA VERSION 1.0	137

INTRODUCCION

El Salvador es rico en recursos hidrológicos, aunque mucha del agua superficial está contaminada y no es procesada para abastecimiento de agua. Las mayores fuentes de contaminación de agua superficial provienen de la disposición de residuos domésticos e industriales no tratados, con la mayoría de los efluentes evacuados en ríos o áreas costeras sin ningún tipo de tratamiento.

Leyes sometidas recientemente requieren que las nuevas industrias traten los efluentes descargados en los cursos de aguas nacionales.

El Río Acelhuate, que es el sistema de drenaje primario en San Salvador, está severamente contaminado con residuos domésticos e industriales. Esta agua es considerada un peligro biológico y la contaminación es tan severa que se encuentra en una situación crítica.

En El Salvador actualmente no hay mecanismos que busquen tener un mejor control de los desechos lanzados a los ríos, lo que minimiza el uso de las aguas y reducen el acceso al agua potable a muchas personas.

Se necesita una política y administración nacional de utilización de recursos hídricos que sancionen y velen por las descargas ilegales a los diversos cuerpos de agua.

Esta investigación es el resultado de la revisión sistemática de la bibliografía existente, visitas de campo y la realización de un muestreo y medición del caudal de los ríos de interés, necesarios para determinar las posibles medidas de mitigación a implementarse para reducir la contaminación del agua, empleando las bases de la Ingeniería Química.

1. GENERALIDADES DE LA SUBCUENCA DEL RIO ACELHUATE

La subcuenca del Río Acelhuate forma parte de la cuenca más grande de El Salvador, que es la cuenca del Río Lempa, la cual ocupa 10,167.60 km² que equivale al 48.24%¹ del territorio del país. Según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), en el 2008 se pudo determinar las subcuencas más contaminadas en orden descendente utilizando el Índice de Calidad General del agua (ICA) de la cuenca del Río Lempa, estas son: Acelhuate, Sucio, Acahuapa, Suquiapa, Tamulasco, Río Sucio en Cuscatlán y Metayate. (8).

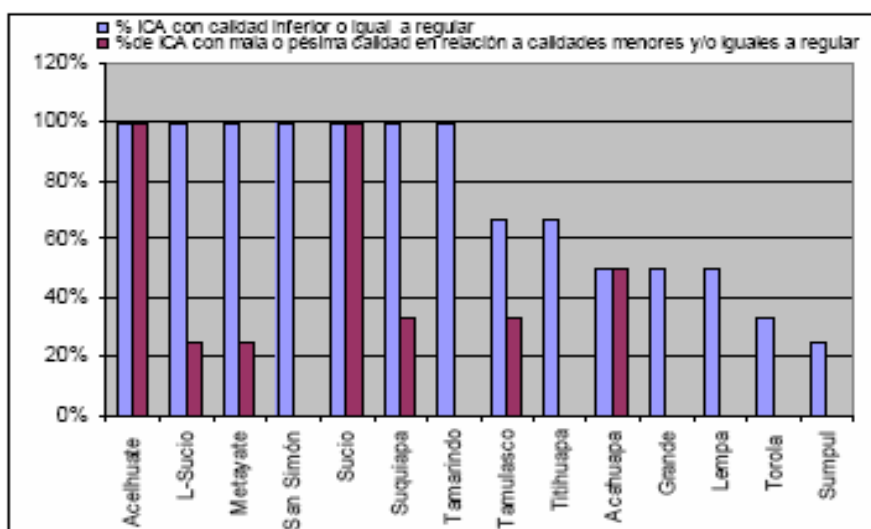


Figura 1.1 Estado de Calidad del agua de menor a mayor, de las subcuencas que forman parte de la cuenca del Río Lempa. FUENTE: MARN, Abril, 2008.(8)

Las subcuencas de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa, albergan en su conjunto la mayor parte de la población de El Salvador, así como de las principales industrias y agroindustrias. Esto afecta directamente los recursos naturales existentes en ellas, y específicamente en cuanto a los recursos hídricos se ha identificado que a nivel nacional, son las que presentan mayores problemas de contaminación debido a la descarga de aguas residuales provenientes de centros urbanos y vertidos producidos de la actividad industrial. Desafortunadamente y como si con los desechos líquidos no fuese suficiente, se transforman también en receptores y diseminadores de desechos sólidos de carácter domiciliario (6).

La subcuenca Acelhuate tiene un área de 706 km², cuyo río se forma a partir de la confluencia de los ríos Ilohuapa, Matalapa y El Garrobo, recibe desde su nacimiento descargas puntuales (industriales y domésticas) y no puntuales (desechos sólidos, conexiones ilícitas de aguas grises y negras). Por esta razón, el Acelhuate es considerado el río más contaminado del país debido a la descarga

¹ MARN, Abril 2008

de dichas fuentes de la ciudad capital y ciudades periféricas del Gran San Salvador (2).

Las aguas de este río desembocan a un recurso tan importante como es el Embalse del Cerrón Grande, donde se realizan actividades como recreación y pesca, además de la generación de energía eléctrica; de manera que si se toman en cuenta que muchos de los parámetros de las aguas del río se encuentran en niveles superiores al valor permitido para el desarrollo de vida acuática, el riesgo de la población a contraer enfermedades crónicas a mediano y largo plazo por consumir los recursos de dicho ecosistema será mayor.

Los municipios que conforman a la subcuenca del Río Acelhuate son: San Salvador, Soyapango, Mejicanos, Apopa, Ciudad Delgado, Ilopango, San Martín, San Marcos, Tonacatepeque, Ayutuxtepeque, Cuscatancingo, Nueva San Salvador, Antiguo Cuscatlán, Nejapa, Aguilares, Guazapa, Suchitoto, San José Guayabal y Oratorio de Concepción, los tres últimos son parte del departamento de Cuscatlán. En la tabla 1.1 se detallan la población de estos municipios y el crecimiento anual de cada uno de ellos.

A medida avanza el tiempo, el problema de la contaminación en la subcuenca se vuelve más crítico, debido a varios factores, entre ellos la alta tasa de crecimiento poblacional que presenta el departamento de San Salvador, que según el SNET(2002), es de 3.45%² anual. Lo anterior significa que en diez años San Salvador habrá crecido un 34.5% de la población actual, lo cual vuelve cada vez más difícil el problema del manejo de la contaminación en la subcuenca.

² SNET, Octubre 2002.

Tabla 1.1. Población en los municipios de la subcuenca del Río Acelhuate.

MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	Pob.2000	Pob.1971	Superf.(km²)	Crecimiento anual (%)
SAN SALVADOR	San Salvador	479,605	338,154	72.25	1.29
SOYAPANGO	San Salvador	285,286	43,158	29.72	6.73
MEJICANOS	San Salvador	189,392	69,359	22.12	3.52
APOPA	San Salvador	171,833	18,980	51.84	7.89
CIUDAD DELGADO	San Salvador	153,350	64,048	33.42	3.06
ILOPANGO	San Salvador	132,231	23,757	34.63	6.10
SAN MARTIN	San Salvador	107,212	14,220	55.84	7.21
SAN MARCOS	San Salvador	70,610	28,451	14.71	3.18
TONACATEPEQUE	San Salvador	41,277	12,857	67.55	4.10
AYUTUXTEPEQUE	San Salvador	39,953	8,379	8.41	5.53
NEJAPA	San Salvador	32,172	15,368	83.36	2.58
AGUILARES	San Salvador	30,184	10,209	33.72	3.81
GUAZAPA	San Salvador	26,996	10,100	63.65	3.45
SUCHITOTO	Cuscatlán	16,347	34,101	329.32	-2.50
SAN JOSE GUAYABAL	Cuscatlán	10,577	9,639	42.74	0.32
ORATORIO DE CONCEPCION	Cuscatlán	2,552	2,523	24.32	0.04
PROMEDIO CRECIMIENTO ANUAL: 3.45%					

FUENTE: SNET, 2002 (6).

1.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

La subcuenca del Río Acelhuate cubre el 3.5% de la superficie total del país y está situada en el centro del territorio nacional, en donde se encuentran la mayoría de municipios del área metropolitana de San Salvador. El Río Acelhuate se origina a partir de la unión de los ríos Ilohuapa y El Garrobo, de la ciudad de San Salvador en las cercanías del Parque Saburo Hirao, habiendo recibido previamente el aporte del Río Matalapa procedente del municipio de San Marcos, luego baja y pasa por el Parque Zoológico, por el Barrio Modelo, luego por La Vega y, a la altura del punto llamado la Administración de Rentas, recibe como afluente el río formado por la unión del Arenal la Mascota y el Monserrat. Después pasa por el puente conocido como “Eureka”, pasa por Ciudad Delgado y Apopa, cerca de la carretera Troncal del Norte hasta desembocar en el Embalse del Cerrón Grande del Río Lempa, a través del cantón El Tule en Aguilares.

El área de estudio para ésta investigación comprende el sector sur de la subcuenca del Río Acelhuate, ubicada dentro de los distritos 4 y 5 del municipio de San Salvador. Se determinará la calidad de los ríos que dan origen al Río Acelhuate, estos son Río Ilohuapa y El Garrobo, además de estudiar el río de principal interés dentro del Parque Zoológico.

1.2 CARACTERISTICAS BIOFISICAS DE LA REGION

Para conocer los factores que afectan la disponibilidad del agua en cuanto a su calidad y cantidad, es necesario estudiar los aspectos característicos de la propia subcuenca como el régimen de las lluvias, la vegetación y fauna presente, la naturaleza del suelo, la calidad atmosférica, etc. Para esto se describen a continuación las características biofísicas del sur de la subcuenca del Río Acelhuate.

1.2.1 ASPECTOS HIDROLOGICOS

El Salvador cuenta con 360 ríos, cuyas áreas de recogimiento han sido agrupadas en 10 regiones hidrográficas sobre la base de condiciones hidrológicas similares, tal como se muestra en la tabla 1.2; de estas, cuatro son cuencas rivereñas grandes y siete son cuencas rivereñas pequeñas que drenan la Cordillera Costera del Pacífico. Las cuatro cuencas rivereñas son la cuenca del Río Lempa, la cuenca del Río Goascorán, la cuenca del Río Grande de San Miguel y la cuenca del Río Paz. Vale la pena destacar que todas las regiones desembocan al Océano Pacífico.

La cuenca más importante es la del Río Lempa con 18,240 km², perteneciendo a El Salvador 10,167.60 km² (56%) y el resto a Guatemala (14%) y Honduras (30%). Dentro del territorio nacional la cuenca del Lempa (Región “A”) representa el 48.24% del país³.

³ MARN, Abril 2008.

La disponibilidad total del agua de El Salvador es de 23,211.89 millones de m³/año (736.04 m³/s), ya deducida la evaporación. Se estima que un 22% son recursos subterráneos, el 78% restante forma el caudal medio de los recursos de agua; el único que es regulado a través de la operación de embalses es el Río Lempa, utilizados para la generación de energía eléctrica. Entiéndase por agua subterránea la contenida en reservorios, comúnmente llamados acuíferos, que se constituyen por el área de recarga, el área de almacenamiento y el área de descarga, en cambio las aguas superficiales comprenden el agua lluvia, escorrentía y caudal freático que aflora en fuentes, manantiales, ríos, arroyos, lagos y similares.

Como ya se mencionó, la subcuenca sur del Río Acelhuate pertenece a la Región "A", Lempa. La subcuenca está ubicada en el área Metropolitana de San salvador.

Tabla 1.2 Balance Hídrico por Región Hidrográfica, en millones de m³ anuales.

No.	Código	Precipitación	Escorrentía Superficial	Evaporación total	Recursos disponibles
1	"A"	32,483.41	10,937.20	18,900.3	13,583.12
2	"B"	3,616.63	1,104.70	2,718.8	897.82
3	"C"	1,424.73	449.20	794.2	630.54
4	"D"	1,472.99	497.30	728.9	744.13
5	"E"	2,469.48	663.00	1,266.7	1,202.77
6	"F"	3,004.02	782.30	1,740.5	1,263.51
7	"G"	1,388.90	340.40	806.7	582.24
8	"H"	3,782.03	1,182.70	2,266.9	1,515.13
9	"I"	1,775.84	481.20	1,075.4	700.44
10	"J"	4,634.28	1,813.90	2,542.1	2,092.19
Total		56,052.31	18,251.90	32,840.4	23,211.89

FUENTE: MARN, 2008 (8).

1.2.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA

El área de estudio se ubica en el departamento de San Salvador, específicamente en Área Metropolitana de San Salvador, entre las coordenadas Norte 13°40'01" y 13°41'03" y entre 89°11'39" y 89°12'02" Oeste. Limita al Norte con el municipio de Mejicanos, al Sureste con San Marcos, al Suroeste con Antiguo Cuscatlán y al Este con Soyapango.

1.2.3 GEOLOGÍA (4).

El área de estudio es de origen volcánica y los suelos más superficiales pertenecen a las secuencias eruptivas del Plioceno hasta el Cuaternario. Toda la cuenca está afectada por erupciones caracterizadas por piroclastitas de caída, originadas por la caldera de Ilopango. Toda la zona está sujeta a actividad sísmica regional y local de tipo tectónico frecuente.

En el entorno de la subcuenca se presentan tres formaciones geológicas, que se describen a continuación, de la más reciente (San Salvador) a la más antigua (Bálsamo). (Ver Anexo 1.4).

1. Formación San Salvador: Compuesta por rocas piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas, conocidas como "Tobas color café", las cuales son susceptibles a deslizar.

2. Formación Cuscatlán: Compuesta por rocas piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas, tobas ardientes y fundidas; susceptibles a deslizar y también compuesta por rocas efusivas, las cuales son más estables que las primeras.

3. Formación Bálsamo: Compuesta por rocas efusivas y epiclastitas volcánicas, piroclastitas, corrientes de lava intercalada, estas rocas son las más estables identificadas en la zona.

Pendientes: El territorio en estudio hace parte de la sierra del Bálsamo y presenta un relieve bastante accidentado, se extiende aproximadamente entre las cotas 700 y 950 (hacia el sur). Las pendientes van del 15% hasta más de 45%.

Fallas: La zona del presente estudio, presenta numerosas fallas geológicas que atraviesan la subcuenca y representan un riesgo a la estabilidad de los terrenos. Históricamente los registros indican que el área del estudio, es una zona de depresión, en general; y el área de la ciudad de San Salvador en particular, se encuentra dentro de la región de más severa actividad sísmica; en la cual, han ocurrido terremotos de 10 km. de profundidad (considerada poca profundidad) con intensidades mayores al grado ocho en la escala de Mercalli Seiberg.

El vulcanismo en América Central resulta de la interacción de la triple convergencia de las placas de Norteamérica, Cocos y del Caribe. La estructura tectónica prominente en la región Salvadoreña lo constituye el Graben Central Centroamericano que se desarrolla en la placa continental del Caribe.

1.2.4 TIPOS Y USOS DEL SUELO (4)

A. TIPOS DE SUELO

La subcuenca se caracteriza por presentar dos grandes grupos de suelos, desde donde nace el Río El Garrobo (finca La Granjita) hasta la desembocadura en el Río Matalapa, correspondiente a la colonia Minerva. En este tramo se presenta la

unidad de suelo, accidentado en montañas; dentro de esta unidad, en la parte media y baja de la vertiente del río, en un 65% predomina el grupo de suelo Regosol, cuyas pendientes varían de 15 al 40%; luego el 35% restante corresponde al grupo de suelo Latosol Pardo Forestal, identificada con la parte alta de la vertiente del río.

El resto de la subcuenca, se clasifica según la identificación pedológica como suelos "Andisoles", la cual se basa en el origen y desarrollo de los suelos. Estos suelos son originados de cenizas volcánicas, de distintas épocas y en distintas partes del país, tienen por lo general un horizonte superficial entre 20 y 40 centímetros de espesor, de color oscuro, textura franca y estructura granular. Su capacidad de producción es de alta a muy alta productividad, según la topografía son aptos para una agricultura intensiva mecanizada para toda clase de cultivos.

En el área de la subcuenca sur se identifican dos zonas definidas que corresponden a las siguientes órdenes de suelos: En la zona este de mayor presencia, pertenece a las órdenes Inceptisoles-Alfisoles-Molisoles, y se caracterizan por tener una fisiografía de áreas de lomas y montañas, con un potencial de productividad moderada, de profundidad superficial y presencia de pedregosidad. La zona oeste de menor presencia, pertenece a las órdenes de suelos: Inceptisoles-Entisoles, y se caracterizan por tener una fisiografía de áreas onduladas y alomadas, con un potencial de productividad muy alta, profundos, originados de cenizas y escorias volcánicas. El resto de la subcuenca es zona urbana.

Clases de Suelos:, Según la identificación agrológica, la cual se basa en el porcentaje de pendiente, profundidad efectiva, y susceptibilidad erosiva de las tierras, las clases de suelos presentes en la subcuenca en su orden predominante son: IV, VI y VII.

1. LA CLASE DE SUELOS IV

De menor presencia, están presentes en los extremos oeste, sur y este de la subcuenca, y se caracterizan por tener severas limitaciones que restringen la elección de plantas. Requieren cuidadosas prácticas y obras de manejo y conservación costosas de aplicar y mantener. (Ver Anexo 1.5 Mapa Agrológico de la subcuenca)

2. LA CLASE DE SUELOS VI

Está presente en la parte central-oeste de la subcuenca, y se caracterizan por ser suelos adecuados para vegetación permanente, pastoreo, bosques, frutales y otros, con restricciones moderadas para el cultivo. La principal limitación es el grado de pendiente, poca profundidad del suelo o excesiva cantidad de piedra; incluye suelos planos y arenosos, con escaso suelo superficial y materia orgánica, susceptibles de perderla por erosión. Las Tierras de esta clase tienen limitaciones muy severas que hacen inadecuado su uso para cultivos intensivos y

lo limitan para cultivos permanentes como frutales, bosques y praderas. Se requieren usar cuidadosas medidas de conservación y manejo.

3. LA CLASE DE SUELOS VII

Está presente en la parte central y este de la subcuenca, y se caracterizan por ser adecuadas únicamente para vegetación permanente, incluyendo pastos de corte. La mayor parte de estos suelos se encuentran en terrenos montañosos de poca profundidad efectiva de suelos, abundantes rocas o piedras. Son tierras con limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para cultivos. Restringen su uso para la vegetación permanente como bosques y praderas los cuales requieren un manejo muy cuidadoso. Estas tierras tienen limitaciones permanentes que en general son pendientes muy abruptas y suelos muy superficiales.

B. USOS DEL SUELO

El principal uso del suelo de la zona de estudio es habitacional y en el área no urbanizada el principal uso es el cultivo de café; existiendo en menor proporción los usos de suelo para la industria, áreas verdes recreativas, equipamiento social, comercio y servicios. (Ver Anexo 1.6).

El suelo de la región ha sufrido una gran pérdida de fertilidad debido al arrastre de sedimentos y escombros traídos por la corriente de generada en la época lluviosa. El uso del suelo en la zona ha ido cambiando con el tiempo, a tal grado que en la mayor parte de la zona, los cafetales han sido sustituidos por zonas habitacionales

Se tomará como referencia el estudio territorial realizado por la Alcaldía municipal de San Salvador en Mayo de 2008, en donde se divide por zonas el sector de la subcuenca en estudio (4).

En principio el área de estudio se divide en dos grandes zonas separadas por el eje de la Autopista al Aeropuerto, que atraviesa el sector de noroeste a sureste. La parte al norte de este eje se denominará Zona 1 y la parte al sur de este eje que se denomina Zona 2. (Ver Anexo 1.7).

La principal diferencia entre las dos zonas es su grado de urbanización o consolidación y el sector de mayor atención para el desarrollo del Componente de Planificación Territorial se encuentra localizado en la Zona 2. A continuación se describen brevemente las dos zonas:

Zona 1

Comprende parte del Distrito No 05 de San Salvador (al norte) y parte del municipio de San Marcos (al este). La zona se aprecia ocupada en casi su totalidad, con excepción de las cotas más altas al este. Su trama urbana es bastante permeable, por la red vial, y presenta distintos usos de suelo combinados con el uso habitacional.

La Zona en su parte este corresponde a la microcuenca del río Matalapa y en su parte norte a las tres microcuencas predominando la microcuenca del río Matalapa.

En esta zona se da la combinación de usos habitacionales, comerciales e industriales, con presencia de equipamientos y áreas recreativas con importancia para la ciudad. Estos últimos se concentran en la parte norte de la Zona 1, destacándose la localización del Zoológico Nacional, las instalaciones del INDES (velódromo y piscinas) y otros grandes equipamientos institucionales (ISRI, ISNA, Museo militar, Instituto El Buen Pastor).

En la parte este de la Zona 1 se destacan, como usos distintos a los habitacionales, la presencia de comercio e industria, entre la Autopista y la calle a San Marcos (entorno de la colonia Jardines de San Marcos). En este mismo sector se localizan un mercado, una Terminal de buses y algunos equipamientos educativos.

Sobre el eje vial de la calle a San Marcos, arteria secundaria que atraviesa toda la parte este, se desarrollan de manera continua o discontinua usos de comercio y servicios.

En la parte norte predominan las densidades poblacionales Bajas y Medias. Se nota presencia de pequeñas zonas con densidad Alta y Muy alta hacia el extremo oeste. En la parte este, predominan por el contrario las densidades Medias y Altas. También se notan algunas pequeñas zonas con densidad Muy alta.

Zona 2

Comprende parte del Distrito No 04 y 05 de San Salvador, parte del municipio de San Marcos (al este) y parte del municipio de Antiguo Cuscatlán (al oeste). La zona se aprecia parcialmente ocupada, con uso habitacional y su permeabilidad es relativamente baja, por lo cual se identifican varios sectores diferenciados.

En esta zona, solo se destacan dos equipamientos con importancia para la ciudad de tipo mortuario (Cementerios La Resurrección y Jardines del Recuerdo), ubicados al norte. El resto de la actividad urbana es predominantemente residencial con generación de pequeños comercios y servicios de escala local.

Se observan también algunos usos aislados de equipamiento o comercio al borde de las vías perimetrales, un supermercado al oeste (sobre calle a Huizucar), una escuela de equitación al norte (sobre la Autopista) y algunos usos mixtos al este, frente a la zona industrial y comercial de la Zona 1.

A continuación, para fines de delimitación del análisis urbano se describen brevemente los sectores de interés de la zona 2:

Sector A: Ubicado al noreste, en colindancia con la Autopista al Aeropuerto, presenta urbanización con trama permeable, similar a la de la Zona 1.

(Corresponde a la microcuenca del río Matalapa). Predomina la densidad Media, pero se observan pequeñas zonas con densidad baja a proximidad del Sector B y zonas con densidad Alta y Muy alta a proximidad de la Autopista.

Sector B: Ubicado al centro y sureste de la zona, presenta trama irregular con características semiurbanas y baja permeabilidad. Es el sector conocido como Planes de Renderos. (Corresponde a la microcuenca del río Ilohuapa). Predomina la densidad Baja en casi todo el Sector, con excepción del extremo este, colindante con la Autopista al aeropuerto, donde existe un sector con predominio de densidad Media. En general se aprecian algunos casos aislados de colonias o lotificaciones con densidad Media o Alta; y se destaca una pequeña zona con densidad Muy alta al suroeste, a proximidad de la Autopista.

Los demás sectores de la C a la E, son de menor importancia para nuestro estudio por lo que no se detallan; excepto el sector E, en donde se encuentran áreas de reserva ecológica y corresponde a las áreas aún no urbanizadas de la Zona 2.

1.2.5 CLIMA Y CALIDAD ATMOSFERICA

A. CLIMA (4)

El clima es cálido en su mayor parte, según monitoreo de SNET oscilan entre 14°C y 34°C. El área de estudio se encuentra en la zona definida como Bosque Húmedo Subtropical con biotemperaturas y temperaturas del aire, medio-anales, mayores a 24°C. Se caracteriza por tener la Estación Seca en el período noviembre-abril y la época lluviosa en el período mayo-octubre. Durante la estación lluviosa, mayo es el mes con temperaturas más altas, mientras que los meses de septiembre y octubre presentan las temperaturas más bajas; durante la poca seca, las temperaturas más bajas se producen en los meses de diciembre, enero y febrero 4, mientras que las más altas se producen en los meses de marzo y abril.

La estación de Ilopango representa la única estación Meteorológica completa efectiva que reporta las condiciones climáticas representativas para la zona de estudio. La variación térmica anual es modesta con el mínimo entre diciembre y enero, y el máximo en abril-marzo.

Los vientos se disponen del Norte con cambio desde el Sur-Sureste en las horas después del mediodía. El viento se sostiene en los 8 km/h como promedio anual pero las ráfagas medidas han alcanzado los 110 km/h.

El monto pluvial anual oscila entre 1650 y 2000 mm. Con precipitaciones promedio anuales de 1,800 mm, de carácter marcadamente estacional.

B. CALIDAD DEL AIRE (3)

Los particulados son uno de los contaminantes más graves en el aire; se originan de la combustión de los productos del petróleo, procesos industriales y fuentes naturales. Para el área de San Salvador las medidas que se han tomado para el

monitoreo son para PM10 (partículas menores a diez micras). Las PM10 las constituyen principalmente los productos de combustión como: sulfatos, nitratos, plomo etc. Estas partículas más pequeñas son más peligrosas por su alta toxicidad, la facilidad con que penetran profundamente a los pulmones durante la respiración.

La contaminación viaja a través del aire y se esparce en una zona muy extensa por lo que los datos que se presentan a continuación están analizados tomando como base la zona del área Metropolitana de San Salvador.

El 70% de contaminantes que se encuentran en el aire de esta zona proviene de fuentes móviles y el 30% restante corresponde a fuentes fijas.

Las fuentes móviles están conformadas aproximadamente por medio millón de vehículos, de los cuales el 55% están concentrados en San Salvador.

Dentro de éste 55% existen aproximadamente 12,000 autobuses del transporte colectivo que utilizan combustible diesel y un número mayor a 20,000 corresponden a microbuses que utilizan diesel y gasolina, y el resto del parque vehicular lo constituye el transporte de carga y privado, el cual en términos generales se encuentra en mal estado mecánico, ocasionando esto una continua emisión de contaminantes a la atmósfera.

El dióxido de nitrógeno (NO₂) y las partículas menores a diez micras (PM10), son los contaminantes más problemáticos en el Gran San Salvador, generado por una mala combustión de hidrocarburos de las fuentes móviles.

1.2.6 BIODIVERSIDAD

La biodiversidad, es la variedad de especies animales y vegetales, la variación genética que existe dentro de cada especie, y las comunidades ecológicas en que estas especies interaccionan entre sí y con el medio físico.

El ecosistema se considera la unidad máxima de clasificación de la biodiversidad ya que en él se integran la diversidad de especies y su diversidad intraespecífica (genética). Se define Ecosistema como la asociación de plantas, animales y otros organismos (Biota) en los distintos ambientes con factores no vivos como el clima, la precipitación, el suelo, el agua y el aire (Abiótico) (1).

La biodiversidad de los ríos en estudio es escasa debido a la alta contaminación, se compone de larvas de zancudos, caracoles y peces altamente resistentes. Además de asociaciones de bacterias (biofilms) adheridos a troncos y ramas secas dentro de los ríos. A los alrededores de los ríos, puede observarse plantas resistentes en su mayoría maleza y hongos.

En cuanto a la biodiversidad de la zona aunque una gran parte del lugar esta urbanizado, aun puede encontrarse especies de árboles y animales en estado natural.

A. FORMACIONES VEGETALES Y FLORA

La vegetación de la zona está constituida por especies características de bosque húmedo subtropical (fresco), siendo el cultivo del café el principal estrato arbustivo bajo sombra de *Inga* sp como estrato arbóreo dominante en la zona no urbanizada.

La superficie cultivada de café es un área de importancia forestal debido a las plantaciones de sombra. La densidad aproximada de cafetos es de 2,500 cafetos por hectárea, con distanciamiento entre cafeto y cafeto de 2 x 2 m. La densidad de árboles de sombra es de 100 árboles por hectárea, consistentes principalmente por pepetos, algunos frutales y maderables.

Si se habla de la deforestación en la zona, la destrucción de los bosques en las faldas del volcán de San Salvador, San Jacinto y serranías circunvecinas ha hecho desaparecer la cubierta vegetal aumentando la escorrentía, la cual, cuando corre por los declives y pendientes sin ninguna regulación origina inundaciones en la estación lluviosa, ocasionando pérdidas materiales y aun de vidas humanas. En la estación seca se agotan los mantos acuíferos subterráneos que abastecen a la capital.

Otro de los efectos de la deforestación en la ciudad de San Salvador es la contaminación ambiental. Debido al incremento de la población y al uso de combustibles de bajo octanaje, las cantidades de anhídrido carbónico y otros gases letales presentes en el aire ha aumentado considerablemente. En parte, esta contaminación se pudiera disminuir si se contara con zonas verdes que purifiquen el aire.

Con la construcción del Anillo Periférico se disminuye la recarga hídrica del manto acuífero subterráneo por la deforestación en la zona del Espino, el Picacho, Cordillera del Bálsamo, Planes de Renderos y Cerro San Jacinto. Se calcula una tala de 262,000 árboles directamente sobre estas zonas.

A continuación se ofrece un listado de algunas de las especies encontradas en la zona de estudio, especificando su nombre común, su nombre científico y sus características.

Tabla 1.3. Especies arbóreas presentes en la zona de estudio.

No.	Nombre común, Nombre científico y Familia		Características Usos
1	Aceituno	<i>Simarouba glauca</i> Familia: Simaroubaceae	Árbol, madera para construcción, instrumentos musicales, herramientas instrumentos, etc.
2	Almendra de río	<i>Andira inermis</i> Familia: Papilionaceae	Árbol. madera para carpintería corriente y construcción
3	Capulín	<i>Muntingia calabura</i> Familia: Tiliaceae	Árbol, Común en potreros y cerca de las casas, donde se le protege y cultiva por sus frutos comestibles.
4	Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i> Familia: Casuarinaceae	Árbol Madera muy dura, se utiliza para la construcción de cercas. Fabricación de carbón vegetal, siendo un combustible de gran calidad.
5	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> Familia: Bombacaceae	Árbol. Su fibra se usa como relleno de colchones, almohadas, tapicería, muñecos y aislamientos.
6	Cerezo de Belice	<i>Myrcia splendens</i> Familia : Myrtaceae	Árbol ornamental
7	Cortes	<i>Tabebuia chrysantha</i> Familia: Bignoniaceae	Árbol, madera para carpintería corriente, artesanía y construcción
8	Gravileo	<i>Grevillea robusta</i> Familia: Proteaceae	Árbol de crecimiento rápido. Ornamental.
9	Conacaste negro	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> Familia: Nimosaceae	Árbol, madera para carpintería, construcción, instrumentos musicales, herramientas, etc.
10	Guarumo blanco	<i>Cecropia peltata</i> Familia: Cecropiaceae	Árbol. Ideal para reforestación de zonas accidentadas.

FUENTE: Alcaldía de San Salvador, 2008 (4)

Tabla 1.4. Especies de Arbustos y Herbáceas

Nombre común	Nombre científico	Familia
Chichipince	<i>Hamelia patens</i>	Rubiaceae
Chichicaste	<i>Urera baccifera</i>	Urticaceae
Tempate	<i>Jatropha curcas</i>	Euphorbiaceae
San Andrés	<i>Tecoma stans</i>	Bignoniaceae
Campanilla	<i>Perimenium grande</i>	Asteraceae
Ixcanal	<i>Myroxylom balsamum</i>	Fabaceae
Cinco negritos	<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae
Chipilín	<i>Crotolaria retusa</i>	Leguminosae
Cola de alacrán	<i>Stachytarpheta frantzii</i>	Verbenaceae

FUENTE: Alcaldía de San Salvador, 2008 (4)

B. FAUNA

La Fauna que prevalece en la zona se detalla en la siguiente tabla, en donde además se indica la categoría en la que el animal se encuentra, sabiendo de esta forma si es una especie amenazada o en peligro de extinción. La lista de los animales amenazados o en peligro de extinción suman 398 especies. Las especies Amenazadas son “todas aquellas que, si bien no están en peligro de extinción a corto plazo, observan una notable y continua baja en el tamaño y rango de distribución de sus poblaciones”.

Tabla 1.5. Categorías de las especies de la zona de estudio

Categoría	Significado
A	Amenazado
EP	En peligro de extinción
R	Resistente
M	Migratorio
MP	Migratorio parcial
ND	No definido

FUENTE: Alcaldía de San Salvador, Marzo 2008. (11).

Tabla 1.6. Fauna de la zona en estudio.

Taxón	Nombre Común	Nombre Científico	Categoría
Mamífero	Pezote	<i>Nasua Larica</i>	EP
Mamífero	Venado de cola blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>	ND
Mamífero	Cuzuco	<i>Dasypus novemcinctus</i>	EP
Mamífero	Tacuacín blanco	<i>Didelphys virginiana</i>	A
Mamífero	Ardillas parda	<i>Sciurus deppel</i>	A
Mamífero	Mapache	<i>Procyon lotor</i>	EP
Mamífero	Zorrillo	<i>Mephtis macroura</i>	EP
Mamífero	Conejo de monte	<i>Sylvilagus floridanus</i>	EP
Mamífero	Gato de monte	<i>Herpailurus yaguarondi</i>	EP
Mamífero	Rata casera	<i>Rattus rattus</i>	R
Mamífero	Taltuza	<i>Orthogeomys grandis</i>	ND
Mamífero	Micoleón	<i>Potus flavus</i>	ND
Mamífero	Comadreja	<i>Mustela frenata</i>	ND
Mamífero	Zorra gris	<i>Urocyon cinereoargentus</i>	ND
Mamífero	Puerco espin	<i>Coendou mexicanus</i>	ND
Anfibio	Sapo verrugoso	<i>Bufo coccifer</i>	A
Anfibio	Rana	<i>Eleurherodactylus noblel</i>	A
Anfibio	Sapo común	<i>Bufo marinus</i>	A
Ave	Guacalchilla	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	A
Ave	Gallina guinea	<i>Numida meleagris</i>	ND
Ave	Chachas	<i>Ortalis leucogastra</i>	A
Ave	Torogoz	<i>Eumomota supercillosa</i>	R
Ave	Talapo	<i>Momotus momota</i>	R

FUENTE: Alcaldía de San Salvador (11).

Tabla 1.6. Fauna de la zona en estudio (continuación).

Taxón	Nombre Común	Nombre Científico	Categoría
Ave	Chejes	<i>Melanerpes aurifrons</i>	R
Ave	Zanates	<i>Quiscalus mexicanus</i>	R
Ave	Tucán pico de navaja	<i>Pteroglossus torquatus</i>	A
Ave	Pericos	<i>Aratinga spp.</i>	R
Ave	Chiltotas	<i>Lepterus gutarus</i>	R
Ave	Cristo fue	<i>Pitangus sulphuratus</i>	R
Ave	Gavilán	<i>Buteo ssp.</i>	MP
Ave	Halcón peregrino	<i>Falco peregrinus</i>	A
Ave	Clarinero	<i>Quiscalus mexicanus</i>	R
Ave	Chonte	<i>Turdus grayi</i>	ND
Reptil	Masacuatas	<i>Boa constrictor</i>	A
Reptil	Iguana verde	<i>Iguana iguana</i>	EP
Reptil	Garrobo jiote	<i>Ctenosaura simillas</i>	A
Reptil	Tortuga	<i>Staurotypus salvinii</i>	EP
Reptil	Zumbadora	<i>Masticophis mentovarius</i>	A
Reptil	Tenguereche	<i>Basiliscos vittatus</i>	ND
Reptil	Bejuquillo café	<i>Oxibelis aeneus</i>	A
Reptil	Lagartija escamosa	<i>Sceloporus variabilis</i>	ND

FUENTE: Alcaldía de San Salvador (11).

C. AREAS NATURALES PROTEGIDAS

El término Protección y Reserva Ecológica corresponde a los suelos características físicas no aptas para la urbanización y además presentan valores paisajísticos o ambientales que ameritan ser preservados.

De acuerdo a la Ordenanza de zonas de protección y conservación de los recursos naturales del Municipio de San Salvador – 1998; y plano de zonificación 2004, se establecen los siguientes usos predominantes:

MÁXIMA PROTECCIÓN, comprende una pequeña parte al este y toda la parte sur del perímetro de la Subcuenca. Estos suelos corresponden a las zonas de “Reserva Ecológica” de la Cordillera del Bálsamo identificados en la Reglamentación del 90, pero con una notable ampliación del área protegida. Ver Anexo 1.7.

DESARROLLO RESTRINGIDO 2, comprende buena parte de los suelos que aún no han sido urbanizados en la cuenca (Sector E de la delimitación adoptada para el análisis urbano); y que en la Reglamentación del 90 se identificaban como habitacionales.

ÁREA URBANA O POTENCIALMENTE URBANIZABLE, que comprende la mayor parte de los suelos al norte de la Autopista al Aeropuerto y una pequeña parte al sur de esta (principalmente los Sectores A y D de la delimitación adoptada para el análisis urbano). En la Tabla 1.7, se presenta la cuantificación de las diferentes áreas y su porcentaje de ocupación de acuerdo a la clasificación del uso del suelo para el sector E.

Tabla 1.7 Categorización, cuantificación de zonas y su porcentaje de acuerdo al uso del suelo en el sector E.

Clasificación	Área (Ha)	Porcentaje ocupado %
Protección por riesgo	82.81	22.33
Protección y Reserva Ecológica	168.98	45.58
Posible Desarrollo	85.69	23.11
Posible Desarrollo sujeto a estudios especiales	33.29	8.98
Total	370.77	100.00

FUENTE: Alcaldía de San Salvador (4).

La presión ejercida por la población sobre la tierra y el crecimiento urbano incontrolado son las causas fundamentales del grave deterioro ambiental manifestado en la erosión del suelo, la contaminación de las aguas y la erosión acelerada de los lechos de los ríos, especialmente en los extensos depósitos de cenizas volcánicas poco consolidadas.

Dos de las zonas protegidas de mayor importancia en la región son, el Cerro de San Jacinto y la Cordillera del Bálsamo. El Cerro de San Jacinto se encuentra a

4km al sureste de la ciudad de San Salvador, en cuya cima convergen los límites de éste con los municipios de San Marcos y Soyapango. El cerro de San Jacinto ocupa un área de aproximadamente 15 km² y su cima alcanza 1,200 metros sobre el nivel del mar, se eleva sobre el Valle de San Salvador aproximadamente 500 metros. La Cordillera del Bálsamo es una región de relieve irregular y muy escarpado, configurada por colinas que en el sector costero, descienden casi paralelas desde los 1500 metros de elevación sobre el nivel del mar, hasta prácticamente el nivel cero.

1.3 SITUACION SOCIOECONOMICA

1.3.1 AMBIENTE

Las ciudades del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), ubicadas principalmente sobre la subcuenca alta a media del río Acelhuate, se han visto fuertemente impactadas por la escasez del agua potable, alto grado de contaminación de los ríos y acuíferos, inundaciones y daños a los sistemas de alcantarillados; debido a los terremotos y a la antigüedad de los mismos, el escaso tratamiento a los desechos sólidos y la densidad poblacional, todo esto la convierte en una zona geográfica con riesgos físicos-ambientales.

1.3.2 ADMINISTRACION

La zona en estudio se ubica dentro del municipio de San Salvador, por lo que es necesario conocer más acerca de este. Su extensión territorial es de 72.25 km². La población es de 512,682 habitantes.

Para su administración, el municipio se divide en ocho cantones y 32 caseríos. Los cantones son: El Carmen, El Manguito, El Tejar, Lomas de Candelaria, Monserrat, Planes de Renderos, San Antonio Abad y San Isidro los Planes.

Con el propósito de brindar un mejor servicio, el municipio de San Salvador ha sido dividido en siete distritos denominados: D-1, D-2, D-3, D-4, D-5, D-6 y DCH. Cada uno de los cuales brinda diferentes servicios a la población; de éstos, los D-4 y D-5 son los de mayor interés (Ver Anexo 1.9).

En la tabla 1.8 se muestran datos de la Administración de los Distritos 4 y 5 del Municipio de San Salvador.

Tabla 1.8 Datos de la Administración de los Distritos 4 y 5 del Municipio de San Salvador.

Datos	Distrito 4	Distrito 5
Población Total	68,465	126,290
Extensión Territorial	12.36 Km2	18.23 km2
Colonias	31	104
Comunidades	0	83
Residenciales	17	8
Condominios	3	29
Barrios	0	5
Lotificaciones	1	1
Parques	30	49
Triángulos	11	13
Zonas Verdes	0	8
Plazas	4	2

FUENTE: Alcaldía de San Salvador, 2008 (4).

LÍMITES GEOGRÁFICOS DEL DISTRITO 4:

En el sector sur poniente colinda con una finca perteneciente a Antiguo Cuscatlán, con residenciales Altos y Villas de la Cima, y la Comunidad Villanova perteneciente a San Salvador. Al sur oriente con la Comunidad San Cristóbal y Comunidad Bosques de Candelaria pertenecientes al Distrito V de este municipio en colindancia con los sectores de la Cima IV.

LIMITES GEOGRÁFICOS DEL DISTRITO 5:

Norte: Parte de la 49 Avenida Sur. Al sur limita con Panchimalco desde el trifinio entre San Salvador, Antiguo Cuscatlán y Panchimalco. Al este: Limita con San Marcos. Al oeste: Parte de la Intersección de la 49 Avenida Sur, Quebrada La Mascota con rumbo hasta la intersección con la Autopista Sur, Calle Monserrat.

Lugares de interés de la zona

1. Cementerio Jardines del Recuerdo
2. Cementerio Parque La Resurrección
3. Instituto Salvadoreño para el Desarrollo Integral de la Niñez y la Adolescencia (ISNA)
4. Instituto Salvadoreño de Rehabilitación de Inválidos (ISRI)
5. Velódromo Nacional
6. Zoológico Nacional
7. Parque Saburo Hirao
8. Circulo Estudiantil
9. Museo Militar (Ex Cuartel El Zapote)
10. Ex Casa Presidencia.

1.3.3 POBLACION EN LA ZONA DE ESTUDIO

La población total de ambos distritos es 194,755⁴, de estos el 50.2% se encuentra en edades de 0 a 24 años, 40.2% se encuentran entre 25 a 29 años y el resto, 9.65% pertenece a la tercera edad (60 años o más). Se estima que la densidad poblacional es de 6,332 habitantes por kilómetro cuadrado.

Los datos de distribución poblacional por sexo, dicen que un 64% de la población son mujeres, es decir, que representan una oportunidad de ofrecimiento de fuerza de trabajo que supera a la fuerza de trabajo masculina, lo que nos lleva a pensar en la posibilidad de la existencia de un alto índice de empleos domésticos, empleos eventuales y subempleos por parte del sector femenino sobre todo en el gran número de comunidades marginales que se ubican en la zona, y en donde con frecuencia encontramos mujeres líderes en cuanto a participación ciudadana.

1.3.4 ECONOMIA

Para el área de San Salvador como municipio en general, los niveles de pobreza se estiman en 38.8%. Se podría establecer para niveles de pobreza extrema de 10.3% y de 19.2 % de pobreza relativa.

⁴ ALCALDIA MUNICIPAL DE SAN SALVADOR, Mayo2008.



Figura 1.2 Porcentajes de los tipos de pobreza existentes en el Municipio de San Salvador. FUENTE: Alcaldía de San Salvador (3).

Es una zona generadora de fuente de trabajo, por constituir su principal actividad económica el comercio (predominando el de tipo formal). El Área Metropolitana de San Salvador para el año 2002 muestra los siguientes indicadores de ingresos mensuales según los años de estudio tanto para hombres como para mujeres.

Tabla 1.9 Salarios e ingresos del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS).

AMSS		Salarios			Ingresos	
Años de estudio	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Total (\$)	325.06	393.06	255.87	367.02	445.00	286.09
Ninguno	186.23	208.61	176.62	201.02	198.71	202.11
1-3	225.60	288.11	176.56	245.44	296.26	204.37
4-6	200.61	244.41	162.78	222.26	260.64	188.75
7-9	223.41	262.11	173.47	244.63	281.38	196.19
10-12	299.34	325.60	269.73	330.10	357.40	299.16
13 y mas	657.13	807.36	484.50	763.79	973.82	522.28

FUENTE: Alcaldía de San Salvador (5).

En cuanto a la Población económicamente activa (PEA) en AMSS, según la siguiente tabla nos da como resultado que aproximadamente la mitad de los habitantes son económicamente activos y que el 52% de esta población son hombres y un 48% son mujeres; es decir que, el resultado se encuentra equilibrado en cuanto a la distribución por sexo de PEA.

Tabla 1.10 Población Económicamente Activa en el Área Metropolitana de San Salvador.

Población	Totales	%	PEA
PEA amss (hombres)	470050	23	29047
PEA amss (mujeres)	433314	21	26521
PEA amss	903364	44	55568

FUENTE: Alcaldía de San Salvador (5).

1.3.5 SERVICIOS BASICOS

A. ELECTRIFICACION

Toda la zona cuenta con acceso a la energía eléctrica, servida por CAES, la demanda de la población es baja es decir consumen menos de 10 kw.

B. ALCANTARILLADO

La red de alcantarillado sanitario (agua negras), presenta problemas de fugas, esto se traduce en altos volúmenes de aguas servidas, tanto domiciliarias como comerciales e industriales que se infiltran, existiendo la posibilidad de contaminación del acuífero.

No existen sistemas de tratamiento para las aguas servidas domiciliarias de la zona urbana de la subcuenca, Lo anterior se transforma en un verdadero peligro de contaminación para las aguas subterráneas.

El alcantarillado de aguas lluvias en la zona urbana de la subcuenca, actualmente no tiene la suficiente capacidad para evacuar el agua precipitada en el territorio, esta agua presentan la peculiaridad que limpian la red vial de la zona acumulando una carga contaminante alta y con altos contenidos de hidrocarburos y grandes volúmenes de basura, aunado a lo anterior se desconoce las condiciones de la red de drenaje. Si el alcantarillado actualmente presenta problemas de fuga, gran parte de la contaminación de la red vial se está infiltrando y pone en riesgo de contaminación los acuíferos.

C. ABASTECIMIENTO DE AGUA

En muchas comunidades el servicio de agua potable es deficiente, por lo que algunas personas se ven en la necesidad de comprar agua a pipas y muchas veces se ven han tenido que usar el agua de los ríos para lavar ropa o bañarse. Otras partes de la zona son abastecidas por medio de pozos y captaciones de la misma subcuenca, por lo que es de esperarse que las personas estén consumiendo agua altamente contaminada debido a la actual situación de los ríos.

D. SERVICIOS DE SALUD

En ésta área se tiene a disposición:

1. Unidades de Salud.
2. Clínicas del Seguro Social.
3. Clínicas privadas.

E. MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS

En su sentido más amplio, el término de residuos sólidos incluye todos los materiales sólidos desechados de actividades municipales, industriales o agropecuarias.

Una de las principales causas de contaminación para el suelo de la región afectada es la concentración de desechos orgánicos e inorgánicos que se generan en las viviendas de de la zona en total incumplimiento a lo señalado en las ordenanzas.

Este impacto ambiental se ve agravado debido a que no existe un sistema adecuado de recolección de desechos sólidos en la zona de estudio. Se estima que se producen en promedio 21.19 m³/día de basura, mucha de la cual su destino final son las quebradas y ríos de la subcuenca.

1.3.6 VIVIENDA

Predominan las viviendas con una construcción mixta, aunque existen viviendas de bahareque en las zonas de barrios, y viviendas de materiales provisionales en las comunidades marginales.

Por ejemplo, según datos de la Alcaldía Municipal de San Salvador, el número de viviendas según sistema constructivo en el Distrito 5, es el siguiente (3):

Total: 523,939.

- Concreto o mixto: 484,102
- Bahareque: 7,256
- Adobe: 10633
- Madera: 3554
- Lámina: 18003
- Materiales de desecho: 332
- Otro material: 59.

Por otro lado, en el mismo estudio se determinó sobre la base de la muestra de 47 asentamientos poblacionales (comunidades, colonias, residencial, barrios, etc.), que existe un déficit de vivienda ascendiendo a 5,093, sobre la base del registro de 15,347 familias en relación a 10,254 viviendas existentes de tipo mixto, predominando, en cuanto al tipo de vivienda las mixtas y champas, en donde se alberguen alrededor de 5 a 6 miembros por familia y en algunos casos varios grupos familiares en un solo lugar de habitación, lo que conforman las familias ampliadas, consecuentemente esto nos conduce a afirmar que es una zona con alto índice de hacinamiento.

1.3.7 EDUCACION

Existe un significativo número de instituciones educativas consideradas insuficientes en relación a la población y en malas condiciones físicas, agregado a una inadecuada infraestructura, estimando un considerable número de usuarios que provienen de otros distritos o municipios aledaños; registrándose pocas instituciones educativas de carácter vocacional, lo cual acorta el acceso a la educación, de aquellos jóvenes que no pueden o no tienen acceso a la educación superior.

Existen centros escolares de tipo privado y también público en la zona de estudio, además de una universidad privada (Universidad Luterana) ubicada en la zona dos del Distrito 5.

1.3.8 SEGURIDAD

Se registran en la zona por lo menos 60 puntos de asalto ubicados en su mayoría en las comunidades, y algunos en las cercanía de los ríos, además en las mismas se identifican: venta de drogas, entre otros ilícitos, asociado a ello la organización de jóvenes en maras y pandillas estudiantiles, contando con pocos puestos de la Policía Nacional Civil (PNC). Esto hace que San Salvador sea uno de los departamentos del país con mayor número de homicidios, ya que de enero a julio de 2008, se registraron 581 muertes de este tipo, según informe de la PNC en febrero de 2009.

Finalmente es una zona en proceso de convertirse en concentrador de indigentes, ya que a raíz del Proyecto de Rescate del Centro Histórico, donde antes era

dormitorio de mendigos, ahora se ellos se concentran en diferentes puntos del Distrito 5, predominantemente en los pasos a desnivel y la Plaza 15 de Septiembre.

1.4 IMPACTO AMBIENTAL EN LA ZONA

A. AFECTACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA

El impacto ecológico generado sobre la flora y fauna del área afectada todavía no ha sido determinado con exactitud, pero se sabe que el impacto local es severo, ya que el desarrollo urbanístico de la zona ha disminuido las áreas anteriormente utilizadas para cafetales y árboles frutales; esto ha traído como consecuencia la disminución de la fauna, la cual al no contar con un hábitat adecuado ha decrecido. A esto debemos agregar que debido a la contaminación de los ríos, la fauna en ellos es prácticamente inexistente.

B. AFECTACIÓN SOCIOECONÓMICA

Está asociado principalmente a la pérdida o daños a viviendas, causada por las correntadas de lodo y escombros durante la época lluviosa.

C. AFECTACIÓN A LA SALUD

Causada principalmente por inundación de zonas pobladas produciendo el riesgo de enfermedades y la propagación de sus vectores., debido a que en los ríos estudiados se descarga agua residual con un alto contenido de coliformes totales, indicando un alto contenido de patógenos, ocasionando enfermedades gastrointestinales, además de daños en la piel debido al alto grado de contaminación de estos.

2. FUENTES CONTAMINANTES PUNTUALES Y NO PUNTUALES Y DISEÑO DE UNA RED DE MUESTREO PARA LA SUBCUENCA SUR DEL RÍO ACELHUATE

Para la evaluación de las diferentes características del agua residual de un río se requiere de una técnica apropiada de muestreo que asegure resultados representativos del caudal global de las aguas residuales. Para realizar la ubicación de los puntos de toma de muestra, se hizo un reconocimiento de la zona de estudio seleccionando los puntos de muestreo aguas arriba del punto de confluencia de los ríos Ilohuapa, El Garrobo y El Acelhuate, consideramos que son los puntos más idóneos antes de que se mezclen los caudales de estos ríos.

En este capítulo se habla de los usos del agua, fuentes y carga de contaminantes de la Subcuenca Sur del Río Acelhuate.

2.1 USOS DE LOS RECURSOS HIDRÍCOS (13)

El término utilizar el agua se concibe, como hacerla útil, emplearla para satisfacer unas necesidades, por lo que el agua constituye un medio de alcanzar unos objetivos de producción o de consumo establecidos por un agente económico.

Para analizar el problema de las prioridades del uso del agua, debemos considerar las tres formas de usar el agua:

- 1) **Primero:** El agua es consumida, como en el caso de riego, donde, dependiendo de la eficiencia de este, una parte importante del agua retirada para el riego es evapotranspirada por las plantas, volviendo de esta forma a la atmósfera, y otra parte es almacenada en los vegetales. Una parte, generalmente menor, vuelve al cauce de origen, en una sección situada aguas abajo de la toma, esta es el agua drenada, la que generalmente está bastante contaminada con nutrientes y agro tóxicos. Otro ejemplo de este tipo de uso es cuando se capta el agua para consumo humano, en este caso la devolución, en forma de aguas servidas es del orden del 20%.
- 2) **Segundo:** El agua es usada sin alterar la cantidad disponible, casos típicos son la navegación interior, el agua debe estar allí, pero no se consume, y no se contamina o se contamina poco, y la generación hidroeléctrica, en este caso el agua puede ser desviada en una sección del río y ser devuelta al mismo varios kilómetros. aguas abajo, pero también puede ser devuelta al cauce de un río en una cuenca vecina, en este caso considerando la cuenca originaria si habría un consumo.
- 3) **Tercero:** El agua es usada como refrigerante o diluyente de cargas contaminantes. En este caso la cantidad del agua no se altera, pero se altera su calidad.

Las prioridades de uso, es generalmente admitida la siguiente escala de prioridades, que puede variar de país a país:

- a. Consumo humano, como agua potable;
- b. Riego;
- c. Generación hidroeléctrica, en casos particulares cuando compite en el uso de espacio de almacenamiento en los embalses de uso múltiple;
- d. Uso industrial y minería;
- e. Dilución de contaminantes.

En la Subcuenca Sur del Río Acelhuate los usos más frecuentes de las aguas son para la Agricultura (riego de hortalizas), usos domésticos, actividad pecuaria, usos industriales.

2.1.1 POTENCIALES USOS DE LOS RECURSOS HIDRICOS (13)

Los usos efectivos del agua en una determinada cuenca hidrográfica, son función sobre todo de la presencia en la misma de los diferentes recursos naturales como: tierras aptas para la agricultura, bosques, y recursos minerales; y, de la demanda para uso humano y animal.

Cada uno de estos usos tiene una modalidad específica, por ejemplo:

- a. El riego requiere del agua durante determinados meses del año, variable de cultivo a cultivo. Con base en estudios pedológicos, se determina, la localización y la extensión de las áreas potencialmente irrigables;
- b. El consumo humano generalmente tiene variaciones temporales menores, incrementándose en los meses más cálidos, se establecerá la proyección de la población en las áreas urbanas en el horizonte de tiempo considerado, en general 20 a 25 años. Un caso especial son las localidades turísticas, en ellas la demanda de agua puede tener variaciones importantes entre la temporada de máxima afluencia de turistas y el período llamado de "baja estación".

Generalmente se puede considerar que los recursos hídricos en una cuenca hidrográfica son renovables, y se originan casi exclusivamente por las precipitaciones, en sus varias formas sobre la misma cuenca. La excepción, a que todos los recursos hídricos puedan ser renovables está constituida por los bolsones de aguas subterráneas fósiles, es decir acuíferos existentes, que actualmente, por modificaciones climáticas o cambios orográficos ocurridos en tiempos geológicos, ya no tienen fuente de recarga. Por otra parte, forma parte de los recursos hídricos subterráneos de la cuenca también las aguas que fluyen en el acuífero procedente de cuencas vecinas.

Las precipitaciones, siguen el ritmo dictado por el clima de cada región, el que generalmente no coincide con las demandas de los diversos usuarios.

2.1.2 TIPOLOGÍA DE LOS USOS DEL AGUA (13)

El agua es un recurso limitado en la naturaleza y ofrece una multiplicidad de usos que no siempre son compatibles entre sí. Algunos usos extraen el agua de su ciclo natural por períodos largos de tiempo, otros por un tiempo corto y otros simplemente no extraen el agua, aún cuando la usan, a este último grupo pertenecen los usos no extractivos del agua.

Sin embargo, para comprender mejor los usos no consuntivos del agua es necesario identificarlos dentro de la amplia gama de usos que ofrece este recurso. Los usos del agua pueden clasificarse en dos grandes grupos (Ver Figura 2.1):

- Usos extractivos o de consumo* que son los que extraen o consumen el agua de su lugar de origen (ríos, lagos y aguas subterráneas).
- Usos no extractivos, in situ o de no consumo* corresponden a los usos que ocurren en el ambiente natural de la fuente de agua sin extracción o consumo del recurso.

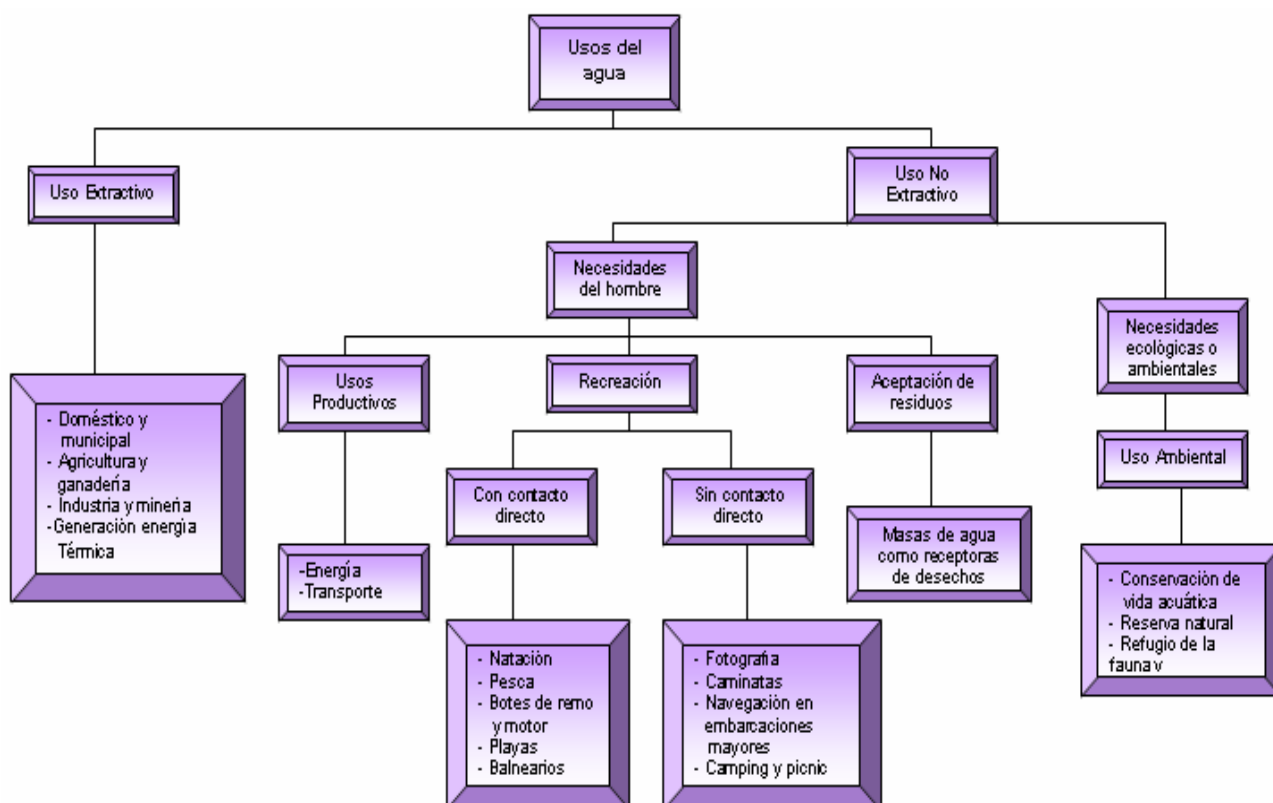


Figura 2.1 Clasificación de los usos del agua. FUENTE: BALEIRON, 2000.

A) Usos extractivos

Los usos extractivos son aquellos que consumen o extraen el agua de su fuente de origen, por lo que, en general, este uso puede ser medido cuantitativamente. Los usos consuntivos más frecuentes se pueden agrupar de la siguiente forma:

- 1) *Uso en Industria:* El agua es uno de los recursos más importantes en la industria, ya que es usada como materia prima, enfriante, solvente, agente de transporte y como fuente de energía.
- 2) *Uso municipal:* Se considera el uso público, comercial y residencial, incluyéndose todos los usos domésticos del agua como beber y cocinar.
- 3) *Agricultura:* Dentro de este grupo se considera el agua para riego de cultivos y agua que consume la ganadería. En la mayor parte del mundo, 70 – 80 % de toda el agua consumida para actividades humanas corresponde al uso para la agricultura.
- 4) *Minería:* El agua es utilizada para separar los minerales de rocas y limpiar los materiales de desecho.
- 5) *Generación de energía Térmica:* Dentro de este uso se incluyen plantas de energía convencional y nuclear. El agua es uno de los recursos más importantes usados en gran escala en la producción de energía termal. Parte del agua es convertida en vapor que permite que el generador produzca electricidad, sin embargo, la mayor parte del agua es usada en el enfriamiento del condensador.
- 6) *Generación de energía Geotérmica:* Para la generación de este tipo de energía es necesario extraer el vapor de agua del interior del suelo.

B) Usos no extractivos

A diferencia de los usos extractivos, los usos no extractivos no pueden ser medidos cuantitativamente, porque el agua es usada, pero no es removida de su ambiente natural.

Sin embargo, estos usos pueden ser descritos por ciertas características del agua o por los beneficios que proporcionan al ecosistema

Los distintos tipos de usos no consuntivos también se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a. *Generación de energía hidroeléctrica:* El agua en todo el mundo se ha constituido en una de las principales fuentes de energía. Desde el caudal de un río y desde un reservorio, el agua es utilizada para hacer girar una

turbina y de esta manera producir electricidad; así el agua no es realmente extraída ya que después de pasar por la turbina vuelve al caudal, aunque no en el mismo lugar donde se extrajo.

- b. *Transporte*: Históricamente el agua ha sido una alternativa para el transporte tanto para fines comerciales, como turísticos.
- c. *Pesca*: En este uso se considera la extracción de peces con fines comerciales y recreacionales.
- d. *Vida silvestre*: El agua es un ecosistema donde habitan gran cantidad de especies silvestres, además de la vida acuática que existe en el mismo curso de agua.
- e. *Recreación*: El agua ofrece amplias posibilidades de recreación al aire libre, desde la práctica de deportes (natación, canotaje, etc.) hasta posibilidades de esparcimiento como fotografía y caminatas entre otras.
- f. *Aceptación de residuos*: Los lagos y ríos son usados como receptores de desechos industriales y humanos. Aún cuando el agua es capaz de asimilar y diluir en gran parte los desechos, existen límites de absorción hasta para los cuerpos de agua más grandes. La capacidad del agua de absorber desechos depende de varios factores tales como la naturaleza del contaminante, cuánto tiempo permanece el contaminante en el agua, la temperatura del agua y el caudal del agua.

2.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL (8)

La Ley del medio ambiente define la contaminación en forma general para cualquier medio, por lo tanto, se puede a partir de ésta precisar, en particular, la contaminación del agua superficial como la presencia o introducción en el agua superficial de elementos nocivos a la vida, la flora o la fauna, o que degraden su calidad o de los bienes y recursos en general, conforme lo establece la ley.

La calidad del agua superficial está relacionada con dos aspectos: a) el uso deseable que se planifique para la misma, y b) los criterios de calidad o características, físicas, químicas y biológicas que ese uso exige. Solo cuando las características para un uso determinado se han establecido legalmente y estas pueden ser aplicadas para establecer limitaciones a las descargas al agua superficial estamos ante la presencia de un estándar de calidad ambiental. El establecimiento del uso deseable y de los niveles de los parámetros de calidad de las aguas es un proceso complejo que requiere, por una parte, la construcción de consenso entre la sociedad civil y política y, por la otra, la existencia de los recursos económicos y capacidades institucionales para mantener o mejorar la calidad del agua para el uso establecido.

Asimismo un mismo cuerpo superficial, por ejemplo un río, puede tener en distintos segmentos definidos diferentes usos deseables y consiguientemente diferentes parámetros de calidad ambiental.

Los usos deseables del agua utilizados por SNET (2007) en sus estudios son:

1. Agua cruda para potabilizar.
2. Agua para riego.
3. Agua con calidad ambiental.
4. Agua apta para el contacto humano.

2.2.1 LEVANTAMIENTO DE FUENTES CONTAMINANTES (12)

El área de contaminación de la Subcuenca del Río Acelhuate es de 371 km., que representa un 53% de la misma₁.

Las fuentes de contaminación se pueden dividir en dos grandes categorías:

1. *Fuentes puntuales*: Son aquellas que cuentan con un punto de descarga definido y generalmente son continuas. Una descarga determinada puede localizarse e identificarse por una tubería o grupo de tuberías.
2. *Fuente no puntual*: El aspecto característico de estas es el origen disperso de la descarga, es decir que no es posible relacionar la descarga con un lugar específico y definido. Además, la fuente puede ingresar al río por escorrentía superficial, como es el caso de las descargas agrícolas.

2.2.2 FUENTES PUNTUALES.

Los dos grupos principales de fuentes puntuales son:

- a) Los vertidos municipales, compuestos por descargas de aguas municipales las cuales en su mayoría no han recibido tratamiento adecuado.
- b) Los vertidos industriales, compuestos por descargas de aguas en general con tratamiento primario o ninguno.

1) VERTIDOS MUNICIPALES

Los sistemas de drenaje común descargan a ríos y quebradas aguas residuales, tanto industriales como domésticas en forma cruda, sin ningún tratamiento, siendo esta situación causante del alto nivel de contaminación que presentan los ríos, aguas debajo de las ciudades principales. En la zona rural este servicio es casi inexistente, lo cual incrementa la carga dispersa de contaminación en la región.

Además la disposición de la basura se realiza en su mayor proporción botándola en barrancas, predios baldíos, riberas y quebradas.

2) VERTIDOS INDUSTRIALES

Son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria, además proceden de cualquier taller o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de refrigeración.

Ahora bien, hoy en día hay que considerar también la existencia de productos que evitan problemas de explotación (estabilizantes contra las incrustaciones y corrosiones, plaguicidas) que pueden ser contaminantes.

En el caso de los vertidos industriales, solo una cuarta parte de unas mil industrias grandes (como las de carnes, pescado, ingenios, beneficios de café y textiles) utilizan procesos de tratamientos de aguas servidas, pero con procesos y tecnologías rudimentarias de tratamiento. Un 90% de las industrias de San Salvador vertían sustancias altamente tóxicas sin ningún tratamiento previo (FUSADES 1997).

Los desechos industriales, que en general se concentran en las principales zonas urbanas y periurbanas, se “eliminaban” de la siguiente manera: 69% eran vertidos directamente a los desagües; 17% directamente a fuentes de agua como arroyos, ríos y al océano; y 10% se depositaba en los drenajes pluviales. Se estimaba que solo el 4% restante de los desechos industriales eran sometidos a procesos de tratamiento previo (PRIDE, 1996).

Para 1995, el Ministerio de Salud enumeró un total de 1,610 industrias y agroindustrias a nivel nacional, de las cuales, 199 trataban sus vertidos antes de descargarlos al sistema de alcantarillado u otro cuerpo receptor; 1,270 no hacían tratamiento previo; y unas 113 no tenían vertidos (28 industrias no fueron clasificadas).

Se conocen dos tipos de vertidos industriales:

- I. Continuos: Proviene de procesos en los que existe una entrada y una salida continua de agua (Procesos de Transporte, lavado, refrigeración).
- II. Discontinuos: Proceden de operaciones intermedias. Son los más contaminados (Baño de curtidos, lejías negras, emulsiones).

Al aumentar el tamaño de la industria, algunos vertidos discontinuos pueden convertirse en continuos.

CLASIFICACIÓN DE LAS INDUSTRIAS SEGÚN SUS VERTIDOS. (15)

Existe una clasificación de 4 grupos de acuerdo con los contaminantes específicos que arrastran las aguas residuales.

A. INDUSTRIAS CON EFLUENTES PRINCIPALMENTE ORGÁNICOS

- 1) Papeleras
- 2) Azucareras
- 3) Mataderos
- 4) Curtidos
- 5) Conservas (vegetales, carnes, pescado)
- 6) Lecherías y subproductos (leche en polvo, mantequilla, queso)
- 7) Fermentación (fabricación de alcoholes, levaduras)
- 8) Preparación de productos alimenticios (aceites y otros)
- 9) Bebidas
- 10) Lavanderías.

B. INDUSTRIAS CON EFLUENTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS

1. Textiles
2. Fabricación de productos químicos, varios.

C. INDUSTRIAS CON EFLUENTES PRINCIPALMENTE INORGÁNICOS

1. Limpieza y recubrimiento de metales
2. Fabricación de productos químicos, inorgánicos.

D. INDUSTRIAS CON EFLUENTES DE REFRIGERACIÓN

1. Centrales térmicas

CARACTERÍSTICAS MEDIAS TÍPICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE ALGUNAS INDUSTRIAS.

A. INDUSTRIA PAPELERA

1. Color
2. Materia en suspensión y decantable
3. DBO₅ u otra que nos defina la materia orgánica
4. En algunos casos (muy pocos) el pH

B. INDUSTRIA LECHERA

1. DBO₅ u otra determinación que nos defina la materia orgánica

C. INDUSTRIA DEL CURTIDO

1. Alcalinidad
2. Materia en suspensión y decantable
3. DBO₅ u otra que nos defina la materia orgánica
4. Sulfuros
5. Cromo

D. INDUSTRIAS DE ACABADO DE METALES

1. pH
2. Cianuros
3. Metales, según el proceso de acabado

E. SIDERURGIAS INTEGRAL

1. Fenoles
2. Alquitrane
3. Cianuros libres y complejos
4. DBO₅
5. Sulfuros
6. Materias en suspensión
7. pH
8. Hierro
9. Aceites y grasas

F. LAMINACIÓN EN CALIENTE

1. Aceites y grasas
2. Sólidos en suspensión

2.2.3 FUENTES NO PUNTUALES

Las principales fuentes no puntuales son: Doméstico, agrícola, forestal, atmosférica y escorrentía.

1) DE ORIGEN DOMESTICO

Este grupo incluye vertidos de viviendas que no están conectadas a un sistema de drenaje común. Por tal razón son descargados al lado o cerca de las viviendas donde se generan. El agua se utiliza con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.)

En el caso de las aguas servidas domésticas, la poca cobertura de servicios de alcantarillado contribuye a complicar la contaminación hídrica, ya que de los 262 municipios solamente 82 cuentan con servicios de alcantarillado sanitario en las zonas urbanas.

Estimaciones de ANDA indican que la totalidad de servicios de alcantarillado existentes dan cobertura a 2, 008,930 personas a nivel nacional (ANDA, 2000). Se estima que de toda la población cubierta con servicios de alcantarillado (Ver mapa 1), sólo entre 2% y 3% del caudal de aguas residuales recibe algún tipo de tratamiento previo antes de ser lanzadas a ríos o quebradas.

Los vertidos domésticos procedentes de los núcleos urbanos son fuente de difusión de bacterias, virus patógenos, material orgánico y sales nutrientes. A pesar que muchas comunidades cuentan con servicios de fosa séptica, en la época lluviosa o cuando se llenan, su contenido fecal es descargado en el cause del río. Muchas tuberías de aguas negras de San Salvador desembocan en la subcuenca sur del Acelhuate así como también muchas personas de los alrededores tiran basura desde los puentes aledaños.

Se pueden dividir las fuentes domesticas de contaminación en dos grupos, según la actividad humana:

a) *Excretas (heces y orina)*: Contribuyen a la proliferación de bacterias, virus, amebas, material orgánico y sales nutrientes. La comunidades en los alrededores de la colonia Málaga no cuentan con un sistema de alcantarillado por lo que constituyen un foco de contaminación al tirar directamente las excretas a las aguas del río por medio de tuberías que conducen a la desembocadura del cuerpo hídrico.

b) *Lavado*: Muchos habitantes de la zona además lavan sus ropas directamente en las aguas del Río Acelhuate contaminando con cloro, fosfatos, material orgánico y enzimas.

Los productos mas usados en la zona de estudio son los detergentes que aunque en la bolsa indique que la fórmula es biodegradable, contiene varios compuestos dañinos como fosfatos y cloro. El jabón contribuye a la contaminación orgánica por la grasa vegetal y animal que posee en su composición química.

La difusión y el impacto que tienen los contaminantes domésticos en el medio ambiente dependen esencialmente del tipo de servicio sanitario y de la localización de la vivienda.

Los contaminantes provenientes de origen domésticos son:

- a. Materia Orgánica (principalmente) en suspensión y disuelta
- b. Nitrógeno, Fósforo, Cloruro de sodio y otras sales minerales
- c. Las aguas residuales de lavado de calles arrastran principalmente materia sólida inorgánica en suspensión, además de otros productos (fenoles, plomo, insecticidas).

I. Características Físico-Químicas

La Temperatura de las aguas residuales oscila entre 10-20 °C. Además de las cargas contaminantes en Materias en suspensión y Materias Orgánicas, las aguas residuales contienen otros muchos compuestos como nutrientes (N y P), Cloruros, detergentes cuyos valores orientativos de la carga por habitante y día son:

- a. Nitrógeno amoniacal: 3-10 g/hab/día
- b. Nitrógeno total: 6.5-13 g/hab/día
- c. Fósforo (PO_4^{3-}) ; 4-8 g/hab/día
- d. Detergentes : 7-12 g/hab/día

II. Características Biológicas.

En las aguas residuales del río van numerosos microorganismos, unos patógenos y otros no. Entre los primeros cabe destacar los virus de la Hepatitis. El tracto intestinal del hombre contiene numerosas bacterias conocidas como Organismos Coliformes. Cada individuo evacúa millones de coliformes por día, que aunque no son dañinos, se utilizan como indicadores de contaminación debido a que su presencia indica la posibilidad de que existan gérmenes patógenos de más difícil detección.

2) DE ORIGEN AGRÍCOLA

La introducción de fertilizantes químicos y plaguicidas para fin de obtener una mayor intensidad de la producción agrícola, ha significado un crecimiento en el impacto ambiental. Los fertilizantes y especialmente los plaguicidas pueden dañar la salud humana, las aguas subterráneas, superficiales y la tierra.

El uso del suelo para fines agrícolas, especialmente para agricultura de subsistencia, ha aumentado debido al crecimiento poblacional, lo que ha obligado a la utilización de terrenos en laderas con inclinaciones altas, no aptos para cultivos anuales y en la mayoría de los casos sin técnicas adecuados contra la erosión contaminando por medio de las escorrentillas al Río Acelhuate.

a) *Abono químico*: El abono que no es utilizado por las plantas se queda en la tierra y durante la época de lluvia es arrastrado al canal principal del Río Acelhuate e infiltrado a los acuíferos subterráneos. Los compuestos son nitratos, fosfatos y sulfatos de amonio.

Se utilizan principalmente dos tipos de abonos, el abono compuesto fórmula y el abono simple. El abono compuesto Fórmula es una mezcla de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K) por ejemplo, 20-20-0 que significa que el abono contiene 20% Nitrógeno, 20% Fósforo y 0 % Potasio. Los suelos de origen volcánico normalmente no necesitan aplicaciones de potasio. El abono simple (sulfato de amonio) contiene aproximadamente 21% de nitrógeno.

b) *Plaguicidas*: Se usan plaguicidas para controlar plagas y enfermedades en los cultivos (insecticidas, fungicidas, bactericidas, nematocidas y acaricidas) y malas hierbas (herbicidas). Los plaguicidas tienen efecto en otros organismos como plantas, animales y humanos. Según investigaciones realizadas en Estados Unidos (Departamento de Agricultura) entre el 97 y 99% de las cantidades de plaguicidas aplicadas no alcanzan a combatir a los organismos que se desean eliminar.

El resto está distribuido en el medio ambiente donde causa una serie de problemas dada su alta toxicidad. Se puede dividir los tipos usados en 3 grupos principales, los organoclorados, los organofosforados y los carbamatos.

Es fundamental la división entre la contaminación por fuentes puntuales y por las fuentes difusas. Las fuentes de contaminación difusa no generan plumas (Estelas) de contaminación del agua subterránea claramente definida, si no que normalmente impactan en un área y por lo tanto un volumen mucho mayor al acuífero.

Las fuentes de contaminación puntual normalmente producen plumas (Estelas) claramente definidas y más concentradas, las cuales facilitan su identificación.

En las siguientes tablas se muestran las cargas contaminantes generadas según el tipo de actividad que se realiza.

Tabla 2.1 Resumen de actividades potenciales generadoras de carga contaminante en la Subcuenta del río Acelhuate (5)

TIPO DE ACTIVIDAD	CARACTERISTICA DE LA CARGA CONTAMINANTE	
	Categoría de distribución	Principales tipos de contaminación
Desarrollo Urbano (Zona Rural)		
Saneamiento sin red cloacal, sin alcantarillado	(rural) puntual-difusa	Compuestos de nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general
Disposición final inadecuada de desechos sólidos	(rural) puntual-difusa	Compuestos de nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general, tóxicos
Desarrollo Urbano (Zona Urbana)		
Red de alcantarillado con fugas	(urbano) puntual-difusa	Compuestos de nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general, tóxicos
Lagunas de tratamiento de aguas residuales con fugas	(urbano) puntual-difusa	Compuestos de nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general, tóxicos
Descarga de desague a los ríos, sin previo tratamiento	(urbano) puntual-difusa	Compuestos de nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general, tóxicos
Lixiviación de rellenos sanitarios o botaderos	(urbano) puntual-difusa	Compuestos de nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general, tóxicos
Fugas de tanques de almacenamiento de combustible (gasolinas, tanques privados)	(urbano) puntual-difusa	Compuestos de nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general, tóxicos
Pozos de infiltración o sumideros de agua lluvia o aguas residuales	(urbano) puntual-difusa	Compuestos de nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general, tóxicos

Tabla 2.1 Resumen de actividades potenciales generadoras de carga contaminante en la Subcuenta del río Acelhuate (Continuación).

Industrial		
Fugas de tanques y tuberías industriales	(urbano) puntual- difusa	Compuestos de nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general, tóxicos
Derrames accidentales de productos químicos	(urbano) puntual- difusa	Compuestos de nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general, tóxicos
Lagunas de tratamiento de aguas residuales	(urbano) puntual- difusa	Compuestos de nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general, tóxicos
Descarga de aguas residuales al suelo	(urbano) puntual- difusa	Compuestos de nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general, tóxicos
Descarga de aguas residuales directamente a los ríos sin previo tratamiento	(urbano) puntual- difusa	Compuestos de nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general, tóxicos
Producción agrícola		
Cultivos utilizando agroquímicos	(rural) puntual- difusa	Tóxicos, compuestos de nutrientes
Cultivos utilizando agroquímicos e irrigación	(rural) puntual- difusa	Compuestos de nutrientes, tóxicos, salinidad
Cría de ganado vacuno y porcino, sin tratamiento de estiércol	(urbano) puntual- difusa	Patógenos fecales, compuestos de nutrientes, carga orgánica general
Cría de animales de corral	(urbano) puntual- difusa	Patógenos fecales, compuestos de nutrientes, carga orgánica general

2.3 CARGA CONTAMINANTE DE LOS ACUIFEROS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO ACELHUATE. (5)

Estimación de la carga contaminante al subsuelo.

Anteriormente se mencionó que las fuentes de contaminación en la Subcuenta del río Acelhuate se consideran como fuentes puntuales, fuentes difusas y fuentes lineales de contaminación y principalmente son de origen antropogénico.

Las áreas de carga contaminante se obtuvieron basadas en el uso actual de la tierra en la subcuenta. La clasificación de la carga contaminante se describe a continuación: (Ver Anexo 2.2)

a) Zonas de Carga Contaminante Extrema

Las zonas de carga contaminante extrema: Es una clasificación basada en la utilización de materia prima para procesos industriales o en la evacuación de materiales que pueden generar contaminación en una área determinada, sin embargo esto no significa que el acuífero este siendo afectado por dicha carga contaminante. Esto implica que puede existir un riesgo de contaminación extrema, pero ésta puede ser controlada o modificada. Esto no es aplicable para la vulnerabilidad que indica las propiedades intrínsecas del acuífero y que no puede ser modificada. La combinación de la carga contaminante contra la vulnerabilidad se utiliza para generar la zonificación del riesgo en el área de estudio.

En esta área de carga contaminante extrema se agrupan las zonas Industriales localizadas dentro de la subcuenca del río Acelhuate. En estas zonas pueden utilizarse para sus procesos o evacuar materiales de desechos tales como: metales pesados, metales no inorgánicos, compuestos orgánicos, compuestos orgánicos halogenados, organismos fecales, etc. En esta zona se clasifican las quebradas y ríos debido a que son los que reciben toda la carga contaminante de las zonas industriales y urbanas de la subcuenca.

b) Zonas de Carga Contaminante Alta.

Las zonas de carga contaminante alta: Es una clasificación basada en la utilización del territorio para desarrollo y expansión urbana. Esta área se clasifica como alta debido a que el desarrollo urbano dentro de la subcuenca a crecido desordenadamente, esto ha provocado que dentro de zonas urbanas se ubiquen gasolineras, lavados de autos, talleres automotrices, lavanderías, clínicas odontológicas, laboratorios clínicos y otras pequeñas industrias que generan desechos sólidos y líquidos desde infecto contagiosos hasta tóxicos.

Parte de los desechos sólidos no reciben un tratamiento adecuado y son depositados directamente en quebradas y ríos. Los desechos líquidos generados dentro de la zona urbana no reciben un tratamiento previo antes de ser vertidos a los ríos y quebradas. Aunado a lo anterior, en la zona urbana se producen aproximadamente 1500 toneladas de desechos sólidos por día, cierto porcentaje de estos desechos termina en el alcantarillado de aguas lluvias y finalmente en los ríos y quebradas.

Uno de los problemas más importantes dentro de la zona urbana es el estado actual del alcantarillado sanitario y el alcantarillado para aguas lluvias, ambos presentan problemas serios de capacidad de evacuación y altos problemas de fugas generando una carga contaminante alta, creando la posibilidad de contaminación del acuífero. También en esta zona se considera donde no existe alcantarillado sanitario, pero se cuenta con sistemas de evacuación de aguas servidas como fosas sépticas, pozos de infiltración o simplemente la conexión directa del sanitario a los ríos o quebradas. Considerando lo anterior, no significa que el acuífero este siendo afectado por dicha carga contaminante. La

combinación de la carga contaminante contra la vulnerabilidad genera la zonificación del riesgo en el área de estudio.

En esta área de carga contaminante alta se agrupan las zonas urbanas localizadas dentro de la subcuenca del río Acelhuate. En estas zonas puede generarse contaminantes de desechos tales como: nitrógeno, sustancias tóxicas de uso doméstico e industrial, metales pesados, metales no inorgánicos, compuestos orgánicos, compuestos orgánicos halogenados, organismos fecales, etc.

c) Zonas de Carga Contaminante Media.

Las zonas de carga contaminante media: Es una clasificación basada en la utilización del territorio para labores de agricultura. Esta área se clasifica como media debido a que son utilizadas para la producción agrícola y pecuaria tales como: Producción de caña de azúcar, cultivos anuales asociados con cultivos permanentes, cultivo de granos básicos, mosaico de cultivos y pastos, pastos cultivados, y pastos naturales. Para la mayoría de actividades productivas agrícolas y pecuarias de la zona se utilizan agroquímicos. Los agroquímicos representan una carga contaminante difusa moderada. En estas zonas puede generarse contaminantes tales como: nitrógeno, fósforo, salinidad y sustancias tóxicas de uso agrícola, compuestos orgánicos, organismos fecales como resultados de la producción pecuaria. etc.

d) Zonas de Carga Contaminante Baja.

Las zonas de carga contaminante baja: Es una clasificación basada en la utilización del territorio para zonas de protección, bosques y cultivos permanentes combinado con bosques. Esta área se clasifica como baja, debido a que son utilizadas para actividades tales como: bosques siempre verdes, bosques mixtos, bosques caducifolios, bosques mixto semi caducifolio, cultivos de café con sombra. Para la mayoría de estas actividades de protección y productivas, la utilización de agroquímicos es reducido. Representa una carga contaminante difusa baja. En estas zonas puede generarse contaminantes tales como: nitrógeno, fósforo, salinidad y sustancias tóxicas de uso agrícola. Los volúmenes de contaminación en esta zona son muy bajos por lo tanto el riesgo de contaminación de esta zona es bajo.

2.4 DISEÑO DE UNA RED DE PUNTOS DE MUESTREO PARA TOMA DE MUESTRAS EN LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE.

Los cuatro puntos de muestreo se seleccionaron tomando en subcuenta aspectos importantes como la accesibilidad del sitio, la topografía del área, consideraciones de drenaje y posibles fuentes contaminantes, además de que estos puntos sean representativos de la realidad actual de contaminación que pueda presentar debido a todas las fuentes contaminantes que desembocan en el.

Se considera que la localización de un punto de muestreo es un factor clave que determina la validez de la información que se pretende inferir, a través de las muestras colectadas en el mismo.

Para seleccionar el punto de toma óptimo se debe considerar que la mezcla respecto a los contaminantes de interés sea perfecta, es decir que el tramo posea homogeneidad, tomando un mínimo de muestras simples.

Posteriormente a la etapa de reconocimiento se decidió elegir los 4 puntos de muestreo que se muestran en el Anexo 2.3.

Estos puntos están aguas arriba del punto de confluencia entre los diferentes ríos, con estos datos podremos realizar un diagnóstico preliminar con el que se podrá elaborar una propuesta de mitigación de fuentes contaminantes.

Los lugares de muestreo deben ser seleccionados corriente arriba de la confluencia en secciones donde el canal sea más liso, más recto, accesible y uniforme en cuanto a su profundidad.

Se tiene que determinar si el río es homogéneo en el sitio propuesto mediante mediciones de temperatura y conductividad, así como también a profundidades regulares a través del canal para probar el grado de mezcla.

Debido a que la mayoría de las masas de agua no son completamente homogéneas, la representatividad de las muestras colectadas dependerá del equipo y de la técnica de muestreo utilizada. La condición fundamental para cumplir el requisito de representatividad que exigen este tipo de estudios está en coleccionar muestras, en zonas homogéneas en cuanto a nivel de concentración de los parámetros de interés que se quieren evaluar en el estudio, es decir el contaminante en la sección transversal muestreada debe estar completamente mezclado tanto horizontal como verticalmente.

LEVANTAMIENTO DE FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACION

A continuación se muestran las coordenadas de las diferentes fuentes de contaminación.

Tabla 2.2. Coordenadas de posibles fuentes contaminantes ubicadas cerca de los puntos de muestreo seleccionados en la Subcuenca Sur del Río Acelhuate.

FUENTE PUNTUAL	Coordenadas Oeste	Coordenadas Norte
PLAZA DEL TROVADOR	89°11'32.28"	13°41'22.56"
MINISTERIO DE SALUD PUBLICA	89°11'34.56"	13°41'7.02"
LABORATORIOS ARSAL	89°11'46.74"	13°41'5.7"
TALLERES MECANICOS ROMERO	89°11'43.14"	13°41'13.5"
TALLER MECANICO R & T	89°11'36.72"	13°41'16.98"
MERCADO MODELO	89°11'43.98"	13°41'12.78"
MELOW	89°11'39.3"	13°41'37.86"
JARDINES DEL RECUERDO	89°12'0.78"	13°40'28.74"
CAPRI	89°12'25.2"	13°40'52.74"
INDUSTRIAS TOPAZ	89°11'46.2"	13°40'11.32"
ESCUELA DE BRASIL	89°11'45.96"	13°41'10.02"
QUESOS PETACONES	89°11'51.84"	13°41'56.4"
PARQUE ZOOLOGICO	89°11'39.1"	13°41'03.08"

En el Anexo 2.4 se puede ver la ubicación de estas fuentes puntuales con relación a la zona de estudio.

Tabla 2.3 Tipos de residuos generados por diferentes industrias en San Salvador, y los parámetros del agua que estos residuos afectan.

NOMBRE DE LA EMPRESA	TIPOS DE RESIDUOS GENERADOS	PARAMETROS AFECTADOS
PRODUCTOS CARNICOS	Huesos, carnes, pelos, vísceras	Sólidos suspendidos totales, DBO ₅ , DQO, aumento pH, turbidez.
PRODUCTOS RICKY	Huesos, carnes	Sólidos suspendidos totales, DBO ₅ , DQO, aumento pH
AVICOLA SALVADOREÑA	Sangre vísceras pezuña	Sólidos suspendidos totales, DBO ₅ , DQO, nitratos, aumento pH
PROCESADORA DE PRODUCTOS EMBUTIDOS OLIS BURQUES	Sangre vísceras pezuña	Sólidos suspendidos totales, DBO ₅ , DQO, nitratos, aumento pH, turbidez.
LACTEOS SAN JULIAN	Grasa, aceites, suero	pH extremos, alto contenido orgánico (DBO y DQO), sólidos en suspensión. Variaciones de temperatura
EMPRESAS LACTEAS IMPRODULAC S.A DE C.V	Grasa, aceites, suero	pH extremos, alto contenido orgánico (DBO y DQO), sólidos en suspensión. Variaciones de temperatura
LACTEOS CAMYRAM'S	Grasa, aceites, suero	pH extremos, alto contenido orgánico (DBO y DQO), sólidos en suspensión. Variaciones de temperatura
LACTEOS DINAL S.A DE C.V	Grasa, aceites, suero	pH extremos, alto contenido orgánico (DBO y DQO), sólidos en suspensión. Variaciones de temperatura
QUESO PETACONES	Grasa, aceites, suero	pH extremos, alto contenido orgánico (DBO y DQO), sólidos en suspensión. Variaciones de temperatura
QUESERIA BENITEZ	Grasa, aceites, suero	pH extremos, alto contenido orgánico (DBO y DQO), sólidos suspensión. Variaciones de temperatura.

Tabla 2.3 Tipos de residuos generados por diferentes industrias en San Salvador, y los parámetros del agua que estos residuos afectan (continuación).

NOMBRE DE LA EMPRESA	TIPOS DE RESIDUOS GENERADOS	PARAMETROS AFECTADOS
INDUSTRIAS LACTEOS	Grasa, aceites, suero	pH extremos, alto contenido orgánico (DBO y DQO), sólidos suspensión, variaciones de temperatura
INDUSTRIAS LACTEOS SAN JOSÉ	Grasa, aceites, suero	pH extremos, alto contenido orgánico (DBO y DQO), aceites y grasas, sólidos suspensión, variaciones de temperatura.
FRUTALETAS S.A DE C.V	Grasa, aceites, aguas mieles	DQO, DBO ₅ , turbidez, variación de temperatura.
HELADOS RIO SOTO S.A	Grasa, aceites, aguas mieles	DQO, DBO ₅ , turbidez, variación de temperatura
HELADOS CREMOSA	Grasa, aceites, aguas mieles	DQO, DBO ₅ , turbidez, variación de temperatura
HELADOS TOMY	Grasa, aceites, aguas mieles	DQO, DBO ₅ , turbidez, variación de temperatura
PALETAS SOMBRI FRUT	Grasa, aceites, aguas mieles	DQO, DBO ₅ , turbidez, variación de temperatura
HELADOS POP'S	Grasa, aceites, aguas mieles	DQO, DBO ₅ , turbidez, variación de temperatura
PRODUCTOS MELOW S.A	Grasa, aceites, aguas mieles	DQO, DBO ₅ , turbidez, variación de temperatura
MULTIAPLICACIONES S A	Cáscara frutas podridas	DBO ₅ , DQO, sólidos en suspensión
BURGOS SURIANO S.A DE C.V	Cáscara frutas podridas	DBO ₅ , DQO, sólidos en suspensión.
BELLA FRUTA	Cáscara frutas podridas	DBO ₅ , DQO, sólidos en suspensión.
WEIL S.A DE C.V	Cáscara frutas podridas	DBO ₅ , DQO, sólidos en suspensión.
WELL HERMANOS S.A DE C.V	Cáscara frutas podridas	DBO ₅ , DQO, sólidos en suspensión.
MONTECO S.A DE C.V	Cáscara frutas podridas	DBO ₅ , DQO, sólidos en suspensión.
PRODUCTOS EL NEGRITO	Cáscara frutas podridas	DBO ₅ , DQO, sólidos en suspensión.
VERALMAR S.A DE C.V	Desechos de pescado	DQO, DBO ₅ , oxígeno disuelto, turbidez
CAMCOF S.A DE C.V	Pulpa de café y cascarilla	Sólidos suspendidos totales, DQO, DBO ₅ .
CAYRO S A DE C V	Pulpa de café y cascarilla	Sólidos suspendidos totales, DQO, DBO ₅ , turbidez.
COOPERATIVA CRISTIANI BURKAR S.A	Pulpa de café y cascarilla	Sólidos suspendidos totales, DQO, DBO ₅ .

Tabla 2.3 Tipos de residuos generados por diferentes industrias en San Salvador, y los parámetros del agua que estos residuos afectan (continuación).

NOMBRE DE LA EMPRESA	TIPOS DE RESIDUOS GENERADOS	PARAMETROS AFECTADOS
ENRIQUE ALVAREZ S.A	Pulpa de café y cascarilla	Sólidos suspendidos totales, DQO, DBO ₅ .
LA ESMERALDA S.A DE C.V	Pulpa de café y cascarilla	Sólidos suspendido totales, DQO, DBO ₅ .
LA GLORIA S.A DE C.V	Pulpa de café y cascarilla	Sólidos suspendido totales, DQO, DBO ₅ .
MECAFE S.A DE C.V	Pulpa de café y cascarilla	Sólidos suspendidos totales, DQO, DBO ₅ , turbidez.
MUYSHONDT AVILA S.A	Pulpa de café y cascarilla	Sólidos suspendido totales, DQO, DBO ₅ .
COMPAÑIA AZUCARERA	Bagazo de caña y cenizas	Sólidos suspendido totales, DQO, DBO ₅ , turbidez.
SUCRE S.A DE C.V	Bagazo de caña y cenizas	Sólidos suspendido totales, DQO, DBO ₅ .
LICORES DE CENTRO	Restos de melaza	Sólidos suspendido totales, DQO, DBO ₅ .
LA CONSTANCIA	Lúpulo usado	DBO ₅ , DQO, sólidos suspendidos, turbidez.
ASERRADERO AUTOPISTA	Resina, materia orgánica	DBO ₅ , DQO, sólidos suspendidos.
SEPACE S.A DE C.V	Celulosa, lignina, azúcares	Sólidos suspendidos totales, DQO, DBO ₅ , turbidez.
LABORATORIOS LAINEZ	Acidos, bases, químicos	Sólidos suspendidos totales, DQO, DBO ₅ , turbidez, metales.

3. CALIDAD DEL AGUA DE LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE.

3.1 MARCO JURIDICO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (1)

1) LEY DE LA ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (ANDA-1961)

El Art. 1 Establece la atribución de suministrar y ayudar a proveer de acueductos y alcantarillados a los habitantes de la república mediante sistemas de fuentes de abastecimientos, tanto de aguas superficiales, subterráneas y plantas de tratamiento.

2) LEY DE AVENAMIENTO Y RIEGO (1970)

Ésta hace mención a la utilidad pública de obras y trabajos que efectúa el Estado, al avenamiento y ordenamiento de cuencas hidrográficas, al control de inundaciones y a la rehabilitación, conservación o defensa de los suelos en el riego y avenamiento.

3) LEY FORESTAL (1973)

Esta Ley declara de utilidad pública la conservación e incremento de los recursos forestales y su utilización con el máximo beneficio social; así como las actividades ligadas a la protección de cuencas hidrográficas y de las zonas altas de éstas, mediante la conservación o la repoblación forestal de las cuencas.

4) LEY GENERAL DE LAS ACTIVIDADES PESQUERAS (1981)

En su Art. 56 dice: A efecto de proteger y conservar los recursos pesqueros, se prohíbe verter directa o indirectamente en las zonas jurisdiccionales del mar y en los cuerpos de aguas interiores o continentales, ya sean naturales o artificiales, sustancias químicas y aguas residuales que las contaminen.

5) CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE EL SALVADOR (1983)

Es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente para garantizar el desarrollo sostenible. Se declaran de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional, restauración o sustitución de los recursos naturales en los términos que establezca la ley. En el Artículo 117, se hace hincapié en la protección de los recursos naturales y garantiza la sostenibilidad del recurso y el bienestar de las futuras generaciones para mejorar la calidad de vida.

6) REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DE AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCION (1987)

El Decreto Ejecutivo 50 del 16 octubre de 1987 norma el control de la calidad del agua en los desperdicios líquidos y las áreas protegidas. Su principal propósito es el de establecer normas para evitar o reducir la contaminación del recurso agua. Además posibilita la declaración de ares para la protección de recursos hídricos.

7) LEY DE MEDIO AMBIENTE (1998)

Hace mención a la gestión del agua, al ordenamiento de cuencas y a la creación del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente; donde se incorporan las municipalidades mediante un Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SINAMA), por medio de las Unidades Ambientales. Dichas unidades son las encargadas de velar por la protección de los recursos naturales; mientras el Ministerio es el encargado de promover el manejo integrado de cuencas hidrográficas, mediante un Comité interinstitucional nacional de planificación, gestión y uso sostenible de las cuencas hidrográficas. En el Art. 49: El Ministerio será responsable de supervisar la disponibilidad y la calidad del agua.

8) REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE MEDIO AMBIENTE (2000)

Este reglamento define los criterios para la protección de los recursos hídricos; la importancia de la participación de los(as) usuarios(as) y administradores(as) del agua; el derecho de aprovechamiento del agua y el control sobre el uso y goce de las aguas. Entre los criterios para la protección del recurso hídrico destacan que los usos de las aguas (ya sean superficiales, subterráneas o costeras) deberán planificarse de acuerdo a las evaluaciones de calidad y cantidad disponible. Además, los diferentes usos no deberán de exceder la capacidad para el mantenimiento de los ecosistemas.

Con respecto a la participación de los usuarios del recurso se recomienda la consolidación de las comunidades en la administración de los recursos, el establecimiento de una valoración económica del agua para un uso eficiente y la implementación de tecnologías limpias en los procesos productivos.

Los aspectos de gestión se basan en las medidas para el control y reducción de las descargas de aguas residuales; las medidas de aprovechamiento y protección de los recursos superficiales y subterráneos; y las medidas para la reducción de las descargas de cualquier tipo de contaminante.

9) REGLAMENTO ESPECIAL DE NORMAS TECNICAS DE CALIDAD AMBIENTAL (2000)

El Art. 19 dice que la norma técnica de calidad del agua como medio receptor, que se establezca de conformidad a lo establecido en este Reglamento, se fundamentará en los parámetros de calidad para cuerpos de agua superficiales.

El Art. 20 enuncia que para la descarga de aguas residuales se establecerá, según lo dispuesto en este Reglamento, la norma de calidad que contenga los límites permisibles, prevaleciendo el principio de precaución a la contaminación del medio que servirá de receptor de la misma.

10) REGLAMENTO ESPECIAL DE AGUAS RESIDUALES (2000)

El Art. 1 del presente Reglamento tiene por objeto velar porque las aguas residuales no alteren la calidad de los medios receptores, para contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenibles del recurso hídrico respecto de los efectos de la contaminación. Y se faculta a ANDA al estudio, investigación, capacitación y tratamiento; así como evacuación y disposición final de las aguas residuales.

11) CÓDIGO DE SALUD (2003)

Promueve el saneamiento de las áreas urbanas y rurales, por medio de los organismos regionales, departamentales y locales de salud. Éstos deben implementar programas de saneamiento ambiental, con la finalidad de lograr el abastecimiento de agua potable y la disposición adecuada de las excretas y aguas servidas en las comunidades; mejorando así las condiciones de vida y previniendo la proliferación de vectores que inciden en la salud de los(as) pobladores(as). En el Art. 67 prohíbe la descarga de residuos de aguas negras o servidas de cualquier naturaleza en las acequias, quebradas, barrancas, ríos, lagos, lagunas, esteros o cualquier otra corriente o depósito que se utilicen para uso público, doméstico, agrícola, industrial, abrevadero de ganado o balnearios públicos.

3.2 CRITERIOS Y ESTÁNDARES DE CALIDAD

Independientemente de los usos deseables establecidos para un agua superficial se debe contar con los criterios de calidad del agua para ese uso para poder comparar el estado actual de la calidad del agua superficial con los criterios y a partir de ahí establecer las variables que hay que controlar y los medios disponibles para su control.

En el Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección se establecen las Normas deseables para aguas crudas superficiales que solamente requieren sistemas convencionales de tratamiento; las Normas deseables en aguas para de irrigación; y las Normas deseables en aguas para propagación piscícolas.

3.2.1 AGUAS CRUDAS SUPERFICIALES PARA POTABILIZAR (8)

En el Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección se establecen las Normas deseables para aguas crudas superficiales que solamente requieren sistemas convencionales de tratamiento; se observa en la Tabla 3.1 que para la potabilización de agua cruda para consumo humano se utilizan nueve parámetros y se han incluido cuatro parámetros adicionales a los que presenta la normativa vigente (cobre, nitratos, sólidos totales disueltos y cinc), para un total de 15 criterios (4 físicos, 10 químicos y un biológico) que de acuerdo a SNET (2007) influyen en la calidad del agua.

3.2.2 AGUA PARA RIEGO

En el Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección se establecen las Normas deseables en aguas para de irrigación; se observa en la Tabla 3.1 que para riego se tiene seis parámetros y se han incluido un parámetro adicional a los que presenta la normativa vigente SNET 2007.

Tabla 3.1 Rangos de parámetros de calidad de agua deseables para uso de potabilización y riego

TIPO DE PARÁMETRO	PARÁMETRO	UNIDADES	RANGO DE VALORES	
			POTABILIZACIÓN	RIEGO
Físicos	Turbidez	UNT	10 - 250	-
	Oxígeno disuelto	mg/L	4 -6.5	-
	Temperatura del agua	oC	-	-
Químicos	DBO ₅ por muestra	mg/L	3 - 4	-
	DBO ₅ promedio mensual	mg/L	1.5 – 2.5	-
	pH	Unidades de pH	6.5 - 9.2	6.5 a 8.4
	Nitratos	mg/L	45	-
	Fosfatos	mg/L	-	-

FUENTE: REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, SNET (2007)

3.2.3 AGUAS PARA CONTACTO HUMANO

Para aguas aptas para contacto humano SNET (2007) recomienda tres criterios (2 físicos y 1 biológico) que se muestran en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Rangos de calidad de agua deseables para contacto humano (8)

TIPO DE PARÁMETRO	PARÁMETRO	UNIDADES	RANGO VALORES DE USO	DE POR
Físicos	Turbidez	UNT	≤ 10	
	Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 7	
Biológicos	Coliformes fecales, promedio mensual	NMP/100 mL	≤1000	

FUENTE: EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS, MARN (2005).

3.2.4 AGUA CON CALIDAD AMBIENTAL

El término calidad del agua es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas.

Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada.

Para calificar la calidad de agua de los ríos sobre la base de la idoneidad del agua para el desarrollo de la vida acuática el SNET (2007) emplea el Índice de calidad de agua (ICA). Estos indicadores toman valores de 0 a 100, donde el valor máximo del índice muestra la mejor calidad y este va disminuyendo en la medida que se incrementa la contaminación en el cuerpo de agua, tal como se muestra en la tabla 3.4. Los indicadores son complementarios

El ICA puede ser calculado utilizando (SNET) la fórmula siguiente:

$$ICA = \sum (Q_i * W_i)$$

Donde:

Qi: Valor asignado del subíndice del parámetro i, que depende de las características medidas del parámetro.

Wi: Peso relativo del parámetro i, basados en la importancia de cada parámetro con relación a la calidad del agua del río.

La fórmula ICA utiliza 9 parámetros de calidad de agua: 4 físicos, 3 químicos y 1 biológico (SNET), que se muestran en la Tabla 3.3; asimismo se observa, en la misma tabla que los parámetros con mayor peso, o que más influyen, en el índice son el % de saturación de oxígeno disuelto, coliformes fecales y pH.

Tabla 3.3. Índice de calidad de agua ICA (8)

PARÁMETRO	PESOS RELATIVOS DE LOS PARÁMETROS (Wi)
% de Saturación de oxígeno disuelto	0.17
Coliformes fecales	0.15
pH	0.12
DBO ₅	0.1
Nitratos	0.1
Fosfatos,	0.1
Turbidez	0.08
Sólidos totales	0.08
Cambio de Temperatura	0.10

FUENTE: ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL (BROWN)

Por otra parte, en la Tabla 3.4 se cuenta con la interpretación del índice, que posee cinco niveles de calidad, que van desde de excelente hasta pésima.

Tabla 3.4 Clasificación de la calidad del cuerpo de agua superficial según el ICA (8).

N°	CLASIFICACIÓN ICA	VALOR	INTERPRETACIÓN
1	Excelente	91 a 100	Permite el desarrollo de la vida acuática
2	Buena	71 a 90	Permite el desarrollo de la vida acuática
3	Regular	51 a 70	Limita el desarrollo de la vida acuática
4	Mala	26 a 50	Dificulta el desarrollo de la vida acuática
5	Pésima	0 a 25	No permite el desarrollo de la vida acuática

FUENTE: EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS (2005).

3.3 CALIDAD DEL AGUA COMO CUERPO RECEPTOR

El Reglamento especial de Normas Técnicas de calidad Ambiental (2000), plantea la necesidad del establecimiento de normas técnicas de calidad ambiental en los cuerpos receptores tales como el agua. En el Art. 19 instituye que la norma

técnica de calidad de aguas como cuerpo receptor se fundamentará en los parámetros de calidad según los límites que se establecen en dicho artículo y que muestran en la Tabla 3.6. Se observa que se proponen ocho parámetros (4 físicos, 2 químicos y 2 biológicos).

Tabla 3.5. Límites de calidad para cuerpos receptores (8)

PARÁMETRO	LÍMITE
Coliformes Totales	Que no excedan de una densidad mayor a los 5000 UFC por 100 ml de muestra analizada
Coliformes Fecales	Que no excedan de una densidad mayor a los 1000 UFC por 100 ml de muestra analizada
DBO5	No debe permitirse que el nivel de oxígeno disminuya de 5 mg/L
OD	Igual o mayor de 5mg/L
pH	Debe mantenerse en un rango de 6.5 a 7.5 unidades o no alterar en 0.5 unidades de pH el valor ambiental natural.
Turbidez	No deberá incrementarse mas de 5 unidades de turbiedad sobre los límites ambientales del cuerpo receptor
Temperatura	Debe mantenerse en un rango entre los 20 a 30° C o no alterar a un nivel de 5°C la temperatura del cuerpo receptor

FUENTE: MARN, (2000)

3.3.1 CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL DESCARGADA A CUERPOS DE AGUA RECEPTORAS SUPERFICIALES (10)

En la propuesta de Norma salvadoreña obligatoria NSO 13.49.01:06 se establecen las características y valores físico-químicos, microbiológicos y radioactivos permisibles que debe presentar el agua residual descargada por una fuente puntual a un cuerpo receptor.

Sin embargo, hasta la fecha de la elaboración de este informe, la norma no ha sido sancionada y por lo tanto no es posible exigirla.

Los parámetros propuestos han sido divididos en tres grupos:

1. Valores máximos permisibles de parámetros de aguas residuales de tipo ordinario para descargar a un cuerpo receptor. Incluyen cinco parámetros: DBO₅, DQO, Sólidos sedimentables, Sólidos suspendidos totales y Aceites y grasas.
2. Valores máximos permisibles de parámetros para verter aguas residuales de tipo especial al cuerpo receptor. Incluyen cinco parámetros: DBO₅, DQO, sólidos

sedimentables, Sólidos suspendidos totales y Aceites y grasas; y un total de 14 grupos de actividades productivas o industriales.

3. Valores máximos permisibles de parámetros complementarios para verter aguas residuales al cuerpo receptor. Incluye un total de 46 parámetros.

Una de las dificultades prácticas para la autoridad responsable aplicación y verificación del cumplimiento es la diversidad de valores máximos permisibles atendiendo al tipo de actividad productiva o industrial.

Por otra parte, la norma establece que los valores máximos permisibles de los parámetros deberán ser alcanzados por medio de su tratamiento respectivo y no se permitirá la dilución.

Tabla 3.6. Valores máximos de parámetros para aguas residuales de tipo ordinario, descargadas a un cuerpo receptor.

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR MAXIMO PERMISIBLE
pH	Unidades de pH	5.5-9.0
Temperatura	°C	20-35
DBO ₅	mg/L	60
DQO	mg/L	150
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	2000
Turbidez	UNT	No se incrementará en 5 UNT del cuerpo receptor

FUENTE: Norma Salvadoreña NSO 13.49.01:08. CONACYT 1996.

Tabla 3.7. Valores máximos de metales para aguas residuales de tipo ordinario, descargadas a un cuerpo receptor.

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR MAXIMO PERMISIBLE
Hierro Total	mg/L	10
Mercurio	mg/L	0.01
Cadmio	mg/L	0.1
Cromo Total	mg/L	1
Plomo	mg/L	0.4

FUENTE: Norma Salvadoreña NSO 13.49.01:08. CONACYT 1996.

3.4 REGLAMENTO ESPECIAL DE NORMAS TÉCNICAS DE CALIDAD AMBIENTAL (11)

Tabla 3.8."Reglamento Especial de Norma Técnicas de Calidad Ambiental"

PARAMETRO	LIMITE
Coliformes fecales	Que no excedan una densidad mayor a los 1000 UFC/100 ml
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	No debe permitirse que el nivel de oxígeno disminuya de 5 mg/L
Oxígeno disuelto	Igual o mayor a 5 mg/L
pH	Debe mantenerse en un rango de 6.5 a 7.5 unidades o no alterar en 0.5 unidades de pH el valor ambiental natural
Turbidez	No deberá incrementarse mas de 5 unidades de turbiedad sobre los limites ambientales del cuerpo receptor
Temperatura	Debe de mantenerse en un rango entre los 20 y 30 °C o no alterar un nivel de 5 °C la temperatura del cuerpo receptor.

FUENTE: NIVELES GUIA DEL DECRETO EJECUTIVO N°40 (20 00).

3.5 NORMA PARA REGULAR LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DE TIPO ESPECIAL DESCARGAS AL ALCANTARILLADO SANITARIO.

A continuación se muestran los valores límites permitidos de los parámetros en el agua, por la norma de calidad residual de tipo especial descargadas al alcantarillado sanitario. ANDA 2004.

Tabla 3.9. Norma de Calidad residual de tipo especial descargadas al alcantarillado sanitario.

PARAMETRO	VALOR MAXIMO PERMITIDO
pH	5.5 - 9
Temperatura	20-35 °C
DBO ₅	400 mg/L
DQO	1000 mg/L
Fe Total	20 mg/L
Mercurio	0.02 mg/L
Cadmio	1 mg/L
Cromo	3 mg/L
Plomo	1 mg/L

FUENTE: ANDA 2004

3.6 PARAMETROS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE UN ACUIFERO (14)

3.6.1 ANALISIS FISICO DEL AGUA.

1) TURBIDEZ.

La turbidez es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; en otras palabras, la turbiedad es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbiedad puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos, microorganismos, etc.

La determinación de turbiedad es de gran importancia en aguas para consumo humano y en gran cantidad de industrias procesadoras de alimentos y bebidas.

Los valores de turbiedad sirven para determinar el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y, consecuentemente, la tasa de filtración mas adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad de agua.

2) TEMPERATURA.

La determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que, por ejemplo, el grado de saturación de OD, la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura.

En estudios de polución de ríos, estudios limnológicos y en la identificación de la fuente de suministro en pozos, la temperatura es un dato necesario.

Normalmente la determinación de la temperatura puede hacerse con un termómetro de mercurio de buena calidad. El termómetro debe sumergirse en el agua, preferiblemente con el agua en movimiento, la lectura debe hacerse después de un periodo de tiempo suficiente que permita la estabilización del nivel del mercurio.

3) SÓLIDOS.

Es necesario medir la cantidad de material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables hasta aguas contaminadas, aguas residuales, residual industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento.

Sólidos totales: Se define como sólidos la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103°C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos). Para su determinación, la muestra se evapora en una capsula previamente pesada, preferiblemente de platino o porcelana, sobre un baño de María, y luego se seca a 103-105 °C. El incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos totales o residuo total.

Sólidos disueltos (o residuo filtrable): son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos. Si la determinación es directa, se filtra la muestra a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol de Gooch; el filtrado se evapora en una capsula de peso conocido sobre un baño de María y el residuo de la evaporación se seca a 103-105 °C. El incremento de peso sobre el de la capsula vacía representa los sólidos disueltos o residuo filtrable.

3.6.2 ANALISIS QUIMICO DEL AGUA.

1) PH

Variable importante de la variación de la calidad del agua y esta influenciado por los procesos biológicos y químicos dentro del cuerpo de agua. Idealmente el pH

debe ser determinado *in situ* o inmediatamente después que la muestra a sido tomada.

La medida de pH es una de las pruebas mas importantes y frecuentes utilizadas en el análisis químico del agua. Prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual, como la neutralización acido-base, suavizado, precipitación, coagulación, desinfección y control de la corrosión, dependen del pH. El pH se utiliza en las determinaciones de alcalinidad y dióxido de carbono y en muchos otros equilibrios ácido-base. A una temperatura determinada, la intensidad del carácter acido o básico de una solución viene dada por la actividad del Ion Hidrogeno o pH.

2) FOSFATOS

Son compuestos químicos formados por fósforo y oxígeno, necesario para el crecimiento de las plantas y de los animales. Existen en varias formas: *Ortofosfatos* que son producidos por procesos naturales y encontrados en aguas residuales y *Polifosfatos* que se usan para tratar calderas de agua y para hacer detergentes.

Al estimular el crecimiento de las algas cubren la superficie de agua y ahogan a los organismos acuáticos.

El uso de detergentes, los cuales contienen grandes cantidades de fósforo, ha aumentado el contenido de fosfato en las aguas residuales domesticas y contribuido al problema de incremento del mismo en las fuentes receptoras.

Teniendo en cuenta la importancia del fósforo como nutriente, su determinación es necesaria en estudios de contaminación de ríos, lagos y embalses, así como en procesos químicos y biológicos de purificación y tratamiento de aguas residuales.

3) NITRATOS

Pueden provenir de fertilizantes, aguas negras y desechos industriales pueden causar eutrofización de lagos o pozos añadiendo estos nitratos a la masa de agua y a niveles altos de estos nutrientes incrementan el florecimiento de vida vegetal. Cuando las plantas mueren las bacterias usan gran parte del oxígeno disuelto para descomponerlas.

4) METALES

Algunos metales como Mercurio, Cadmio, Plomo, Cromo, Hierro cuando se encuentran en concentraciones traza son importantes para las funciones fisiológicas de los tejidos vivos y para la regulación de muchos procesos bioquímicas.

Cuando estos metales se descargan en las aguas naturales incrementando la concentración, pueden tener efectos toxicológicos graves para los seres humanos y los ecosistemas acuáticos.

PLOMO

El plomo es un importante veneno que se acumula en el organismo. Las aguas naturales rara vez contienen encima de 5µg/l, aunque se ha informado sobre valores mucho más altos. El plomo de un suministro de agua puede ser de origen industrial y de descargas de hornos de fundición o de cañerías viejas de plomo. Las aguas de grifo blandas y ácidas y que no reciben un tratamiento adecuado contienen plomo como resultado del ataque a las tuberías de servicio.

HIERRO

En condiciones reductoras, el hierro existe en estado ferroso. En ausencia de iones que forman complejos el hierro férrico no es significativamente soluble a menos que el pH sea muy bajo. Al exponerlo al aire o al añadir oxidantes, el hierro ferroso se oxida al estado férrico y puede hidrolizarse para formar óxido férrico hidratado insoluble.

En muestras de agua, el hierro puede estar en forma de solución auténtica en estado coloidal que puede estar peptizado por materia orgánica, en complejos inorgánicos u orgánicos de hierro o en partículas suspendidas relativamente gruesas. Algunas veces se toman partículas de óxido de hierro con la muestra de agua por el desprendimiento de herrumbre desde las tuberías.

CADMIO

El cadmio es muy tóxico y se le han atribuido algunos casos de intoxicación con alimentos. Se cree que muy pequeñas cantidades de cadmio podrían ser la causa de alteraciones adversas en las arterias renales. También produce cánceres generalizados en animales de laboratorio y ha sido relacionado epidemiológicamente con ciertos cánceres humanos. Una concentración de cadmio de 200 µg/l es tóxica para ciertos peces. El cadmio puede llegar al agua a través de vertidos industriales o por deterioro de tuberías galvanizadas.

MERCURIO

Las sales orgánicas e inorgánicas de mercurio son muy tóxicas y su presencia en el ambiente y en especial en el agua deben controlarse.

5) OXIGENO DISUELTO

La determinación de Oxígeno disuelto (OD) es muy importante en Ingeniería Ambiental por ser el factor que determina la existencia de condiciones aerobias o anaerobias en un medio particular. La determinación de OD sirve como base para cuantificar DBO₅, aerobividad de los procesos de tratamiento, tasas de aireación en los procesos de tratamiento aerobio y grado de contaminación de ríos.

Las fuentes de oxígeno en el agua son la aireación y la fotosíntesis de las algas, su remoción se debe a la respiración de los vegetales, demanda química de oxígeno de nutrientes orgánicos y sedimentos de aireación y reducción de orgánicos. Cuando el % de saturación del agua es menor al 100% indica

presencia de contaminación (consumo de oxígeno). Cuando el agua contaminada con materia orgánica es descargada en el agua receptora el nivel de oxígeno baja, alterando toda la estructura de la comunidad acuática.

El método más usado para la determinación de OD es el de la modificación del nitrato al método de Winkler, o modificación de Alsterberg, el cual es el más indicado para eliminar la interferencia producida por nitritos presentes en la muestra. Los nitritos constituyen la interferencia más común en efluentes tratados biológicamente y en muestras incubadas para análisis de DBO₅.

6) DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO

La DBO se define como la cantidad de oxígeno expresado en mg/L, requerido por las bacterias para estabilizar u oxidar la materia orgánica (biodegradable) bajo condiciones aeróbicas durante 5 días a 20 °C.

Es un procedimiento de bioensayo que involucra la medida de oxígeno consumido por los organismos (bacterias aerobias) cuando utilizan materia orgánica presente en el agua residual bajo condiciones similares a las que ocurren en la naturaleza.

La DBO₅, como todo ensayo biológico, requiere cuidado especial en su realización, así como conocimiento de las características esenciales que deben cumplirse, con el fin de obtener valores representativos confiables. El ensayo supone la medida de la cantidad de oxígeno consumido por organismos vivos en la utilización de la materia orgánica presente en un residuo; por lo tanto es necesario garantizar que durante todo el periodo del ensayo exista suficiente OD para ser utilizado por los organismos.

7) DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO

Es un parámetro analítico de contaminación que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. La determinación de DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Específicamente representa el contenido orgánico total de la muestra, oxidable por dicromato en solución ácida. El ensayo tiene la ventaja de ser más rápido que el DBO₅ y no está sujeto a tantas variables como las que pueden presentarse en el ensayo biológico. Todos los compuestos orgánicos, con unas pocas excepciones, pueden ser oxidados a CO₂ y agua mediante la acción de agentes oxidantes fuertes, en condiciones ácidas.

8) COLIFORMES FECALES

El grupo coliforme incluye las bacterias de forma bacilar, aerobias y facultativas anaerobias, Gram negativo, no formadoras de esporas, las cuales fermentan la lactosa con formación de gas en un periodo de 48 hrs. a 35 °C.

El número de organismos coliformes en los excrementos humanos es muy grande; la excreción diaria por habitante varía entre 125×10^9 y 400×10^9 UFC. Su presencia

en el agua es considerada como un índice evidente de la ocurrencia de contaminación fecal y por lo tanto de contaminación con organismos patógenos. En aguas residuales la relación de organismos coliformes con organismos entéricos patógenos es muy grande, del orden de $10^6/1$.

9) CLORO RESIDUAL

La cloración del agua constituye una práctica sanitaria imprescindible, tanto a nivel de los servicios de abastecimiento público de aguas, como en la práctica de la cloración a otras escalas, incluida la hospitalaria, en la que actualmente ha adquirido una gran importancia como consecuencia de la aparición de brotes de legionelosis.

3.7 INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA). (16)

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de comparar lo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.

Para la determinación del "ICA" interviene 9 parámetros, los cuales son:

1. Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)
2. Oxígeno Disuelto (en % de saturación)
3. pH (en unidades de pH)
4. Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅ en mg/ L)
5. Nitratos (NO₃ en mg/L)
6. Fosfatos (PO₄ en mg/L)
7. Cambio de la Temperatura (en °C)
8. Turbidez (en UNT)
9. Sólidos disueltos totales (en mg/ L)

Para desarrollar el "ICA", La NSF seleccionaron 142 personas quienes representaron un amplio rango a nivel local, estatal y nacional en los Estados Unidos. El proceso para el desarrollo del Índice de Calidad del agua se llevo acabo en las siguientes etapas:

I. La identificación de factores claves (parámetros biológicos, químicos o físicos) que pueden utilizarse como indicadores de la calidad del agua, basados en el criterio profesional colectivo de personas con conocimientos relativos al medio acuático o al foco de contaminación. Mediante una serie de cuestionarios, a cada panelista se le pregunto que considerara 35 parámetros de calidad de agua para una posible inclusión en dicho índice. Este número se redujo finalmente a 9 parámetros, los cuales fueron mencionados anteriormente.

II. Asignación de los Pesos Relativos o Peso de importancia del Parámetro (w_i) correspondientes a los factores de contaminación en aguas. En esta fase se corre el riesgo de introducir cierto grado de subjetividad en la evaluación, pero por otro lado sugiere que es importante una asignación racional y unificada de dichos pesos de acuerdo al uso del agua y de la importancia de los parámetros en relación al riesgo que implique el aumento o disminución de su concentración.

Estos datos se promediaron dando origen a curvas que reflejan el criterio profesional de respuestas en una escala (Q_i) de 0-100.

La agregación de la información, mediante fórmulas que incluyen adiciones simples o multiplicativas. Verificación en campo de su aplicabilidad. Esto implica la recolección de datos y su comprobación.

3.7.1 ESTIMACION DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA GENERAL “ICA” (16)

El “ICA” adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación el curso de agua en estudio.

Posteriormente al calculo el índice de calidad de agua de tipo “General” se clasifica la calidad del agua con base a la siguiente tabla:

Tabla 3.10 Clasificación del “ICA” propuesto por Brown

CALIDAD DEL AGUA	COLOR	VALOR
EXCELENTE		91- 100
BUENA		71 – 90
REGULAR		51 – 70
MALA		26 – 50
PESIMA		0 - 25

Las aguas con “ICA” mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con ella.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Regular” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Mala” pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación.

Las aguas con un "ICA" que caen en categoría "Pésima" pueden solamente poder apoyar un número limitado de las formas acuáticas de la vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como natación.

Para determinar el valor del "ICA" en un punto deseado es necesario que se tengan las mediciones de los 9 parámetros implicados en el cálculo del Índice los cuales son:

Coliformes Fecales, pH, (DBO₅), Nitratos, Fosfatos, Cambio de la Temperatura, Turbidez, Sólidos disueltos Totales, Oxígeno disuelto.
Para el cálculo del ICA se utiliza la siguiente fórmula:

$$ICA = \sum(Q_i * W_i)$$

Donde:

W_i: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Q_i), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Q_i: Subíndice del parámetro i.

Para determinar el valor del "ICA" es necesario sustituir los datos en la ecuación 2 obteniendo los Q_i de distintas graficas como se explicará a continuación, dicho valor se eleva por sus respectivos w_i de la Tabla 3.10 y se multiplican los 9 resultados obteniendo de esta manera el "ICA".

Los pesos de los diversos parámetros son:

Tabla 3.11 Pesos de parámetros de ICA

i	Q _i	W _i
1	Coliformes fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO ₅	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos totales	0.08
9	Oxígeno disuelto	0.17

Los pasos a seguir para calcular los (Q_i) del Índice de Calidad General son:

Si los Coliformes fecales son mayores de 100,000 NMP/100 mL de agua, el (Q₁) es igual a 3. Si el valor de Coliformes fecales es menor de 100,000 NMP/100 mL

buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 3.1 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Q_1) de Coliformes fecales, se procede a elevarlo al peso w_1 .

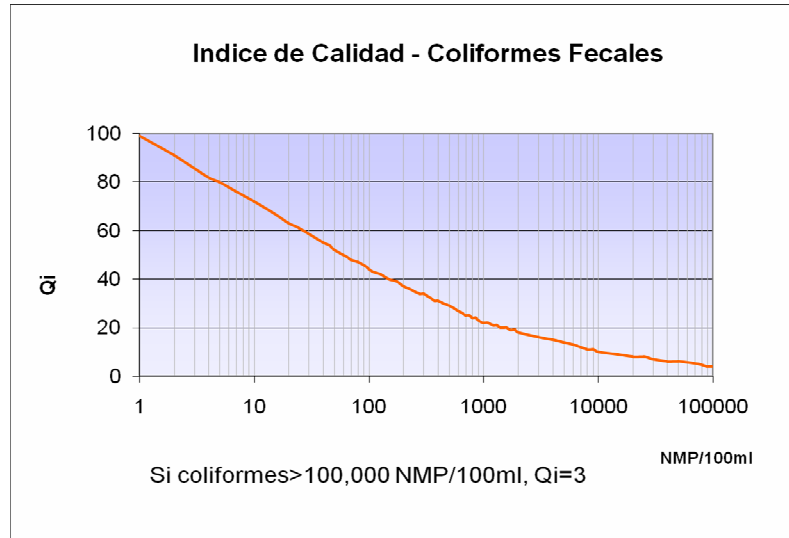


Figura 3.1 Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales

Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el (Q_2) es igual a 2, si el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades el (Q) es igual a 3. Si el valor de pH esta entre 2 y 10 buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 3.2 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Q) de pH y se procede a elevarlo al peso w_2 .

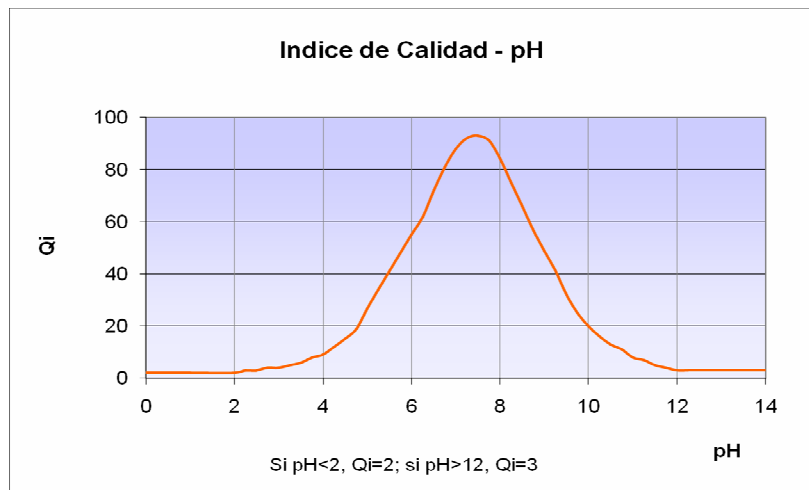


Figura 3.2 Valoración de la calidad de agua en función del pH

Si la DBO_5 es mayor de 30 mg/L el (Q_3) es igual a 2. Si la DBO_5 es menor de 30 mg/l buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 3.3 se procede a interpolar al

valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Q) de DBO_5 y se procede a elevarlo al peso w_3 .

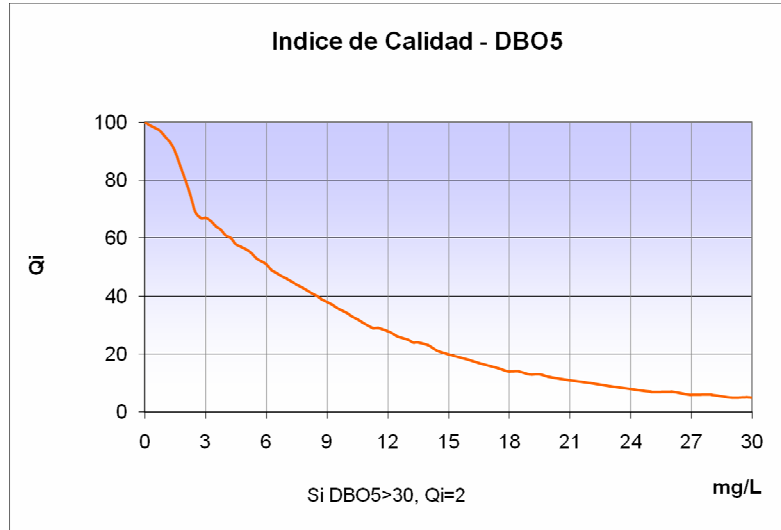


Figura 3.3 Valoración de la calidad de agua en función de la DBO_5

Los Nitratos es mayor de 100 mg/l el (Q_4) es igual a 2. Si Nitratos es menor de 100 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 3.4 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Q_4) de Nitratos y se procede a elevarlo al peso w_4 .

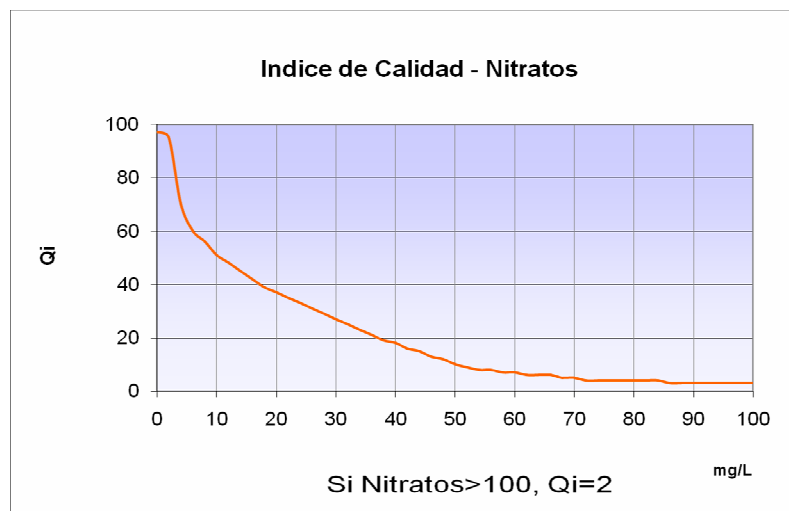


Figura 3.4 Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno

Si los Fosfatos son mayores a 10 mg/L el (Q_5) es igual a 5. Si el Fosfatos es menor de 10 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 3.5 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Q_5) y se procede a elevarlo al peso w_5 .

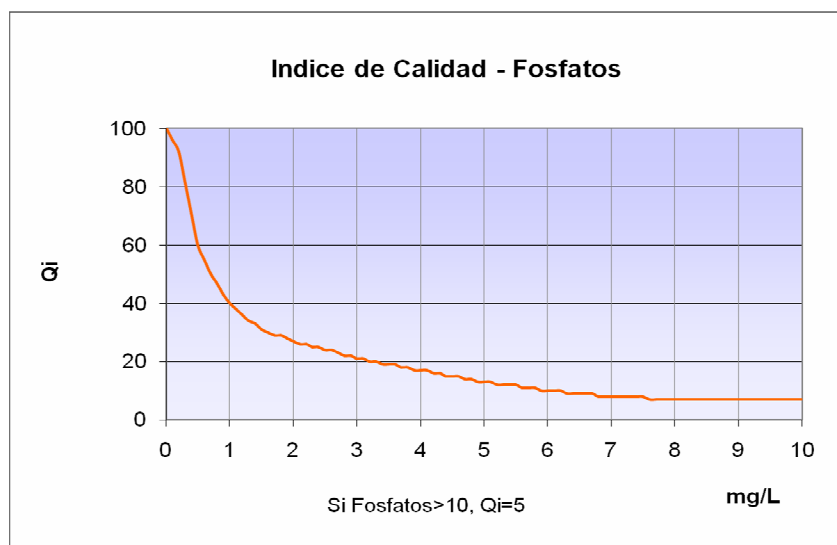


Figura 3.5 Valoración de la calidad de agua en función de los Fosfatos.

Para el parámetro de Temperatura (Q_6) primero hay que calcular la diferencia entre la $T_{ambiente}$ y la $T_{Muestra}$ y con el valor obtenido proceder. Si el valor de esa diferencia es mayor de $15^{\circ}C$ el (Q_6) es igual a 9. Si el valor obtenido es menor de $15^{\circ}C$, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 3.6 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Q_6) de Temperatura y se procede a elevarlo al peso w_6 .

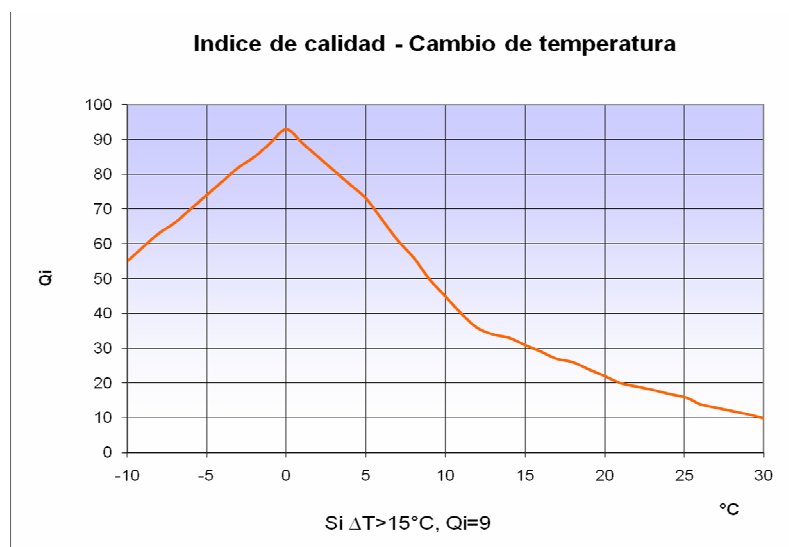


Figura 3.6 Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura

Si la Turbidez es mayor de 100 UNT el (Q_7) es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 UNT, buscar el valor en el eje de (X) en la se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Q_7) de Turbidez y se procede a elevarlo al peso w_7 .

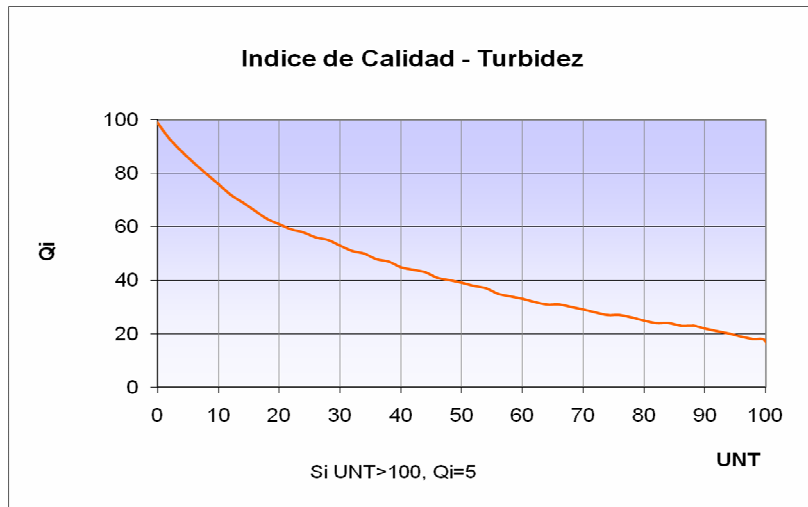


Figura 3.7 Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez

Si los Sólidos disueltos Totales son mayores de 500 mg/L el (Q_8) es igual a 3, si es menor de 500 mg/L, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 3.8 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Q_8) de Residuo Total y se procede a elevarlo al peso w_8 .

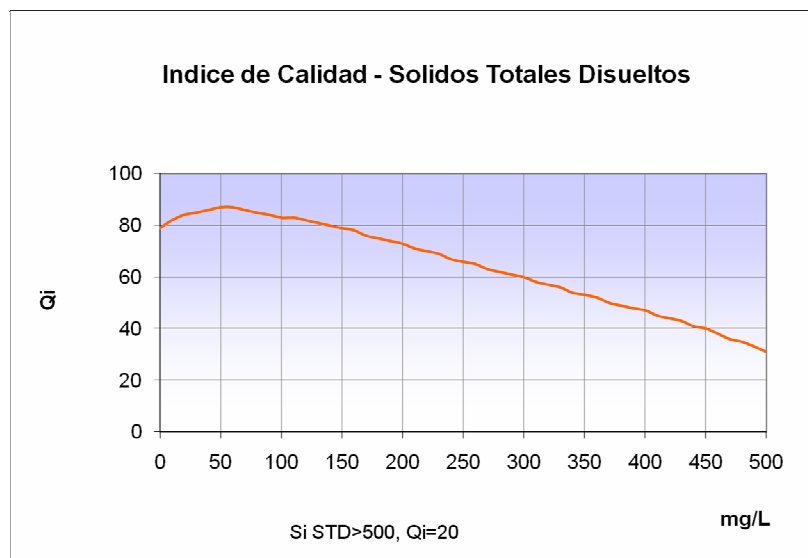


Figura 3.8 Valoración de la calidad de agua en función del Residuo Total

Para el parámetro de Oxígeno Disuelto (OD) primero hay que calcular el porcentaje de saturación del OD en el agua. Para esto hay que identificar el valor de saturación de OD según la temperatura del agua (Tabla 3.11).

Tabla 3.12. Solubilidad del oxígeno en agua dulce

Temp. °C	OD mg/L	Temp. °C	OD mg/L	Temp. °C	OD mg/L	Temp. °C	OD mg/L
1	14.19	12	10.76	23	8.56	34	7.05
2	13.81	13	10.52	24	8.4	35	6.93
3	13.44	14	10.29	25	8.24	36	6.82
4	13.09	15	10.07	26	8.09	37	6.71
5	12.75	16	9.85	27	7.95	38	6.61
6	12.43	17	9.65	28	7.81	39	6.51
7	12.12	18	9.45	29	7.67	40	6.41
8	11.83	19	9.26	30	7.54	41	6.31
9	11.55	20	9.07	31	7.41	42	6.22
10	11.27	21	8.9	32	7.28	43	6.13
11	11.01	22	8.72	33	7.16	44	6.04

FUENTE: TABLA 3-140 DE PERRY "MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO"

Luego si el % de Saturación de OD es mayor de 140% el (Q_9) es igual a 47. Si el valor obtenido es menor del 140% de Saturación de OD buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 3.9 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Q_9) de Oxígeno Disuelto y se procede a elevarlo al peso w_9 .

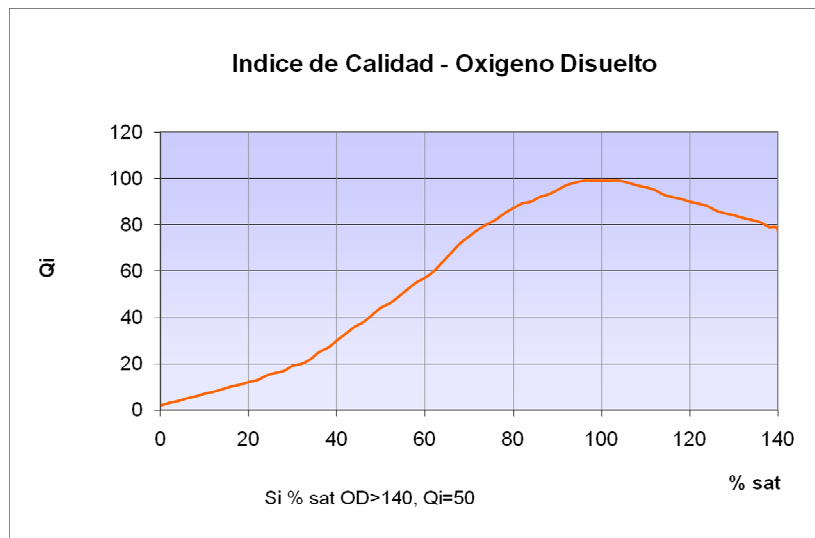


Figura 3.9 Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación del Oxígeno disuelto.

4. DETERMINACION DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA Y CALCULO DE LA CANTIDAD DEL AGUA DE LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE.

Primero se realizó una campaña de muestreo preliminar para ubicar los posibles puntos de toma de muestras; cuando se hubo determinado los puntos específicos para el muestreo y los parámetros necesarios para evaluar la calidad del agua, el siguiente paso fue realizar el muestreo; este se hizo siguiendo los pasos de un Plan de Muestreo y de Medición de Caudal, elaborado previamente, en donde se especifican la ubicación de los 4 puntos de muestreo, que son los mismos puntos de medición de caudal.

4.1 PLAN DE MUESTREO

A. PUNTOS DE MUESTREO

Tabla 4.1. Ubicación de los puntos de muestreo

PUNTO	UBICACION	COORDENADAS			
		NORTE	OESTE	m.s.n.m.	Error (m)
1	Río Ilohuapa, aguas arriba de la confluencia de los Ríos Ilohuapa y Matalapa.	13°40'27.6"	89°11'45"	962	± 7
2	Río Ilohuapa, aguas arriba de la confluencia de los Ríos Ilohuapa y El Garrobo.	13°40'50.7"	89°11'45.66"	660	± 9
3	Río El Garrobo, aguas arriba del punto de confluencia de los Ríos Ilohuapa y El Garrobo.	13°40'52.5"	89°11'46.02"	649	± 15
4	Río Acelhuate, aguas abajo de la confluencia de los Ríos Ilohuapa y El Garrobo.	13°41'03"	89°11'39"	674	± 19

B. FRECUENCIA DEL MUESTREO

Se muestrearon los puntos antes citados, dos veces durante un año, una vez en época seca y otra en época lluviosa. Se tomarán en total 16 muestras: 8 muestras por cada época, lo que es igual a dos muestras por punto.

C. TIPO DE MUESTRA

La muestra es de tipo simple, con la cual se obtiene información sobre la calidad del agua en un punto y momento dado.

D. PARAMETROS A MEDIR

1. Coliformes fecales
2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)
3. Nitratos
4. Fosfatos
5. Sólidos totales disueltos
6. Oxígeno disuelto
7. Turbidez
8. pH
9. Cambio de temperatura (se tomará in situ)
10. Demanda Química de Oxígeno (DQO)
11. Cloro residual
12. Plomo
13. Cadmio
14. Cromo
15. Hierro total
16. Mercurio.

Los primeros 9 parámetros son necesarios para la aplicación del ICA (Índice de Calidad del Agua).

E. METODOLOGIA DEL MUESTREO

Lo primero es proveerse de equipo de protección personal que garantice la seguridad del muestreador.

Con la ayuda de un termómetro se mide la temperatura ambiente del lugar y la temperatura del agua del río en el momento del muestreo. Esta sirve para determinar el cambio de temperatura, que es un parámetro necesario para determinar el ICA.

Antes de tomar la muestra, se deben homogenizar los recipientes con la misma agua a muestrear. Luego se introducen los frascos a una profundidad media del río, el frasco debe llenarse completamente de agua, sin dejar lugar para oxígeno, finalmente se deben tapar los frascos rápidamente.

Para el análisis microbiológico (coliformes fecales) se usan otro tipo de frasco que debe ser esterilizado previamente. Del mismo modo el frasco a utilizar para determinar el oxígeno disuelto es diferente ya que éste frasco se le agregará un reactivo especial, necesario para fijar el oxígeno disuelto.

F. MATERIALES Y CAPACIDAD DE LOS RECIPIENTES A SER UTILIZADOS EN EL MUESTREO.

Los frascos para todos los análisis fisicoquímicos a excepción del oxígeno disuelto, deberán ser de polipropileno o de vidrio ámbar de 1 galón, se requiere un mismo recipiente para analizar todos los parámetros.

Para determinar el oxígeno disuelto, la muestra debe ser tomada en un frasco de vidrio con capacidad de 300 mL, el cual deberá contener un reactivo especial para conservar la muestra.

Para el análisis microbiológico se necesita un frasco de 150 mL de vidrio, el cual debe esterilizarse en autoclave antes de su uso.

G. PRESERVACION, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE LA MUESTRA

Todos los frascos conteniendo las muestras se mantendrán en hielo, hasta el momento de entregarlos al laboratorio para su posterior análisis. Las muestras deben transportarse con sumo cuidado y lo más rápido posible.

4.2 MEDIDA DEL CAUDAL

A. EQUIPO UTILIZADO

El micro molinete hidráulico modelo AOTT, es un equipo moderno utilizado para la medición de la velocidad de la corriente de agua en un punto específico de la sección transversal. Consiste en una hélice o propela de 5 a 12 cm. de diámetro, acoplada a un rodete o eje giratorio que transmite el número de revoluciones a un contómetro eléctrico.

El micro molinete se instala sobre un vástago vertical graduado en centímetros a la altura del punto donde se quiere medir la velocidad.

B. PASOS A SEGUIR PARA MEDIR EL CAUDAL DEL RÍO UTILIZANDO EL MICROMOLINETE:

1. Equiparse con el equipo de medición necesario (En este caso un Micro molinete modelo AOTT), y con el equipo de protección personal adecuado.
2. Medir el ancho del río.
3. Determinar el intervalo de distancia entre cada medida y el tiempo que se requerirá para hacer cada medición.
4. Medir en cada intervalo la profundidad del río, el número de revoluciones por minuto que nos marca el equipo, el tiempo y la distancia con relación al punto inicial.
5. Llenar la hoja de registro que se presenta en el Anexo 4.2. Con estos datos se puede medir la velocidad de la corriente del río y el área de la sección transversal, con lo que se puede calcular el caudal.

4.3 CALCULO DE LA CANTIDAD DEL AGUA DE LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE

MÉTODOS UTILIZADOS PARA EL AFORO DEL CAUDAL DE LOS RÍOS.

Consisten en calcular la cantidad de agua, ya sea en volumen o como caudal o gasto, las unidades más utilizadas para el caudal son m^3/s , gal/min y L/s.

A. MOLINETE

Con el equipo utilizado se determina la velocidad del agua en un punto específico de la sección del canal, para conocer el caudal es necesario medir el área de la sección hidráulica, por lo que se aplica la ecuación de continuidad:

$$Q = A * V$$

Donde:

Q: Caudal m^3/s

A: Área de la sección transversal

V: Velocidad del cauce.

Para tener una mejor estimación del caudal, ya que la velocidad es muy variable en toda la sección hidráulica, se divide ésta en secciones más pequeñas (A1, A2, A3.....An) por medio de verticales imaginarias (V0, V1,.....Vn) y para cada vertical se determina la velocidad media, que puede ser mediante una medida a 0.6 veces la profundidad del agua (h); cuando h es menor a 0.4 m; o tomando dos medidas, una a 0.2 h y 0.8 h y promediando, cuando h mayor que 0.4 m.

Como resultado tenemos pequeñas secciones hidráulicas, limitadas por dos verticales de observación, haciendo el promedio de las verticales $(V0 + V1)/2$, se obtiene la velocidad media de cada sección.

En la siguiente figura se muestran las secciones transversales de un río, en donde las líneas verticales, indican los límites de las diferentes secciones transversales.

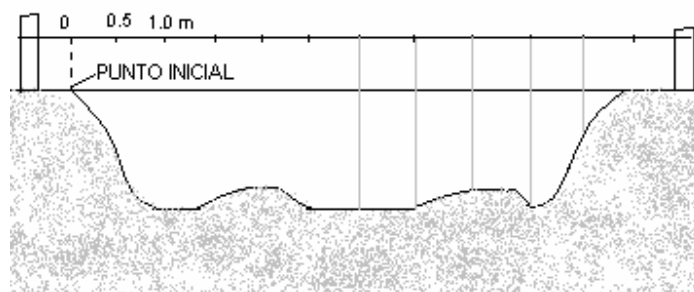


Figura 4.1 Secciones Transversales de un río

El área de la sección transversal se calcula por la fórmula del trapecio:

$$A = l_v * \left(\frac{h_0 + h_1}{2} \right)$$

Donde:

l_v = intervalo entre verticales (m)

h = profundidad del agua en la verticales respectivas (m).

Finalmente se determina parcialmente el caudal que circula por cada una, así:

$$Q_1 = A_1 * V_1$$

El Caudal total se calcula por la sumatoria de las caudales de cada sección.

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots + Q_n$$

Para la medida de los caudales en los puntos de interés, se utilizó un programa creado en Microsoft EXCEL (ver Anexo 4.4), con el que se obtiene el caudal total con la introducción de los datos mostrados en la hoja de registro del Anexo 4.2.

B. METODO DEL FLOTADOR

Este método se utiliza para estimar el caudal de los ríos en donde el ancho de éste no es suficiente para utilizar el método del molinete, debido a que no se pueden efectuar las mediciones necesarias para que los resultados obtenidos sean confiables.

Consiste en medir el área de la sección transversal del punto de interés, luego medir una distancia cualquiera aguas arriba del punto, y luego colocar un objeto flotante (ejemplo: botella, de preferencia sellada para evitar que el peso del agua en su interior obstruya su recorrido), en el centro de la corriente, medir el tiempo que tarda en llegar desde el punto ubicado aguas arriba hasta el punto de interés, esto se hace por lo menos 5 veces; el resultado es un promedio de los tiempos. De esta forma se puede conocer la velocidad del agua en la superficie al dividir la distancia entre el tiempo.

Según Truebas, la velocidad media del río es del 80% al 90% de la velocidad en la superficie, por lo que si se multiplica la velocidad obtenida con el uso del flotador por 0.85, se obtiene la velocidad media del río. Si este dato se multiplica por el área de la sección transversal, se obtiene el caudal.

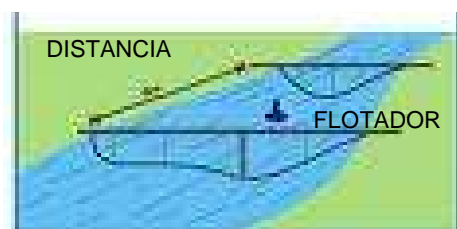


Figura 4.2. Método del flotador

Los resultados obtenidos utilizando ambos métodos de aforo de caudales, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.2. Caudales de los ríos que conforman la Subcuenca Sur del Río Acelhuate, para ambas épocas del año.

CAUDALES	EPOCA LLUVIOSA	EPOCA SECA
Río Ilohuapa antes de confluencia con el Río Matalapa	0.560 m ³ /s	0.015 m ³ /s
Río Ilohuapa antes de confluencia con Río El Garrobo	0.95 m ³ /s	0.166 m ³ /s
Río El Garrobo	0.30 m ³ /s	0.023 m ³ /s
Río Acelhuate	2.31 m ³ /s	0.185 m ³ /s

4.4 APLICACION DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA DE LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE.

Para la determinación del ICA, se creó un programa en Microsoft EXCEL en donde al introducir los valores de los diferentes parámetros, se puede determinar el valor del ICA correspondiente a la muestra analizada. De esta forma se estimó el ICA para todas las muestras. En el Anexo 4.5 se muestra el programa creado.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

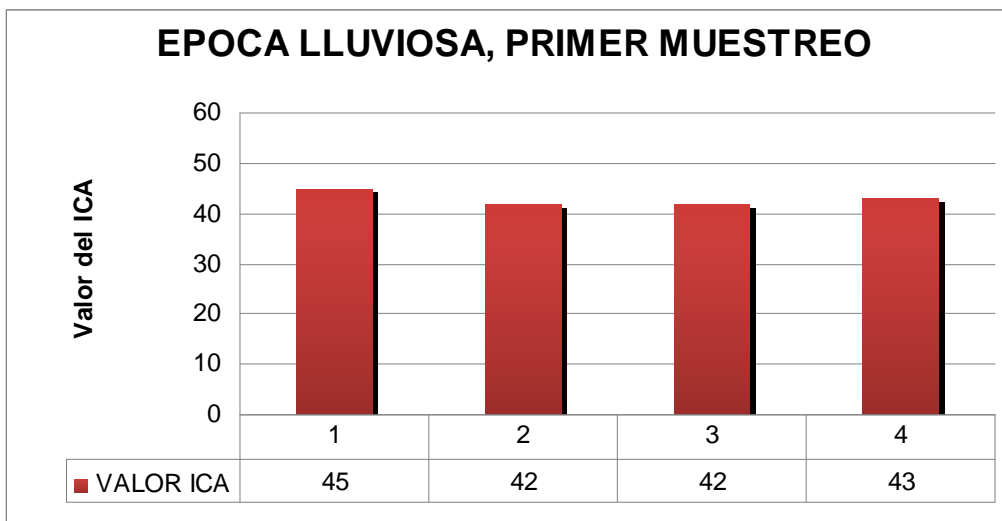
Tabla 4.3. Valores del ICA, para cada punto de muestreo durante las dos épocas del año.

VALORES SEGUN ICA				
EPOCA LLUVIOSA, OCTUBRE 2008				
PUNTOS DE MUESTREO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Muestreo 1	45	42	42	43
Muestreo 2	47	39	43	43
EPOCA SECA, FEBRERO 2009				
Muestreo 1	49	36	39	36
Muestreo 2	49	33	43	34

Tabla 4.4. Calidad del agua según ICA, para cada punto de muestreo durante las dos épocas del año.

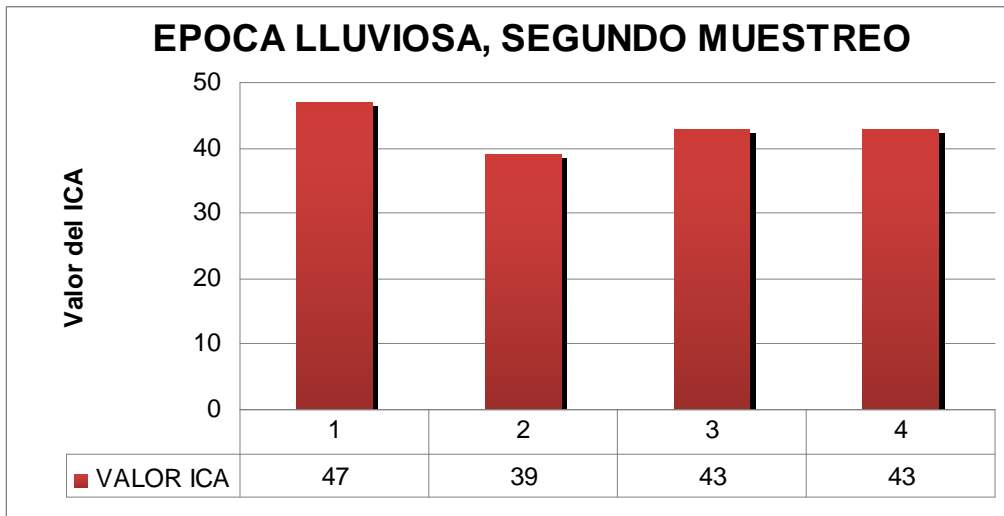
CALIDAD DEL AGUA, SEGÚN ICA				
EPOCA LLUVIOSA, OCTUBRE 2008				
PUNTOS DE MUESTREO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Muestreo 1	MALA	MALA	MALA	MALA
Muestreo 2	MALA	MALA	MALA	MALA
EPOCA SECA, FEBRERO 2009				
Muestreo 1	MALA	MALA	MALA	MALA
Muestreo 2	MALA	MALA	MALA	MALA

En la siguiente figura se puede apreciar la calidad del agua de los puntos de muestreo según el valor obtenido.



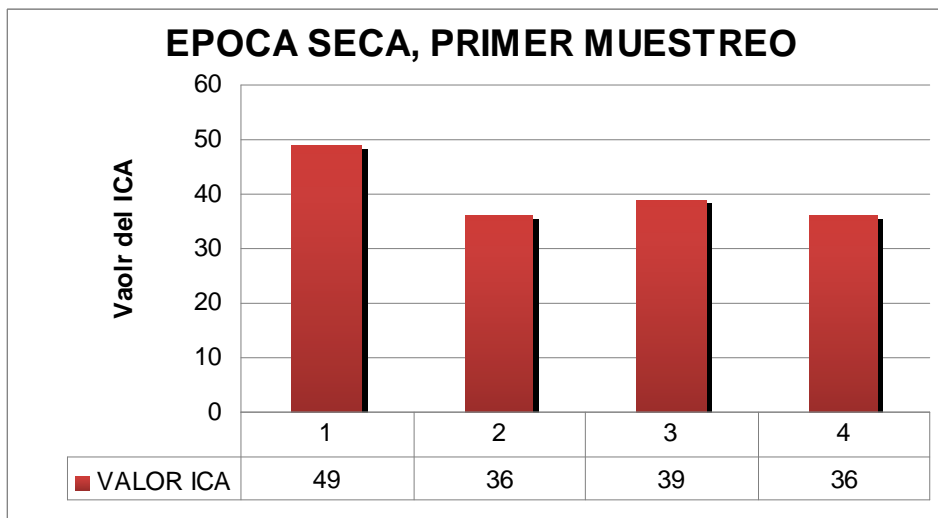
■ EXCELENTE ■ BUENA ■ REGULAR ■ MALA ■ PESIMA

Figura 4.3 Calidad del agua según ICA, para el primer muestreo de la Época Lluviosa.



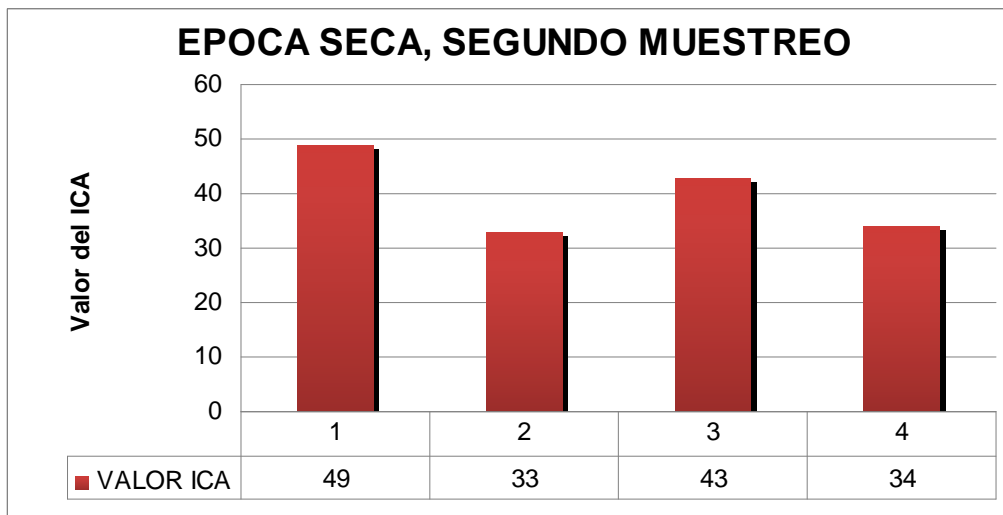
■ EXCELENTE
 ■ BUENA
 ■ REGULAR
 ■ MALA
 ■ PESIMA

Figura 4.4 Calidad del agua según ICA, para el segundo muestreo de la Epoca Lluviosa.



■ EXCELENTE
 ■ BUENA
 ■ REGULAR
 ■ MALA
 ■ PESIMA

Figura 4.5 Calidad del agua según ICA, para el primer muestreo de la Epoca Seca.



■ EXCELENTE
 ■ BUENA
 ■ REGULAR
 ■ MALA
 ■ PESIMA

Figura 4.6 Calidad del agua según ICA, para el segundo muestreo de la Epoca Seca.

4.5 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

A continuación se muestra una tabla resumen de los resultados de los análisis, obtenidos para ambas épocas del año.

Tabla 4.5 Resultados del Análisis del Agua realizados por Laboratorios LECC, correspondiente a Época Lluviosa. Octubre 2008.

PARAMETROS	METODO	UNIDADES	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8
pH	4500-H ⁺ B	Unidades pH	7.6	7.5	7.7	7.4	7.7	7.7	7.7	7.6
Oxígeno Disuelto	4500-OC	mg/L	7.3	6.6	6.7	6.5	5.8	7.7	7.5	6.2
Fosfatos	4500 P-D	mg/L	1.2	4.0	3.5	3.8	0.94	6.4	5.3	2.4
Sólidos Totales Disueltos	2540 C	mg/L	108	154	208	173	123	200	249	222
Nitratos	Colorimétrico	mg/L	0.25	0.17	0.25	0.20	0.3	0.25	0.20	0.17
Turbidez	2130 B	UNT	92	65	89	70	61	85	29	88
Demanda Bioquímica de Oxígeno	5210 B 4500-0 C	mg/L	26.1	35.0	39.8	26.8	29.9	37.5	29.6	34.2
Demanda Química de Oxígeno	5220 D	mg/L	52.0	64.8	91.9	56.8	68.0	75.9	68.0	61.6
Coliformes fecales	9221 E	NMP/100 ml	1,800	21,000	3,600	7,800	25,000	17,000	14,000	39,000
Cloro Residual	Colorimétrico	mg/L	0.13	0.14	0.16	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Hierro Total	3500-Fe B	mg/L	4.9	4.9	5.5	5.2	4.6	5.0	4.8	5.2
Cadmio	Abs. Atómica con HGA	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cromo total	Abs. Atómica con HGA	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Plomo	Abs. Atómica con FIAS	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Mercurio	Abs. Atómica con FIAS	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005

Tabla 4.6 Resultados del Análisis del Agua realizados por Laboratorio LAVOISIER, correspondiente a Época Seca. Febrero 2009.

PARAMETROS	METODO	UNIDADES	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8
pH	4500-H ⁺ B	Unidades pH	7.16	7.14	7.20	7.16	7.26	7.09	7.10	7.18
Oxígeno Disuelto	5210-B	mg/L	2.98	No detectado	5.47	No detectado	3.18	No detectado	4.57	No detectado
Fosfatos	Colorimétrico	mg/L	3.59	3.92	3.86	5.82	2.32	3.80	3.68	4.12
Sólidos Totales Disueltos	2540 C	mg/L	320	426	544	446	338	496	432	470
Nitratos	Colorimétrico	mg/L	0.88	3.52	0.66	0.57	0.83	3.08	0.57	0.52
Turbidez	975-MP	UNT	42.2	80	49.65	82.55	55.40	104	68.15	112.50
Demanda Bioquímica de Oxígeno	5210 B	mg/L	95.47	104.22	101.44	109.40	98.45	147.18	108.40	133.26
Demanda Química de Oxígeno	5220 D	mg/L	1520.91	1,825.09	2,433.46	1,825.09	1,216.73	2,129.27	2,737.60	1,216.73
Coliformes fecales	9221 B	NMP/100 ml	5x10 ⁶	≥16x10 ⁶	5x10 ⁶	16x10 ⁶	900,000	160,000	160,000	160,000
Cloro Residual	975-MP	mg/L	No detectado	No detectado	<0.0005	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
Hierro Total	Abs. Atómica	mg/L	0.20	0.21	0.40	0.25	0.14	0.20	0.39	0.18
Cadmio	Abs. Atómica	mg/L	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Cromo total	Abs. Atómica	mg/L	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Plomo	Abs. Atómica	mg/L	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Mercurio	Abs. Atómica	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005

Se debe tener presente que la muestra 1 de cada muestreo se encuentra en el mismo sitio que la muestra 5, que es el Río Ilohuapa antes de la confluencia con el Río Matalapa, las muestra 2 y 6 se tomaron del Río Ilohuapa antes de la confluencia con el Río El Garrobo, las muestras 3 y 7 corresponden al Río El Garrobo, y las muestras 4 y 8 se ubican en el Río Acelhuate. Esto se debe a que el muestreo se realizó por duplicado para cada estación.

En base a los resultados se hace una comparación de cada muestra analizada por cada parámetro.

pH

Se puede observar en la gráfica que para la época lluviosa el agua de los ríos en estudio presenta un aumento de pH comparado con la época seca, registrándose un valor máximo de pH igual a 7.7 para cuatro muestras en la época lluviosa y un mínimo de 7.09 para la muestra tomada en el río Ilohuapa durante la época seca. El pH obtenido para ambas épocas es relativamente neutro, con una leve tendencia a la basicidad, que es más evidente durante la época lluviosa, esto puede deberse a que durante esta época hay un mayor flujo de sustancias alcalinas como detergentes y jabones generados por el lavado de prendas en el río y de la limpieza de las industrias.

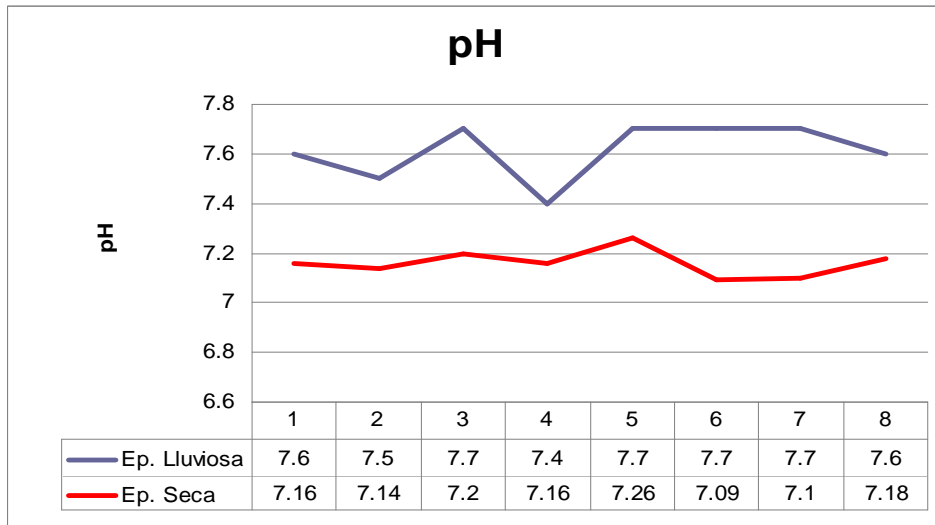


Figura 4.7. Gráfica de pH

Oxígeno Disuelto

Según los resultados obtenidos se pueden apreciar valores bajos de oxígeno disuelto, principalmente durante la época seca, en donde en cuatro muestras no se detectó oxígeno disuelto, estas corresponden al Río Ilohuapa antes de la confluencia con Río El Garrobo, y las otras corresponden al Río Acelhuate. Se cree que los valores más bajos de oxígeno disuelto se dan durante la época seca debido a que el agua fluye poco. Esto es preocupante ya que estos valores bajos

demuestran que el río no es capaz de autopurificarse aún en la época lluviosa en donde si hay flujo de agua, pero que debido a la alta contaminación que poseen los ríos se crea un aumento en la DBO₅ y DQO; parámetros que utilizan el oxígeno para degradar la gran cantidad de materia orgánica e inorgánica en los recursos hídricos.

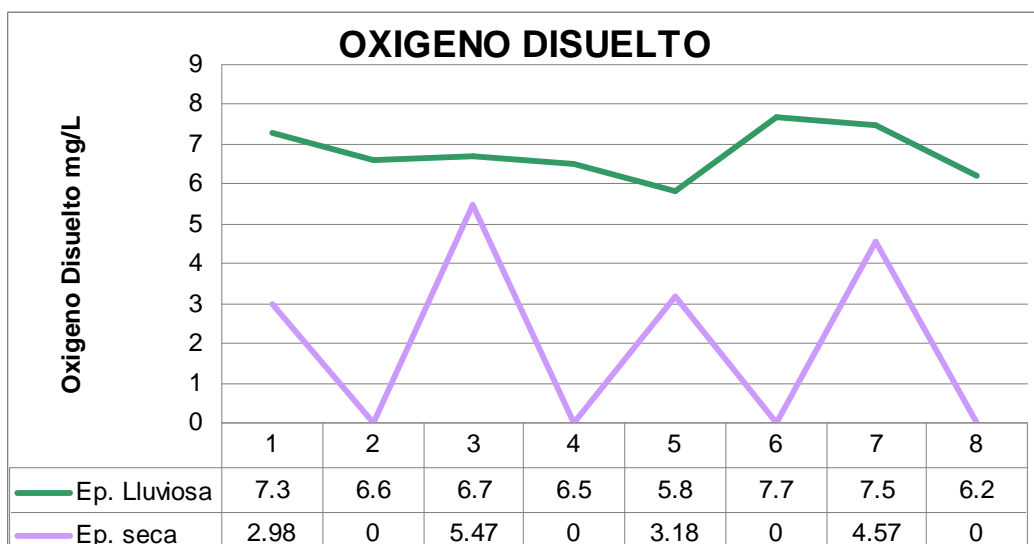


Figura 4.8. Gráfica de Oxígeno Disuelto

Fosfatos y Nitratos

Los fosfatos y nitratos pueden ser generados por industrias cárnicas, por la producción de fertilizantes, por la elaboración de jabones y detergentes, por desechos agroindustriales, por heces fecales etc.

Estos parámetros adicionan nutrientes al ecosistema acuático, lo que crea un proceso llamado "EUTROFICACION" que favorece el crecimiento desmedido de plantas acuáticas y algas, que cubren la superficie del agua, robando el oxígeno del agua y no permitiendo el paso de la luz solar hacia las capas de inferiores del ecosistema. Además cuando estas plantas y algas entran en el proceso de descomposición se multiplican las bacterias reduciendo aún más las cantidades de oxígeno disuelto.

Las muestras analizadas presentan concentraciones de fosfatos y nitratos relativamente bajos, que pueden aumentar a medida que aumente la contaminación producida por compuestos orgánicos.

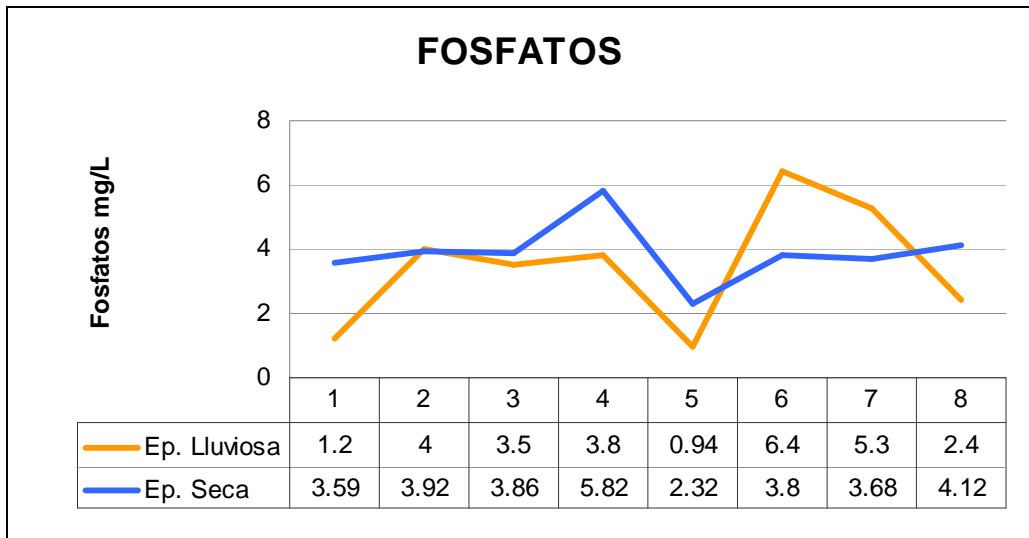


Figura 4.9. Gráfica de Fosfatos

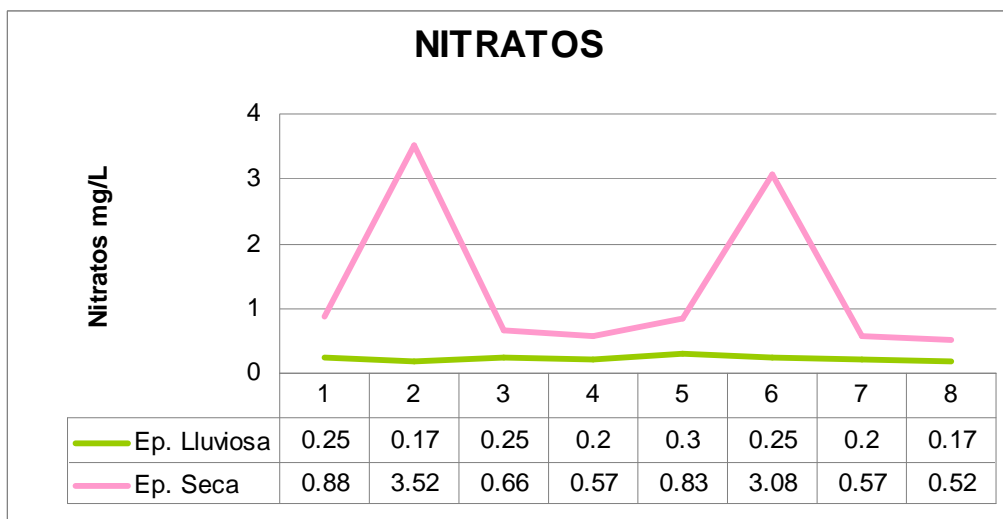


Figura 4.10. Gráfica de Nitratos

Sólidos totales disueltos

Si se comparan los resultados de la gráfica, se puede apreciar que para la época seca se incrementa la concentración de sólidos totales disueltos, esto puede deberse a que durante esta época el agua queda estancada ya que prácticamente no hay flujo del agua, lo que hace que los sólidos disueltos se queden en un solo lugar aumentando su concentración.

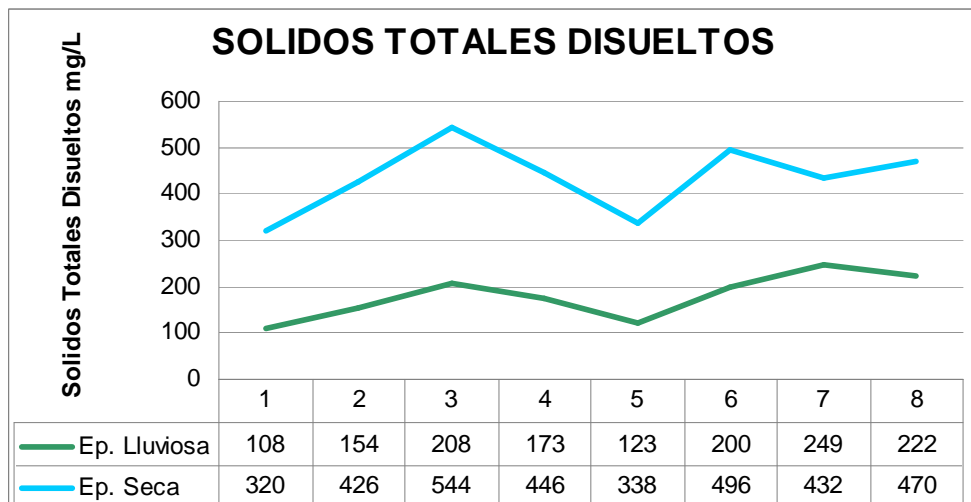


Figura 4.11. Gráfica de Sólidos Totales Disueltos

Turbidez

Las muestras analizadas muestran valores altos de turbidez en especial durante la época lluviosa en donde se da la mayor erosión del suelo y se genera más escorrentía del agua. Las partículas suspendidas que causan la turbidez absorben el calor de la luz del sol causando niveles bajos de oxígeno ya que disminuye la producción de fotosíntesis del sistema acuático en el fondo de los ríos, causando niveles bajos de oxígeno. Además los sólidos suspendidos en el agua pueden obstruir las branquias de peces y reducir las tasas de crecimiento ya que las partículas asfixian los huevos de peces e insectos. La turbidez en las muestras analizadas es muy variable ya que depende del tipo de agua descargada sobre el río, como ejemplo es de hacer notar que en el Río El Garrobo en ocasiones se descarga tierra en grandes cantidades por lo que hace que aumente su turbidez.

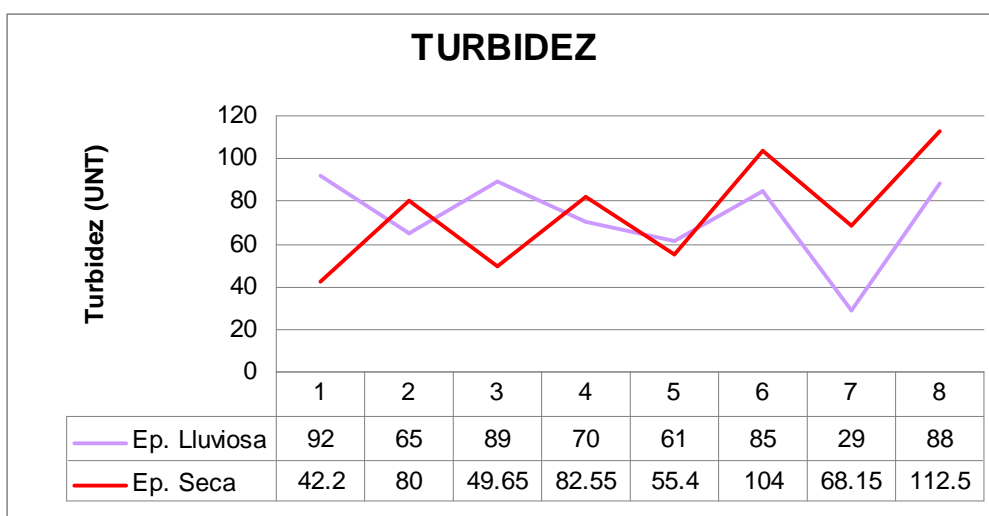


Figura 4.12. Gráfica de Turbidez

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La DBO₅ determina la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias para descomponer la materia orgánica contenida en una muestra de agua en un período de 5 días. Según los resultados este parámetro aumenta significativamente durante la época seca, debido a que hay una menor cantidad de oxígeno disuelto en el agua, lo que hace que el río degrade menor cantidad de materia orgánica.

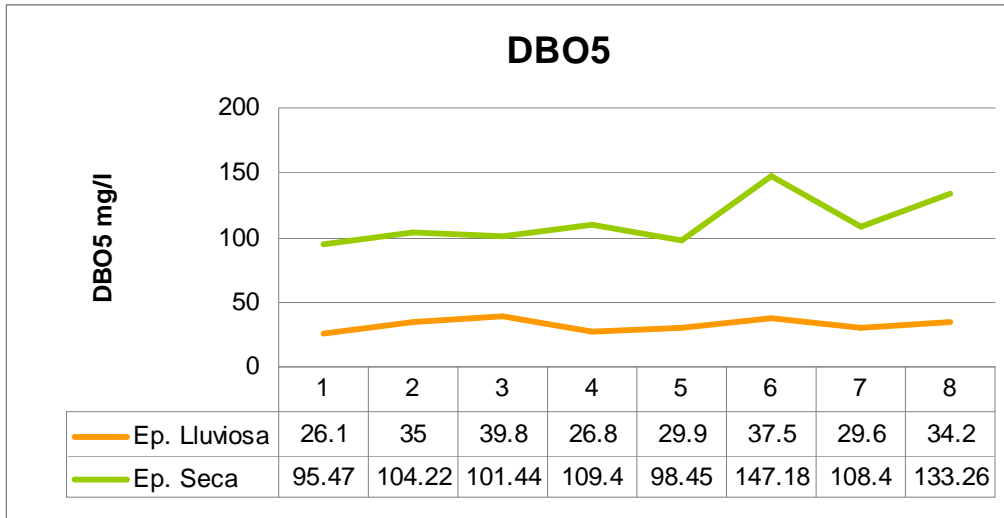


Figura 4.13. Gráfica de Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO representa la cantidad de oxígeno requerido para degradar tanto la materia orgánica como inorgánica. Se puede observar con las gráficas que para las muestras analizadas durante la época seca, el valor de la DQO aumenta de forma desproporcionada, ya que para la muestra 3 (Río El Garrobo), que es la que registra el mayor valor comparada con las demás muestras para cada época; reporta un valor de 91.9 mg/L para la época lluviosa y un valor de 2,433.46 mg/L para la época seca. Esto se debe como en la DBO₅, a la disminución del oxígeno disuelto durante la época seca.

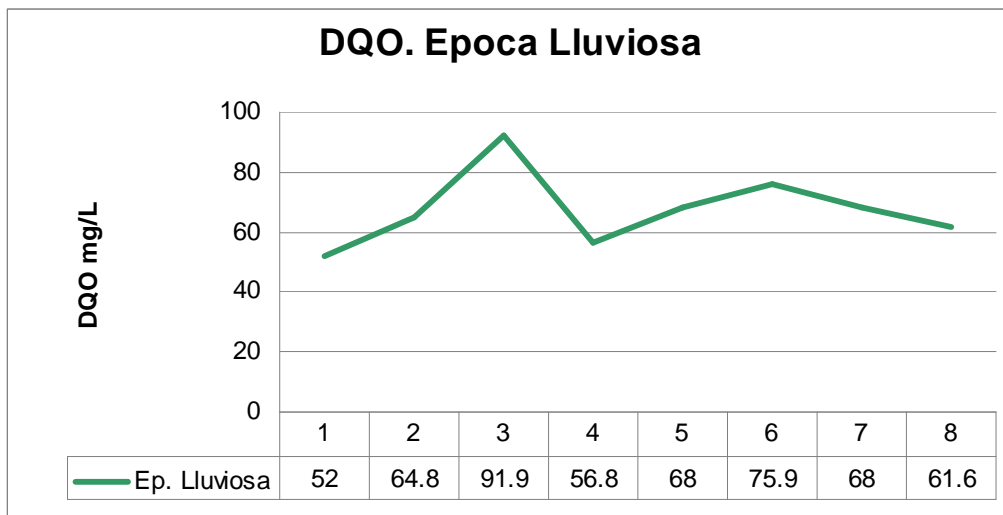


Figura 4.14. Gráfica de Demanda Química de Oxígeno, para la época lluviosa.

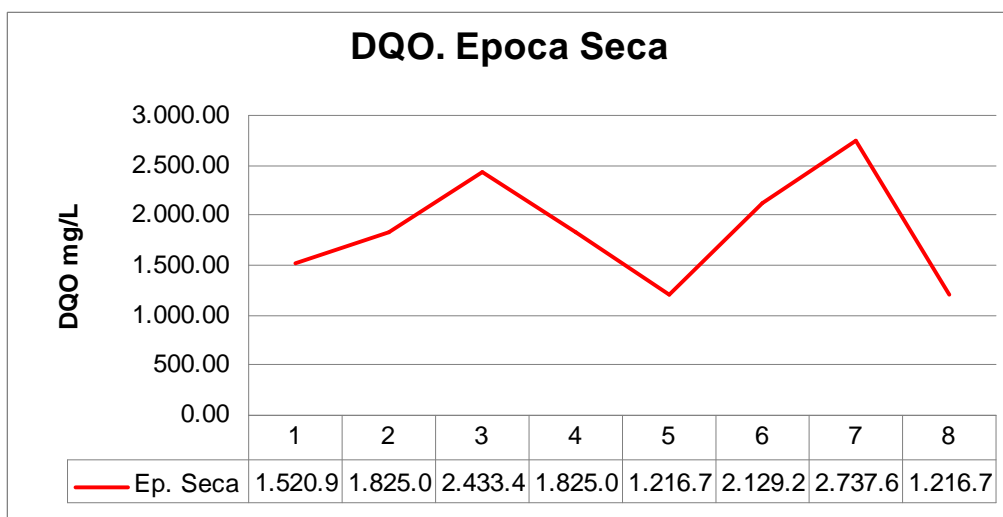


Figura 4.15. Gráfica de Demanda Química de Oxígeno, para la época seca.

Coliformes Fecales

Para ambas épocas se puede apreciar de las gráficas que las muestras que registran la mayor cantidad de bacterias coliformes para las dos épocas corresponden al Río Acelhuate, reportando un valor de más de 16 millones de bacterias por cada 100 mL de agua. Este es un dato alarmante ya que indica que el agua de los ríos está fuertemente contaminada con heces fecales, las cuales provienen tanto de fuentes puntuales como no puntuales, esto genera enfermedades bacterianas como gastroenteritis.

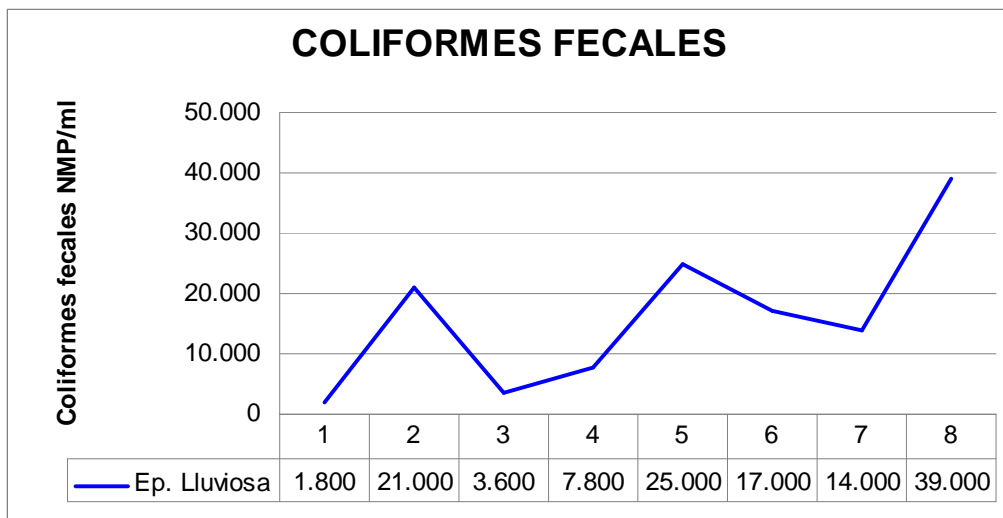


Figura 4.16 Gráfica de Coliformes Fecales, para la época lluviosa.

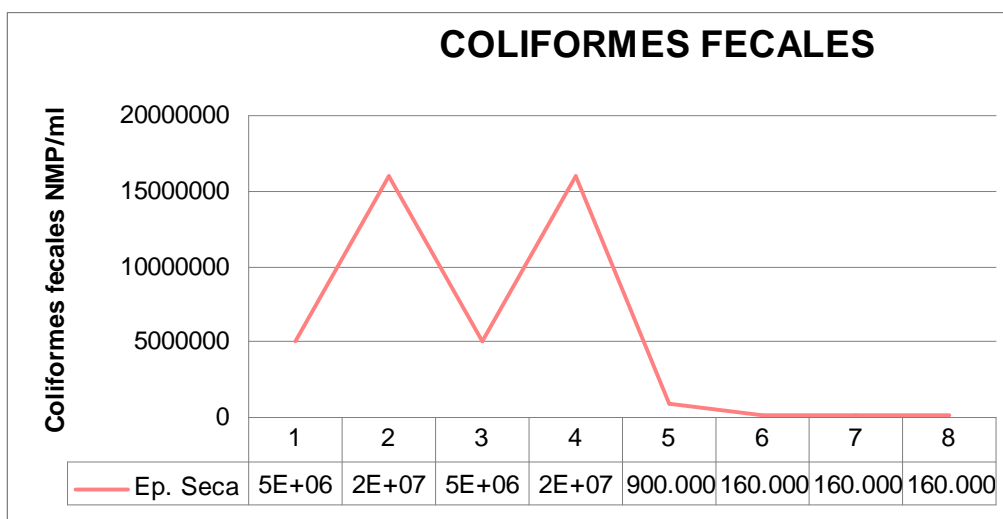


Figura 4.17 Gráfica de Coliformes Fecales, para la época seca.

Cloro Residual

Durante la época seca el cloro solamente fue detectado en pequeñas cantidades en una muestra (Río El Garrobo), con un valor de <0.0005 y para la época lluviosa cinco muestras indican que hay una concentración menor a 0.1 mg/L . El mayor dato registrado es para el río El Garrobo correspondiente a la época lluviosa con 0.16 mg/L . El cloro residual proviene de químicos utilizados en la limpieza como lejías (hipoclorito de sodio), dióxido de cloro y el cloro líquido (Cl_2), estos compuestos envenenan a la población acuática presente en los ríos, causando su muerte.

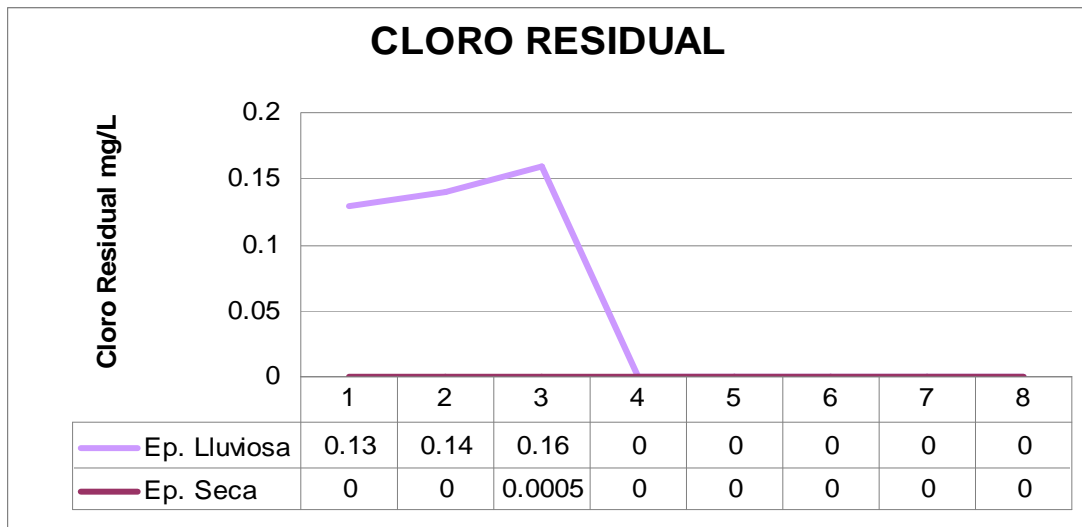


Figura 4.18. Gráfica de Cloro Residual.

Temperatura

El registro de la temperatura de los recursos hídricos es muy importante, ya que muchas industrias arrojan vertidos calientes directamente a los ríos, lo que altera la vida de la comunidad acuática, además de disminuir la solubilidad del oxígeno disuelto en el agua.

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, las temperaturas obtenidas para los ríos en estudio, es aceptable ya que la mayor temperatura registrada fue 25 °C. Es importante mencionar que las temperaturas se midieron in situ.

Es de hacer notar que el que se haya obtenido mayores temperaturas durante la época lluviosa, es debido a que la mayoría de las muestras se tomaron a horas cercanas al medio día, en cambio los muestreos realizados en la época seca, se hicieron durante horas más tempranas al medio día.

Tabla 4.7. Temperaturas del agua de la Subcuenca Sur del Río Acelhuate.

EPOCA LLUVIOSA							
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8
22°C	25°C	25°C	24°C	24°C	25°C	25°C	24°C
EPOCA SECA							
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8
22°C	24°C	24°C	22°C	23°C	24°C	25°C	22°C

Metales Pesados

A todas las muestras se le analizaron la presencia de metales: Hierro total, Cadmio, Plomo, Mercurio y Cromo. Para los últimos cuatro metales, las concentraciones son muy pequeñas, para ambas estaciones de muestreo, en cambio el hierro total si mostró concentraciones mayores.

Si se comparan las concentraciones de los metales en las tablas 4.4 y 4.5, se puede observar que durante la época seca se incrementa las concentraciones para el cadmio y el plomo, pero que aún siguen siendo pequeñas; y se registra un aumento notorio para el hierro total durante la época lluviosa, que se puede ver en la gráfica; esto se puede deber al arrastre de estas sustancias con la lluvia.

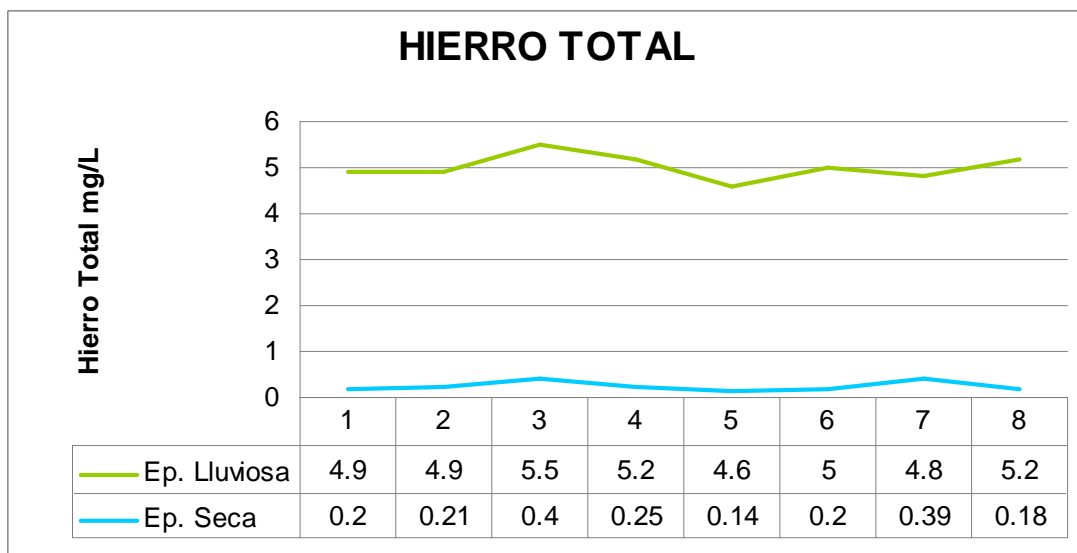


Figura 4.19. Gráfica de Hierro Total

Todos los metales son muy tóxicos, a excepción del hierro total que no se conoce sea causante de enfermedades, pero si presenta problemas de turbidez.

En el caso del plomo puede dañar el cerebro. Los riñones, el sistema nervioso y los glóbulos rojos; el plomo es generado por el reciclado de chatarras como de las placas de baterías, y de los escorias industriales como soldaduras de metal para cojinetes, recubrimiento de cables, etc. El mercurio debilita los músculos, afecta la visión, produce retraso mental, causa alteraciones genéticas, lesiones renales e incluso hasta la muerte. La contaminación del agua por mercurio, es producido por industrias químicas que producen fungicidas y pinturas contra hongos.

Por otro lado el cadmio puede provocar daños en el aparato digestivo, riñones y huesos, además la inhalación de sus vapores produce severas lesiones en los pulmones. La contaminación por este metal es provocada por la industria de acabados de metales, electrónica, industria de pigmentos y baterías. Y por último el cromo es a la vez un micro nutriente esencial como un carcinogénico, dependiendo de su forma química. En su aplicación industrial, forma parte de curtientes, pigmentos y conservantes textiles, aleaciones, pinturas, agentes anticorrosivos, electro galvanizados, etc.

4.6 COMPARACION DE LOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS CON LA NORMATIVA DEL PAIS.

En base a los resultados, se comparan los valores obtenidos de cada parámetro, con la normativa correspondiente a nuestro país.

Tabla 4.8. Comparación de los resultados de los parámetros obtenidos con la Norma para la Regulación de la Calidad del Agua Residual de tipo especial, descargada al Alcantarillado Sanitario.⁵

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR MAXIMO PERMISIBLE	CUMPLIMIENTO DE LA NORMA EPOCA LLUVIOSA	CUMPLIMIENTO DE LA NORMA EPOCA SECA
pH	Unidades de pH	5.5-9.0	Todas cumplen	Todas cumplen
Temperatura	°C	20-35	Todas cumplen	Todas cumplen
DBO₅	mg/L	400	Todas cumplen	Todas cumplen
DQO	mg/L	1000	Todas cumplen	Ninguna cumple
Hierro Total	mg/L	20	Todas cumplen	Muestras N° 5 y 8 cumplen ⁶
Mercurio	mg/L	0.02	Todas cumplen	Todas cumplen
Cadmio	mg/L	1.0	Todas cumplen	Todas cumplen
Cromo Total	mg/L	3	Todas cumplen	Todas cumplen
Plomo	mg/L	1.0	Todas cumplen	Todas cumplen

FUENTE: ANDA, OCTUBRE 2004.

⁵ Para los demás parámetros el valor permisible por esta norma no se encuentra declarado.

⁶ Muestra 5: Río Ilohuapa antes de confluencia con Matalapa. Muestra 8: Río Acelhuate ambas del segundo muestreo

Tabla 4.9. Comparación de los resultados de los parámetros obtenidos con la Norma Salvadoreña Obligatoria para Aguas Residuales descargadas a un cuerpo receptor. NSO 13:49.01:06.⁷

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR MAXIMO PERMISIBLE	CUMPLIMIENTO DE LA NORMA EPOCA LLUVIOSA	CUMPLIMIENTO DE LA NORMA EPOCA SECA
pH	Unidades de pH	5.5-9.0	Todas cumplen	Todas cumplen
Temperatura	°C	20-35	Todas cumplen	Todas cumplen
DBO₅	mg/L	60	Todas cumplen	Ninguna cumple
DQO	mg/L	150	Todas cumplen	Ninguna cumple
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	2000	Todas cumplen	Ninguna cumple
Turbidez	UNT	No se incrementará en 5 UNT del cuerpo receptor	Ninguna cumple	Ninguna cumple
Hierro Total	mg/L	10	Todas cumplen	Todas cumplen
Mercurio	mg/L	0.01	Todas cumplen	Todas cumplen
Cadmio	mg/L	0.1	Todas cumplen	Todas cumplen
Cromo Total	mg/L	1	Todas cumplen	Todas cumplen
Plomo	mg/L	0.4	Todas cumplen	Todas cumplen

FUENTE CONACYT, OCTUBRE 1996.

⁷ Para los demás parámetros el valor permisible por esta norma no se encuentra declarado.

Tabla 4.10. Comparación de los resultados de los parámetros obtenidos con el Reglamento Especial Normas Técnicas de Calidad Ambiental.⁸

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR MAXIMO PERMISIBLE	CUMPLIMIENTO DE LA NORMA EPOCA LLUVIOSA	CUMPLIMIENTO DE LA NORMA EPOCA SECA
pH	Unidades de pH	6.5-7.5	Muestras N°2 y 4 cumplen ⁹	Todas cumplen
Temperatura	°C	20-30	Todas cumplen	Todas cumplen
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 5	Todas cumplen	Muestra 3 ¹⁰ , cumple
DBO₅	mg/L	No debe permitirse que el nivel del oxígeno disminuya de 5 mg/L	Ninguna cumple	Ninguna cumple
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	1000	Ninguna cumple	Ninguna cumple
Turbidez	UNT	No se incrementará en 5 UNT del cuerpo receptor	Ninguna cumple	Ninguna cumple

FUENTE: MARN, MAYO 2002.

⁸ Para los demás parámetros el valor permisible por esta norma no se encuentra declarado.

⁹ Muestra 2: Río Ilohuapa antes de confluencia con El Garrobo. Muestra 4: Río Acelhuate. Ambas para el primer muestreo.

¹⁰ Muestra 3: Río El Garrobo, primer muestreo.

4.7 DETERMINACION DE LOS USOS DEL AGUA DE LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHAUTE EN BASE AL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA.

A. EVALUACION DEL AGUA UTILIZANDO EL ICA (14).

En relación al valor numérico del ICA, este no representa más que una posibilidad de comparación si se es consistente en su cálculo. Asociado al valor numérico del ICA se definen 6 rangos de estado de calidad del agua:

- (E) Excelente
- (A) Aceptable
- (LC) Levemente Contaminada
- (C) Contaminada
- (FC) Fuertemente Contaminada
- (EC) Excesivamente Contaminada.

En función de esta clasificación se establecieron los criterios que a continuación se presentan, dependiendo del uso al que se destina el agua indicándose las medidas o límites aconsejables.

B. CRITERIOS GENERALES PARA DETERMINAR EL USO DEL AGUA PARA DIFERENTES ACTIVIDADES (14).

La definición de categorías para calidad del agua en diferentes usos se realiza seleccionando y analizando parámetros en estudio los cuales reflejaran diferentes rangos de valores, que serán más restrictivos cuanto mayor sea el número y la exigencia de los usos comprendidos en dichas categorías.

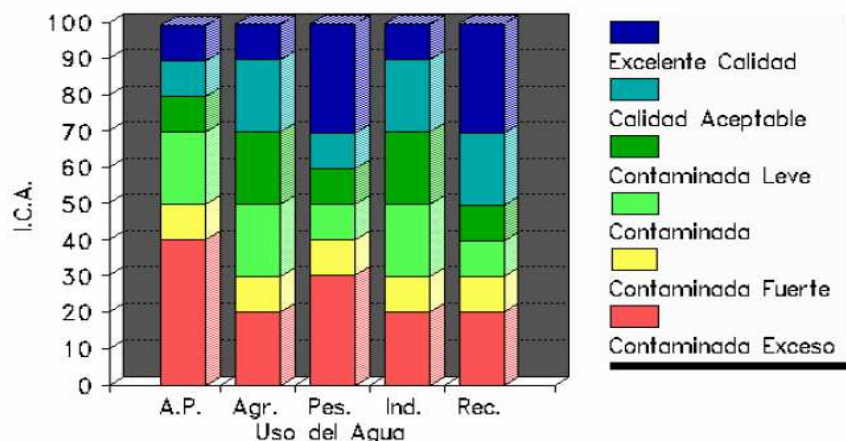


Figura 4.20. Escala del ICA en función del uso del agua

1. Uso del agua como Agua Potable

90-100 E - No requiere purificación para consumo.
80-90 A - Purificación menor requerida.
70-80 LC- Dudoso su consumo sin purificación.
50-70 C - Tratamiento potabilizador necesario.
40-50 FC- Dudosa para consumo.
0-40 EC- Inaceptable para consumo.

2. Uso del agua en Agricultura

90-100 E - No requiere purificación para riego.
70-90 A - Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua.
50-70 LC- Utilizable en mayoría de cultivos.
30-50 C - Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.
20-30 FC- Uso solo en cultivos muy resistentes.
0-20 EC- Inaceptable para riego.

3. Uso del agua en la Pesca y Vida Acuática

70-100 E - Pesca y vida acuática abundante.
60-70 A - Límite para peces muy sensitivos.
50-60 LC- Dudosa la pesca sin riesgos de salud.
40-50 C - Vida acuática limitada a especies muy resistentes.
30-40 FC- Inaceptable para actividad pesquera.
0-30 EC- Inaceptable para vida acuática.

4. Uso del agua a nivel Industrial

90-100 E - No se requiere purificación.
70-90 A - Purificación menor para industrias que requieran alta calidad de agua.
50-70 LC- No requiere tratamiento para mayoría de industrias.
30-50 C - Tratamiento para mayoría de usos.
20-30 FC- Uso restringido en actividades burdas.
0-20 EC- Inaceptable para cualquier industria.

5. Uso del agua para Recreación

70-100 E - Cualquier tipo de deporte acuático.
50-70 A - Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.
40-50 LC- Dudosa para contacto con el agua.
30-40 C - Evitar contacto, sólo con lanchas.
20-30 FC- Contaminación visible, evitar cercanía
0-20 EC- Inaceptable para recreación.

C. DETERMINACION DEL USO DEL AGUA DE LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE.

Según los resultados obtenidos se determina los usos que se le debe dar al agua en la zona de estudio

EPOCA LLUVIOSA

Se determino que la calidad del agua es MALA por lo que a continuación se detalla su uso más adecuado dependiendo de la actividad para la cual se destine.

Tabla 4.11. Uso del agua recomendado para la Subcuenca Sur del Río Acelhuate según la actividad, en base al ICA, para la época lluviosa.

ACTIVIDAD	CLASIFICACION	USO DEL AGUA
Agua Potable	Fuertemente contaminada	Es dudosa para consumo aun con tratamiento
Agricultura	Contaminada	Se requiere de un tratamiento previo para poder ser usado en la mayoría de los cultivos.
Pesca y Vida Acuática	Fuertemente contaminada	La vida acuática se limitada a especies muy resistentes a la contaminación.
Industrial	Contaminada	Se requiere un tratamiento previo necesario para utilizarla en la mayoría de actividades industriales
Recreación	Contaminada	Es dudosa para contacto con el agua

EPOCA SECA

Se determino que la calidad del agua es MALA por lo que a continuación se detalla su uso más adecuado dependiendo de la actividad para la cual se destine.

Tabla 4.12. Uso del agua recomendado para la Subcuenca Sur del Río Acelhuate según la actividad, en base al ICA, para la época seca.

ACTIVIDAD	CLASIFICACION	USO DEL AGUA
Agua Potable	Excesivamente Contaminada	Es inaceptable para consumo.
Agricultura	Contaminada	Se requiere de un tratamiento previo para poder ser usado en la mayoría de los cultivos.
Pesca y Vida Acuática	Fuertemente contaminada	Es inaceptable para la actividad pesquera.
Industrial	Contaminada	Se requiere un tratamiento previo necesario para utilizarla en la mayoría de actividades industriales.
Recreación	Contaminada	Se debe evitar el contacto con el agua.

4.8 PLAN DE MONITOREO DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DEL AGUA DE LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE.

Se recomienda un monitoreo de por lo menos cada 3 meses tanto de la calidad como cantidad del agua del sector sur de subcuenca en estudio, tomando los mismos cuatro puntos de muestreo y medida del caudal descritos anteriormente.

Se utilizarán además los pasos y la metodología descrita en el plan de muestreo; y con la ayuda del programa ICA versión 1.0, se determinará el Índice de Calidad del Agua (ICA), así como del programa HID-2008 para la medida del caudal si se utiliza el micromolinete AOTT.

En total se monitorearía la subcuenca sur del Río Acelhuate 4 veces al año, dos veces por época, y los muestreos se realizarían por duplicado aunque de ser posible se recomienda muestrear por triplicado para una mejor representatividad de los resultados.

5. MEDIDAS DE MITIGACION DE FUENTES CONTAMINATES.

5.1 EQUIPOS PROPUESTOS PARA LAS DISMINUCION DE LA CONTAMINACION EN LOS RIOS ESTUDIADOS.

5.1.1 REJILLAS (12)

Una rejilla es un elemento con aberturas, generalmente de tamaño uniforme, que se utiliza para retener los sólidos gruesos existentes en el agua.

El objetivo de la rejilla es separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrastradas por el agua, que podrían disminuir la eficacia de los tratamientos posteriores.

La función que desempeñan las rejas se conoce con el nombre de desbaste, y el material separado en esta operación recibe el nombre de basuras o residuos de desbaste.

De esta forma, el desbaste se clasifica según la separación entre los barrotes de la reja en:

1. Desbaste fino: con separación libre entre barrotes de 10-25 mm.
2. Desbaste grueso: con separación libre entre barrotes de 50-100 mm. En cuanto a los barrotes, estos han de tener unos espesores mínimos según sea la necesidad.

Según el método de limpieza que se emplee, las rejas pueden ser de limpieza manual o automática.

Rejas de limpieza manual. Las rejas están constituidas por barrotes rectos soldados a unas barras de separación situadas en la cara posterior, y su longitud no debe exceder aquella que permita rastrillarla fácilmente con la mano. Van inclinados sobre la horizontal con ángulos entre 60-80°.

Rejas de limpieza mecánica. Este tipo de reja es fabricada por varias empresas especializadas. La principal ventaja de este tipo de reja, es que elimina los problemas de atascos y reducen el tiempo necesario para su mantenimiento. De los distintos tipos de mecanismo, el más utilizado consiste en un peine móvil, que periódicamente barre la reja, extrayendo los sólidos retenidos para su evacuación.

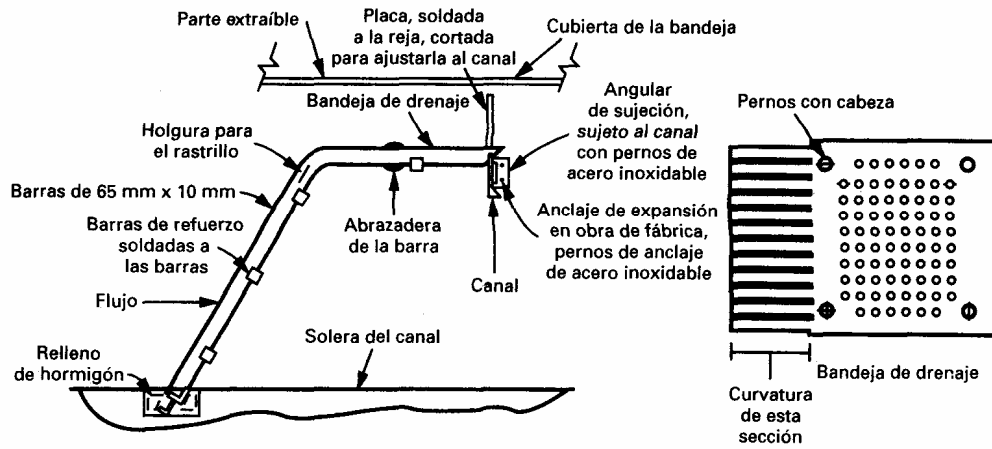


Figura 5.1. Rejas de limpieza manual.

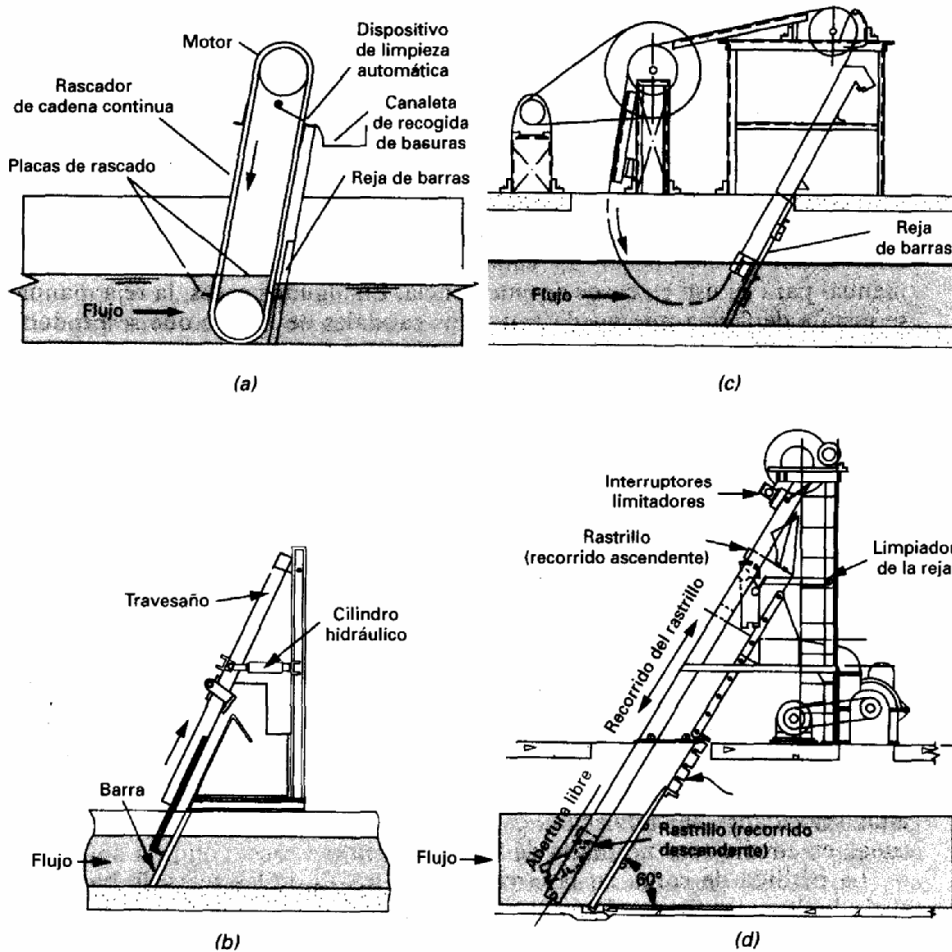


Figura 5.2. Rejas de limpieza mecánica

Para los ríos en estudio se recomienda las rejillas de limpieza manual, debido a que su costo es inferior al de las rejillas mecánicas; por lo que se requiere de una limpieza manual semanal.

Estas deberán construirse con acero inoxidable para su mayor duración con espaciado entre barrotes de 7 cm, inclinados sobre la horizontal con ángulos entre 60-80° para una mayor eficiencia.

Las rejillas serán ubicadas desde una profundidad media del río hacia la superficie, evitándose tocar el fondo del río para no obstaculizar el paso de los peces y otros animales acuáticos.

Los ríos que más requieren de este equipo son el Río Ilohuapa después de la unión con el Río Matalapa y el Río Acelhuate antes de llegar al zoológico, ya que en estos ríos se concentra una gran cantidad de sólidos (basura). Aunque de ser posible se recomienda la instalación de por lo menos cuatro rejillas en la zona de estudio, sus ubicaciones podrían ser antes de las confluencias de los ríos.

5.1.2 SEDIMENTADORES (12)

El objetivo de esta operación es eliminar todas aquellas partículas de granulometría superior a 0.200 mm y peso específico medio 2.65, obteniéndose un porcentaje de eliminación del 90%.

El diseño de un sedimentador está relacionado con los fenómenos de sedimentación de partículas granuladas no floculantes y la relación de la velocidad de sedimentación con del diámetro de la partícula.

Tabla 5.1 Velocidad de sedimentación en función del diámetro de partícula.

Diámetro partícula (mm)	Velocidad de sedimentación (m/h)
0.150	40-50
0.200	65-75
0.250	85-95
0.300	105-120

Esta operación elimina también elementos de origen orgánico putrescibles como granos de café, semillas, huesos, cáscaras de frutas y huevos, que sedimentan a la misma velocidad que las partículas de arena.

Para los ríos en estudiados se recomiendan sedimentadores en forma de canal, debido a que son más fáciles de construir y no requieren mucho espacio. Para el llenado del sedimentador se desviaría el flujo del río por medio de compuertas que se cerrarían una vez el equipo este lleno de agua. Al otro extremo saldría el agua clarificada (disminución de la turbidez), con un descenso en la DQO y DBO₅ por la

sedimentación de la materia orgánica e inorgánica, y además con una reducción de sólidos disueltos.

Las arenas y sólidos sedimentados serán removidos una vez se saque el agua clarificada, haciendo una limpieza manual o utilizando una bomba, estos sólidos podrán ser utilizados como abono para la siembra de cultivos.

Para el mejor aprovechamiento de esta operación se debe construir dos sedimentadores para que el agua se esté limpiando constantemente, es decir estos equipos trabajaran de forma alternada.

Estos equipos se instalaran después de la fase de desbaste.



Figura 5.3. Canal sedimentador

5.1.3 HUMEDALES

Son áreas que se encuentran saturadas por aguas superficiales o subterráneas con una frecuencia y duración tales, que sean suficientes para mantener condiciones saturadas. Suelen tener aguas con profundidades inferiores a 60 cm con plantas emergentes como espadañas, carrizos y juncos. La vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual, permite la transferencia de oxígeno a la columna de agua y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de luz solar.

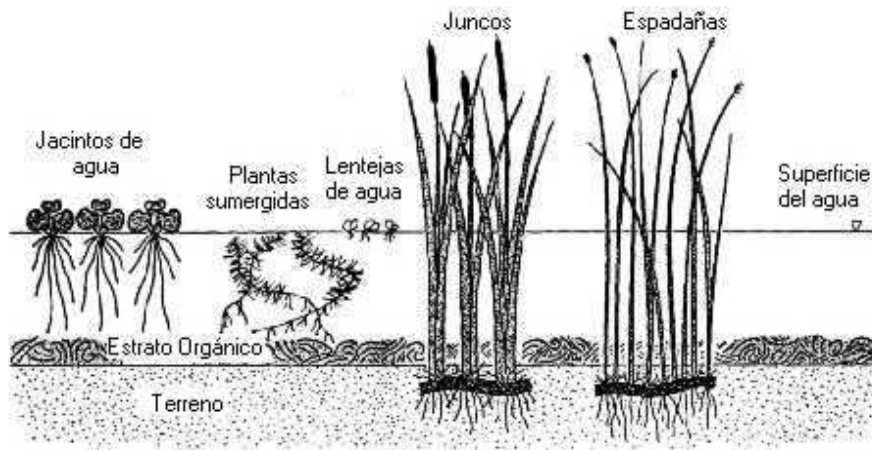


Figura 5.4 Plantas acuáticas comunes

Los humedales tienen tres funciones básicas que los hacen tener un atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales, son estas:

1. Fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica.
2. Utilizar y transformar los elementos por intermedio de los microorganismos.
3. Lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento.

Existen dos tipos de sistemas de humedales artificiales desarrollados para el tratamiento de agua residual: Sistemas a Flujo Libre y Sistemas de Flujo Subsuperficial. En los casos en que se emplean para proporcionar tratamiento secundario o avanzado, los Sistemas de Flujo Libre suelen consistir en balsas o canales paralelos con la superficie del agua expuesta a la atmósfera y el fondo constituido por suelo relativamente impermeable o con una barrera subsuperficial, vegetación emergente, y niveles de agua poco profundos (0.1 a 0.6 m).

A estos sistemas normalmente se les aplica agua residual pretratada en forma continua y el tratamiento se produce durante la circulación del agua a través de los tallos y raíces de la vegetación emergente. Los sistemas de flujo libre también se pueden diseñar con el objetivo de crear nuevos hábitats para la fauna y flora o para mejorar las condiciones de humedales naturales próximos. Esta clase de sistemas suele incluir combinaciones de espacios abiertos y zonas vegetadas e islotes con la vegetación adecuada para proporcionar hábitats de cría para aves acuáticas.

Los sistemas de flujo subsuperficial se diseñan con el objeto de proporcionar tratamiento secundario o avanzado y consisten en canales o zanjas excavados y rellenos de material granular, generalmente grava en donde el nivel de agua se mantiene por debajo de la superficie de grava las mismas especies vegetales se usan en los dos tipos de humedales artificiales.

VENTAJAS DE LOS HUMEDALES

1. Los humedales proporcionan tratamiento efectivo en forma pasiva y minimizan la necesidad de equipos mecánicos, electricidad y monitoreo por parte de operadores adiestrados.
2. Los humedales pueden ser menos costosos de construir, operar y mantener, que los procesos mecánicos de tratamiento.
3. Los sistemas de humedales proporcionan una adición valiosa al "espacio verde" de la comunidad, e incluye la incorporación de hábitat de vida silvestre y oportunidades para recreación pública.
4. La remoción de DBO_5 , Sólidos suspendidos totales, DQO, metales y compuestos orgánicos refractarios de las aguas residuales domésticas puede ser muy efectiva con un tiempo razonable de retención. La remoción de nitrógeno y fósforo a bajos niveles puede ser también efectiva con un tiempo de retención significativamente mayor.

DESVENTAJAS DE LOS HUMEDALES

1. Las necesidades de terreno de los humedales pueden ser grandes, especialmente si se requiere la remoción de nitrógeno o fósforo.
2. La geo membrana utilizada para evitar la infiltración del agua contaminada hacia los mantos acuíferos, tiene un precio elevado, y si a esto se suma la frecuente actividad sísmica de nuestro país, hace que este sea un factor importante a considerar.
3. La remoción de DBO_5 , DQO y nitrógeno en los humedales son procesos biológicos y son esencialmente continuos y renovables. El fósforo, los metales y algunos compuestos orgánicos persistentes que son removidos permanecen en el sistema ligados al sedimento y por ello se acumulan con el tiempo.
4. En climas fríos las bajas temperaturas durante el invierno reducen la tasa de remoción de DBO_5 y de las reacciones biológicas responsables por la nitrificación y desnitrificación. Un aumento en el tiempo de retención puede compensar por la reducción en esas tasas pero el incremento en el tamaño de los humedales en climas extremadamente fríos puede no ser factible desde el punto de vista económico o técnico.
5. Los mosquitos y otros insectos pueden generar enfermedades.
6. Los humedales pueden remover coliformes fecales del agua residual municipal, al menos en un orden de magnitud. Esto no siempre es suficiente para cumplir con los límites de descarga en todas las localidades, por lo cual podría requerirse desinfección subsiguiente.

Tabla 5.2 Reducción de contaminantes con el uso de Humedales.

PARAMETRO	PROMEDIO EN EL AFLUENTE (mg/L)	PROMEDIO EN EL EFLUENTE (mg/L)
DBO ₅	70	15
Sólidos suspendidos totales	69	15
Nitratos	3	1
Fosfatos	3	2
Coliformes totales	73,000 NMP/100 ml	1320 NMP/100 mL

FUENTE: U.S. EPA. 2000.

5.1.4 SANITARIOS CON CALENTADOR SOLAR

Flujo y descarga

Una persona puede descargar, en un año, 15,000 litros de agua pura, unos 400-500 litros de orina y unos 50 litros de heces. Usando un sistema de cañería, se agregan unos 15,000-30,000 litros persona/año de las llamadas aguas grises o jabonosas, provenientes del baño, la cocina y la lavadora.

Con frecuencia, por medio de las cañerías urbanas, a este flujo se añaden las corrientes de agua pluvial (de calles y techos), y el agua altamente contaminada proveniente de la industria.

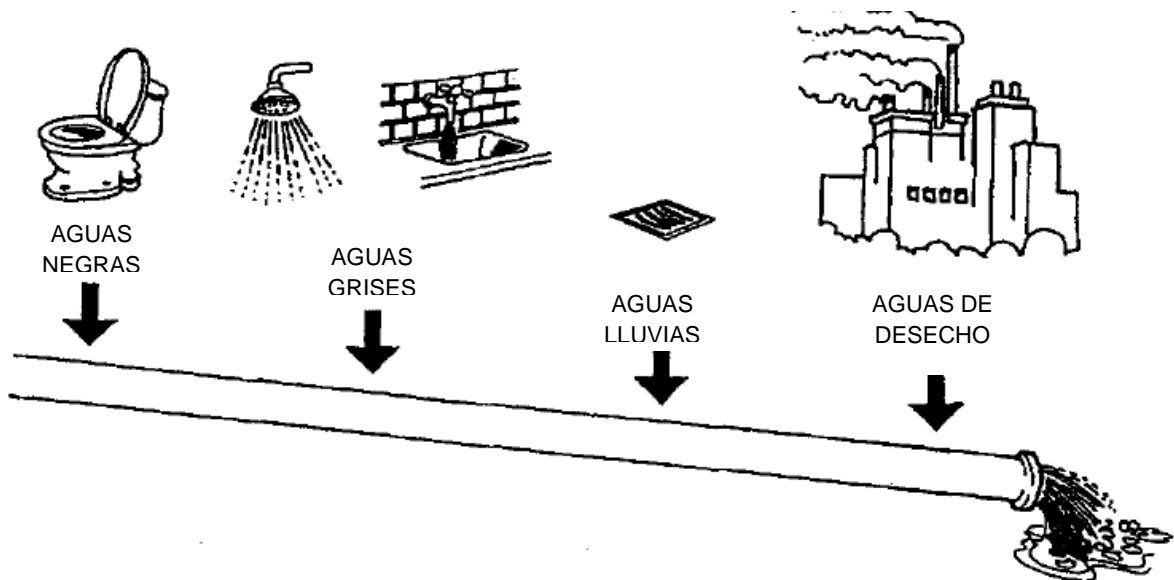


Figura 5.5. Sistema de descarga de las aguas residuales en las ciudades.

En un sistema de flujo y descarga, una cantidad relativamente pequeña de material peligroso heces humanas puede contaminar una gran cantidad de agua.

En muchos casos las aguas negras se vierten sin tratamiento alguno en las aguas superficiales.

Un buen número de patógenos y parásitos son excretados en las heces (algunos miles e incluso millones cada vez). Sin embargo, después de que son excretados al ambiente, casi todos, eventualmente, mueren o se hacen inofensivos. Pero algunos de estos organismos se conservan vivos por más tiempo y son capaces de causar una enfermedad.

Ciertas características ambientales pueden acelerar o retrasar el proceso de muerte de los patógenos, dependiendo del nivel o grado de la condición. Las condiciones consideradas como determinantes en la tasa de mortandad son: temperatura, humedad, nutrientes, otros organismos, luz solar y pH. Cada condición varía de modo natural (por ejemplo, tiempo de secas y temporal) o de modo artificial (por ejemplo, la adición de limo). Esto significa que se puede incrementar o reducir el tiempo que le toma a un patógeno morir, a partir de su tasa promedio de mortandad.

Sanitario con calentador solar

La humedad es el factor de riesgo más importante en un sistema sanitario basado en la deshidratación; pero con sólo agregar un calentador solar a la cámara de proceso se reduce dicho riesgo.

Aprovechando la luz solar en abundancia del país y se sugiere la instalación de estos sanitarios en las comunidades que no tienen conexiones a la red de alcantarillado desarrollando un sistema sanitario basado en la deshidratación con desviación de orina y con calentador solar para un sanitario con una sola cámara de tratamiento.

La materia en la cámara de tratamiento es excreta humana y cenizas, y/o una mezcla de tierra y cal en proporción de 5:1. Se utiliza una taza especial separadora de orina, que consta de un depósito de orina en la parte delantera de la taza. Desde este colector, la orina fluye por una manguera hacia un pozo de absorción debajo o al lado del sanitario, se puede utilizar como fertilizante en las hortalizas.

Cada una o dos semanas, se levanta la tapa del recipiente que hace de calentador solar y se empuja hacia atrás el cúmulo de heces, ceniza, cal y arena que se encuentra debajo de la taza del baño.

Esta operación se realiza con un azadón o un rastrillo, herramientas que pueden guardarse en la cámara de tratamiento. Cada dos o tres meses se retira el cúmulo de material seco desodorizado; se guarda en un costal y se almacena fuera del sanitario para su reciclaje en el patio.

Algunas unidades han sido equipadas con un .empujador, el cual sirve para echar hacia el fondo de la cámara de tratamiento el material acumulado. El calentador solar acelera el proceso de deshidratación manteniendo las heces perfectamente secas, libres de malos olores y sin moscas.

El costo de un sanitario, que cuente con un calentador solar es de aproximadamente 164 dólares.



Figura 5.6. Sanitario con Calentador solar

La orina

La mayor parte de los nutrientes de la excreta humana se encuentran en la orina. Un adulto puede producir cerca de 400 litros de orina al año, que a su vez contienen 4 Kg de nitrógeno, 400g de fósforo y 900g de potasio.

Cuando la orina se recolecta para usarse como fertilizante, es importante almacenarla de tal manera que se eviten olores y la pérdida del nitrógeno en el aire. Investigaciones suecas demuestran que la mayor parte del nitrógeno en la orina, inicialmente en forma de urea, se convierte rápidamente en amoníaco dentro del recolector. Sin embargo, la pérdida de amoníaco puede minimizarse en el depósito, si está sellado o cubierto con ventilación limitada.

La orina humana puede usarse como fertilizante por el productor casero o recolectarse a nivel comunitario, para su uso posterior con los productores agrícolas. Cuando la orina se aplica en suelo abierto, no es necesario diluirla. Si se usa para plantas debe diluirse, para prevenir que se quemen. Usualmente se mezcla en proporción de 1:2 a 1:5 partes de agua. Donde no existe el interés en usar la orina de modo práctico es posible depositarla en una cama de evaporación o bien evaporarla, hasta que el productor se haya convencido de su valor como fertilizante.

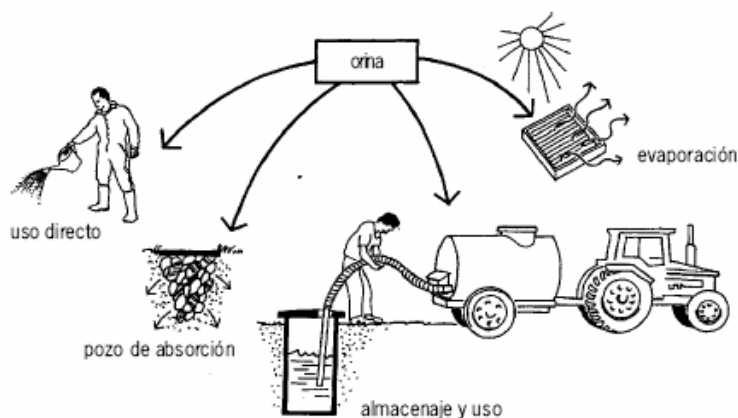


Figura 5.7 Opciones para el manejo y uso de la orina separada.

Heces

En general, las heces humanas se componen de materia orgánica no digerida, como las fibras de carbón. La cantidad total excretada por un humano en un año es de 25 a 50 kg que a su vez contienen 550g de nitrógeno, 180g de fósforo y 370g de potasio. Si bien las heces contienen menos nutrientes que la orina, son un acondicionador valioso de suelos.

Después de la destrucción de patógenos por deshidratación y/o descomposición, el material inofensivo que resulta puede aplicarse al suelo para incrementar la cantidad de material orgánico, mejorando así su capacidad para la retención de líquidos e incrementar la accesibilidad de los nutrientes. El humus que resulta del proceso de descomposición también contribuye a mantener una población adecuada de organismos del suelo, que proteja efectivamente a las plantas de enfermedades que tienen su origen en el suelo.

Los nutrientes recuperados de la excreta humana pueden usarse para mejorar la producción en horticultura y agricultura en jardines caseros y granjas, en áreas urbanas y rurales. En las zonas urbanas hay bastante población que depende de los alimentos que ella misma cosecha, e incluso, cuando no sea el caso (y donde

no resulte práctico transportar la excreta recuperada a los campos agrícolas), puede usarse para restaurar ecológicamente las tierras no cultivables, para crear parques y espacios verdes.



Figura 5.8 Uso de heces deshidratadas como fertilizante

VENTAJAS DEL USO DE LOS SANITARIOS CON CALENTADOR SOLAR.

- No necesitan agua para su uso
- No contaminan las aguas freáticas
- Son permanentes
- No contaminan el suelo
- Los materiales se encuentran en el mercado local
- Son fáciles de construir, mantener y usar
- Son económicos
- El material orgánico degradado puede ser reutilizado para fines agrícolas.

DESVENTAJAS EN EL USO DE LOS SANITARIOS CON CALENTADOR SOLAR

- En ocasiones el usuario no se adapta con facilidad a la instalación de estos sistemas.
- La falta de educación ambiental en nuestro país haría que este sistema no se implementara efectivamente.

5.2 PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACION

1. Construcción de muros de piedra laja con malla ciclón, en las comunidades en donde en la época lluviosa, el río presenta peligro de inundaciones, esto como medida a corto plazo. A largo plazo se recomienda la reubicación de las casas, a lugares sin riesgos de inundación.
2. Campaña de concientización de la población, desde temprana edad, para la reducción de la contaminación en los ríos y el buen uso de estos recursos.

Esto se puede hacer en conjunto con escuelas, colegios, iglesias, comunidades, etc.

3. Realización de campañas de limpieza cada 15 días por lo menos, en todos los ríos de la Subcuenca sur del Río Acelhuate.
4. Cumplimiento de la legislación nacional por parte de las industrias. Esto conlleva al uso de plantas de tratamiento de las aguas residuales generadas, antes de verterlas a los ríos.
5. La discusión ciudadana y aprobación del código de agua de nuestro país.
6. Aplicación y sanción en base a la legislación nacional por parte de los organismos encargados, en materia de calidad del agua.
7. Exigencia por parte de los organismos encargados de velar por el cumplimiento de la calidad del agua, de un impacto ambiental a las futuras industrias asentadas en la zona de estudio, que garantice el tratamiento de sus efluentes, para minimizar la contaminación de los acuíferos.
8. Construcción de una tubería madre recolectora de todos los efluentes líquidos provenientes tanto de las fuentes no puntuales (casas a las orillas de los ríos), como puntuales, con destino a una planta de tratamiento de las aguas, para su posible reutilización, y de esta manera incorporarla al río con menor carga contaminante.
9. Resolución del problema de drenaje del Centro Histórico de San Salvador.
10. Monitoreo constante de la calidad del agua de la Subcuenca Sur del Río Acelhuate, para comprobar la efectividad de los equipos instalados. Se recomienda un monitoreo cada 3 meses de la calidad del agua, siguiendo el plan de muestreo utilizado en esta investigación y además del uso del programa IVA versión 1.0, creado para la determinación del ICA.

CONCLUSIONES

1. A medida avanza el tiempo, el problema de la contaminación en la Subcuenca se vuelve más crítico, debido a varios factores, entre ellos la alta tasa de crecimiento poblacional que presenta el departamento de San Salvador, esto se traduce a una mayor contaminación de los ríos, la cual está llegando a al punto de ser insostenible.
2. El problema de la contaminación del agua de la Subcuenca Sur del Río Acelhuate empeora aún más durante la época seca, debido a que el flujo del agua es mínimo, por lo que la concentración de la contaminación aumenta, además de disminuir el oxígeno disuelto en el agua, que es lo que hace que el río se auto purifique.
3. La calidad del agua de la Subcuenca sur del Río Acelhuate, en base al Índice de Calidad de Agua, es MALA. Si bien para la época lluviosa el valor del ICA obtenido aumenta en comparación con la época seca, no es suficiente para subir de calidad mala a regular.
4. En base a los resultados obtenidos con el ICA, el Río Ilohuapa ubicado en la comunidad Minerva antes de la confluencia con el Río El Garrobo, tiene la más baja calidad de todos los ríos estudiados, seguido del Río Acelhuate. En cambio el Río Ilohuapa ubicado antes de la confluencia con el Río Matalapa, en la colonia Modelo 1, presenta la mejor calidad del agua en comparación con los demás ríos. Lo que hace pensar que gran parte de la contaminación viene del Río Matalapa procedente del municipio de San Marcos; esto unido con la contaminación que se genera en el municipio de San Salvador, hace que en el último punto de muestreo en el Parque Zoológico, la contaminación sea tal que se considera al Río Acelhuate como un río muerto.

5. Según los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de aguas de los ríos de interés, se pudo determinar que los parámetros que más influyen en la calidad del agua son: el oxígeno disuelto, la demanda química y bioquímica de oxígeno, y los coliformes fecales. Obteniendo además una despreciable concentración de metales pesados a excepción del hierro: por lo que se puede decir que la materia orgánica proveniente de industrias dedicadas a la producción de alimentos, y los residuos domésticos generados por los hogares, son los mayores causantes de la contaminación presente en los ríos.
6. Como medidas de mitigación a mediano plazo, es necesaria la instalación de los equipos propuestos para la remoción de contaminantes, principalmente las rejillas, los sedimentadores y el uso de los sanitarios con calentador solar; y en un largo plazo, la implementación de tratamientos más avanzados como son los humedales.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a las instituciones encargadas de velar por la calidad del agua, hacer una revisión de sus normativas, además de actualizar el Código de agua de nuestro país, con el fin de llegar a un punto de entendimiento entre ellos y así crear leyes más estrictas que garanticen la adecuada calidad de los acuíferos.
2. Realizar un monitoreo mensual de la calidad del agua, utilizando el programa creado para la estimación del Índice de Calidad del Agua ICA ver 1.0 para conocer el grado de contaminación de los ríos estudiados, y su mejoría mediante la implementación de las medidas de mitigación propuestas.
3. Establecer lazos de cooperación entre Instituciones Privadas y Públicas, Gobiernos Locales y población en general para el rescate de la Subcuenca Sur del Río Acelhuate.
4. Tomar las precauciones necesarias al realizar la medida de la calidad y cantidad del agua, como el proveerse de equipo de protección personal adecuado, así como también el vacunarse para evitar contagios y/o enfermedades.
5. Además se recomienda hacerse acompañar de agentes policiales debido a la alta peligrosidad que la zona presenta.

BIBLIOGRAFIA

1. Cordero Alberto, Mario Rafael; Franco Nolasco Luis Alberto; Hernández Morán Ronnie Arturo. *“Diagnostico de la calidad del agua en época seca en el canal principal del Río Jiboa y propuesta de mitigación de fuentes contaminantes, en una zona crítica”*. Universidad de El Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, San salvador, El Salvador, 2005.
2. *“Costos Económicos de la Contaminación Hídrica en la Cuenca del Río Acelhuate”*. Departamento de Estudios Económicos y Sociales, FUSADES. Mayo 2007.
3. *“Diagnóstico Ambiental del distrito 5 de la Alcaldía Municipal de San Salvador”*. Alcaldía Municipal de San Salvador. Mayo 2008.
4. *“Diagnóstico Ambiental: Estudio de Factibilidad y Diseño Final de las Obras de Drenaje del Río El Garrobo-Matalapa del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS)”*. Alcaldía Municipal de San Salvador. Mayo 2008.
5. *Elaboración de un Mapa sobre la Vulnerabilidad a la Contaminación de los Acuíferos de San Salvador y Formulación de una propuesta de Gestión Sostenible*. Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS). San Salvador, Enero 2007.
6. *“Estrategia de Descontaminación de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa”*. SNET, San Salvador, Octubre 2002.
7. *“Identificación de empresas agroindustriales generadoras de aguas residuales y/o desechos sólidos en El Salvador”*. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Nueva San Salvador, Diciembre 2002.
8. *“Línea base para el establecimiento de la estrategia y del plan de descontaminación”*. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Abril 2008.
9. *“Norma Salvadoreña Obligatoria de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”*. NSO 13.49.01:08. Editada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, octubre 1996.

10. *“Plan de Manejo para el rescate de la micro cuenca del Río Ilohuapa”*. Alcaldía Municipal de San Salvador. Marzo 2008.
11. *“Propuesta de descontaminación del canal principal de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquipa”*. SNET, Servicio Hidrológico Nacional, San Salvador 2002.
12. *Metcalf & Hedí “Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización ”.Tomo 1.Tercera Edición. Editorial Mc Graw Hill, Mexico D.F 1996.*

INTERNET

13. *“Ingeniería de Aguas Residuales”*. Extraído el viernes Jueves 02 de Octubre de 2008 de: [http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenieria de aguas residuales](http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenieria_de_aguas_residuales)
14. *“Índice de Calidad de Agua General ICA”*. Extraído el viernes Jueves 02 de Octubre de 2008 de:
www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf.

GLOSARIO

A

ACUÍFERO: Una formación, grupo de formaciones, o parte de una formación que contiene suficiente material permeable saturado para producir cantidades significativas de agua para pozos y vertientes.

AFLUENTE: Agua, agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio o a algún proceso de tratamiento.

AFORO DE AGUA DE RIO: Es la operación de medición del caudal en una sección transversal de un curso de agua.

AGUA CRUDA: Agua que no ha sido sometida a proceso de tratamiento.

AGUAS RESIDUALES: Desechos líquidos provenientes de residencias, edificios, instituciones, fábricas, industrias y demás inmuebles.

AGUAS SERVIDAS: Aguas de desecho provenientes de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos, y otros artefactos que no descargan materias fecales.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA: Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA: Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

C

CALIDAD DEL AGUA: Conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.

CARGA CONTAMINANTE: Cantidad de un determinado agente adverso al medio, contenido en un residuo sólido.

CAUDAL: Es el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo. Referido a un medidor, es el Cociente obtenido (no está en la resolución) entre el volumen de agua que circula a través de un medidor de agua y el tiempo que le toma hacerlo.

COLIFORME FECAL: Un grupo de bacterias que son normalmente abundantes en el tracto intestinal de los hombres y otros animales de sangre tibia, usado como indicador (medido como el número de individuos por mililitro de agua) cuando se prueba la calidad sanitaria del agua.

CONFLUENCIA: Unión del caudal de dos o más ríos.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA: Alteración de sus características organolépticas, física, químicas, radiactivas y microbiológicas como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden producir rechazo, enfermedad o muerte al consumidor.

CUERPO RECEPTOR: Cualquier masa de agua natural o de suelo que recibe la descarga del afluente final.

D

DBO₅: Cantidad de oxígeno necesario para degradar la materia orgánica en un período de cinco días.

DQO: Cantidad de oxígeno necesario para degradar tanto la materia orgánica como la inorgánica.

DRENAJE: Estructura destinada a la evacuación de aguas subterráneas o superficiales para evitar daños a las estructuras, los terrenos o las excavaciones.

E

EFLUENTE: Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

EMISIÓN: Descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente fija o móvil.

ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL : Estudio destinado a identificar y evaluar los potenciales impactos positivos y negativos que pueda causar la implementación, operación, futuro inducido, mantenimiento y abandono de un proyecto, obra o actividad, con el fin de establecer las correspondientes medidas para evitar, mitigar o controlar aquellos que sean negativos e incentivar los positivos.

I

IMPACTO AMBIENTAL: Afectación del entorno ocasionada por la realización de una obra.

ICA: Índice de la Calidad del Agua.

M

METALES PESADOS: Elementos metálicos que tienen un peso molecular relativamente alto. Usualmente tienen una densidad superior a 5,0 g/cm³, por ejemplo, plomo, plata, mercurio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, molibdeno, níquel, zinc.

MONITOREO: Actividad consistente en efectuar observaciones, mediciones y evaluaciones continuas en un sitio y periodo determinados, con el objeto de identificar los impactos y riesgos potenciales hacia el ambiente y la salud pública o para evaluar la efectividad de un sistema de control.

N

NIVEL FREÁTICO: Profundidad de la superficie de un acuífero libre con respecto a la superficie del terreno.

NORMA DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE: Conjunto de valores de referencia admisibles para algunas características presentes en el agua potable, que proporcionan una base para estimar su calidad.

O

ORGÁNICO (COMPUESTOS): Compuestos de carbono (excepto carbonatos, bicarbonatos, dióxido de carbono y monóxido de carbono) en alcantarillas domésticas tales como desperdicios metabólicos de heces fecales, orina, grasa, aceites y detergentes. Estos compuestos pueden ser degradados por bacteria la que consume el oxígeno en un cuerpo de agua durante el proceso

P

PATÓGENOS: Microorganismos que pueden causar enfermedades en otros organismos, ya sea en humanos, animales y plantas.

pH: Una medida de acidez o alcalinidad de una solución, numéricamente igual a 7, para soluciones neutrales, incrementando con el aumento de alcalinidad y disminuyendo con el incremento en acidez. La escala de pH comúnmente en uso oscila entre 0 y 14.

POBLACIÓN SERVIDA: Número de habitantes que son servidos por un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

POTABLE: Un líquido adecuado y seguro para beber.

R

RECUPERACIÓN: Acción que permite retirar y recuperar de las basuras aquellos materiales que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento, para convertirlos en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos.

RED INTERNA: Es el conjunto de redes, tuberías, accesorios y equipos que integran el sistema de suministro del servicio público de acueducto al inmueble a partir del medidor. Para edificios de propiedad horizontal o condominios, es aquel sistema de suministro del servicio al inmueble a partir del registro de corte general cuando lo hubiere.

RED LOCAL DE ALCANTARILLADO: Conjunto de tuberías y canales que conforman el sistema de evacuación de las aguas residuales, pluviales o combinadas de una comunidad, y al cual desembocan las acometidas del alcantarillado de los inmuebles.

RED PÚBLICA: Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.

T

TRATAMIENTO DEL AGUA: Conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas para hacerla potable de acuerdo con las normas establecidas legalmente.

TURBIDEZ: Una medida de la reducción de la claridad del agua. Agua poco clara o barrosa es causada por partículas suspendidas de arena, sedimento, arcilla o material orgánico. Turbiedad excesiva debe ser eliminada para hacer potable el agua.

SIGLAS Y ABREVIATURAS

SIGLAS

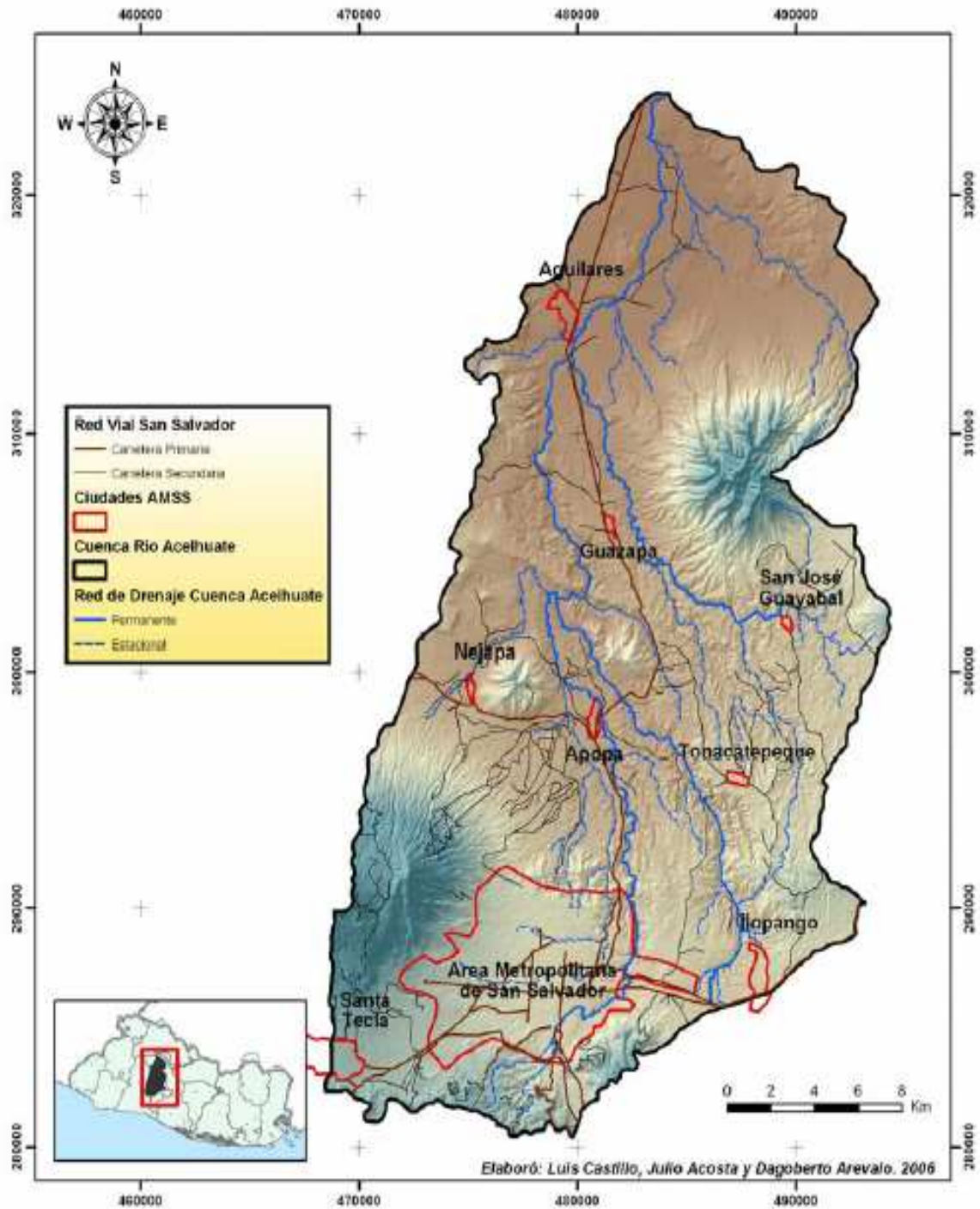
AMSS	Área Metropolitana de San Salvador
ANDA	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillado
CAESS	Compañía de Alumbrado Público de San Salvador
CAM	Cuerpos de Agentes Metropolitanos
EPA	Siglas en ingles de la Agencia de protección del medio ambiente.
FUSADES	La Fundación Salvadoreña Para El Desarrollo Económico y Social
INDES	Instituto Nacional de los Deportes
ISNA	Instituto Salvadoreño para el Desarrollo Integral de la Niñez y la Adolescencia
ISRI	Instituto Salvadoreño de Rehabilitación de Inválidos
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
MARN	Ministerio de Medio ambiente y Recursos Naturales.
NFS	Nacional Sanitation Foundation
PNC	Policía Nacional Civil
PRISMA	Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente
SNET	Sistema Nacional de Estudios Territoriales

ABREVIATURAS

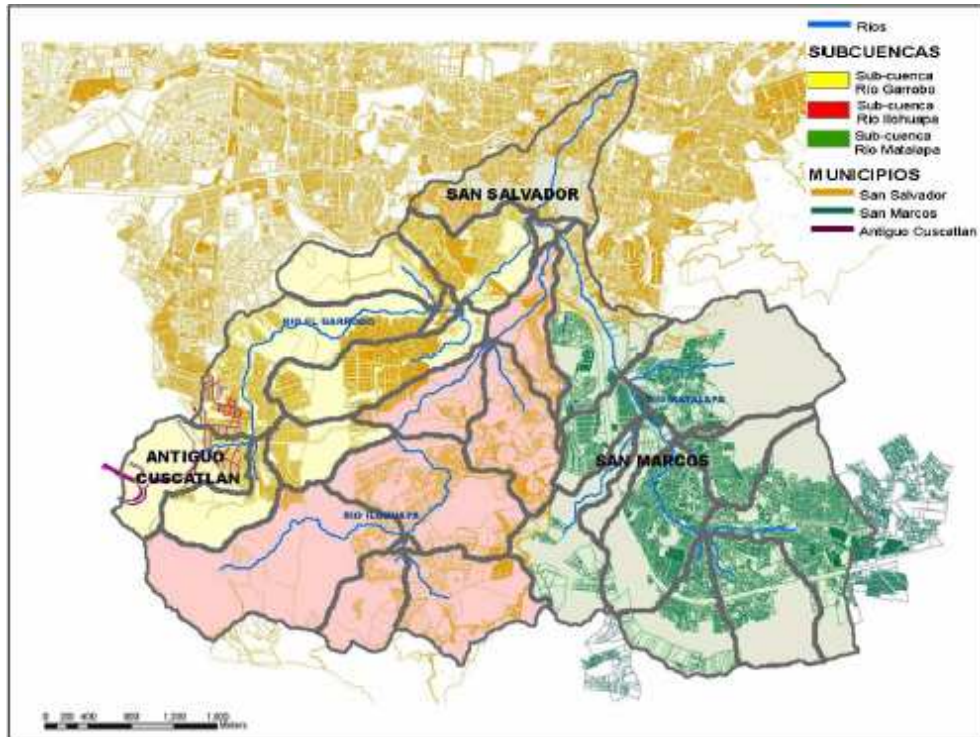
C°	grados centígrados
DBO ₅	demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días
DQO	demanda química de oxígeno
gal/min	galones por minuto
g/hab/día	gramos por habitante por día
km	kilómetros
km/h	kilómetros por hora
kw	kilovatios
L/min	litros por minuto
m	metros
mg/L	miligramos por litro
m ³	metros cúbicos
m ³ /s	metros cúbicos/segundo
mL	mililitros
NMP	número más probable de bacterias
PM10	partículas menores a 10 micras
pH	concentración del ion-hidrógeno.
UNT	Unidades Nefelométricas de turbidez.

ANEXOS

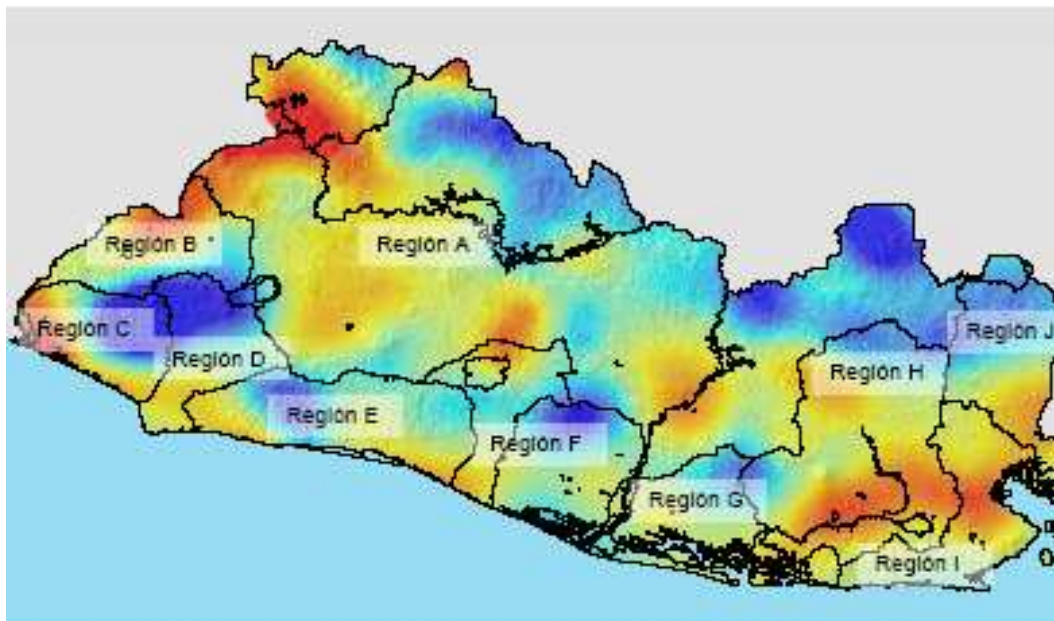
ANEXO 1.1. MAPA DE UBICACIÓN DE LA SUBCUENCA DEL RIO ACELHUATE. (5)



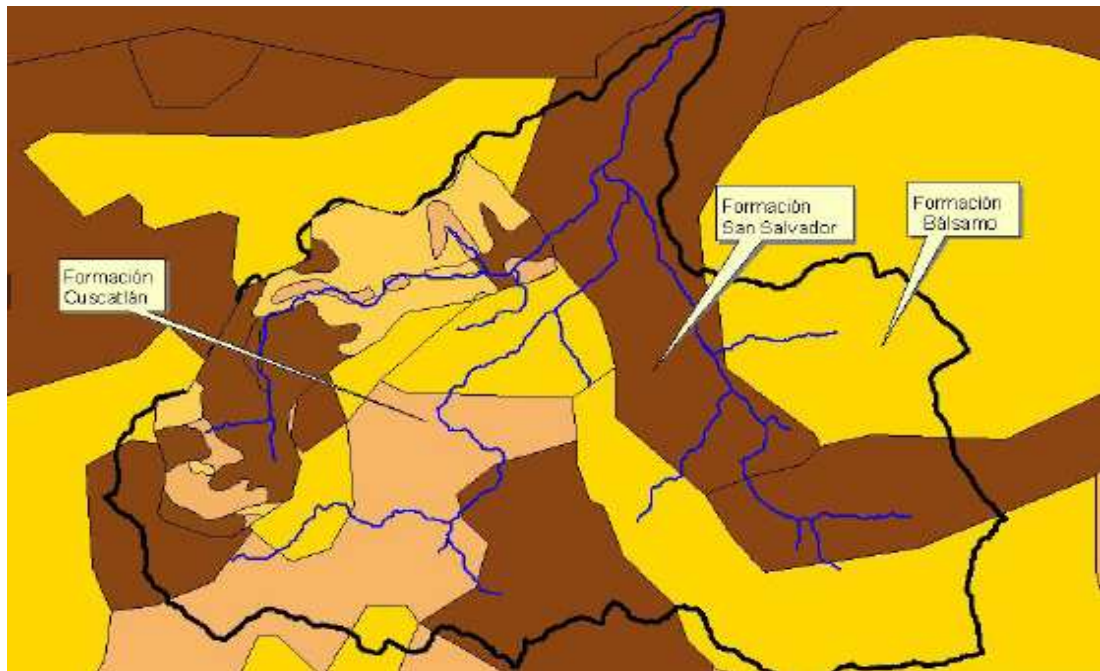
ANEXO 1.2 MICROCUENCAS QUE CONFORMAN LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE (4).



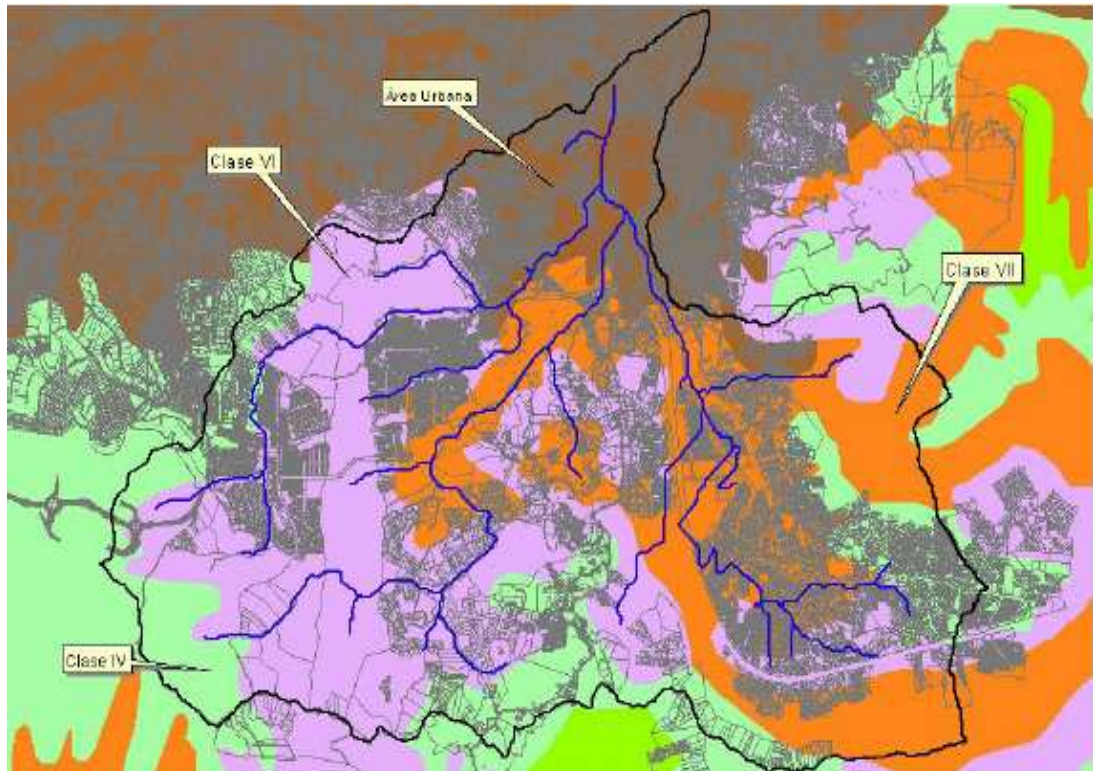
ANEXO 1.3 REGIONES HIDROGRÁFICAS DE EL SALVADOR (9).



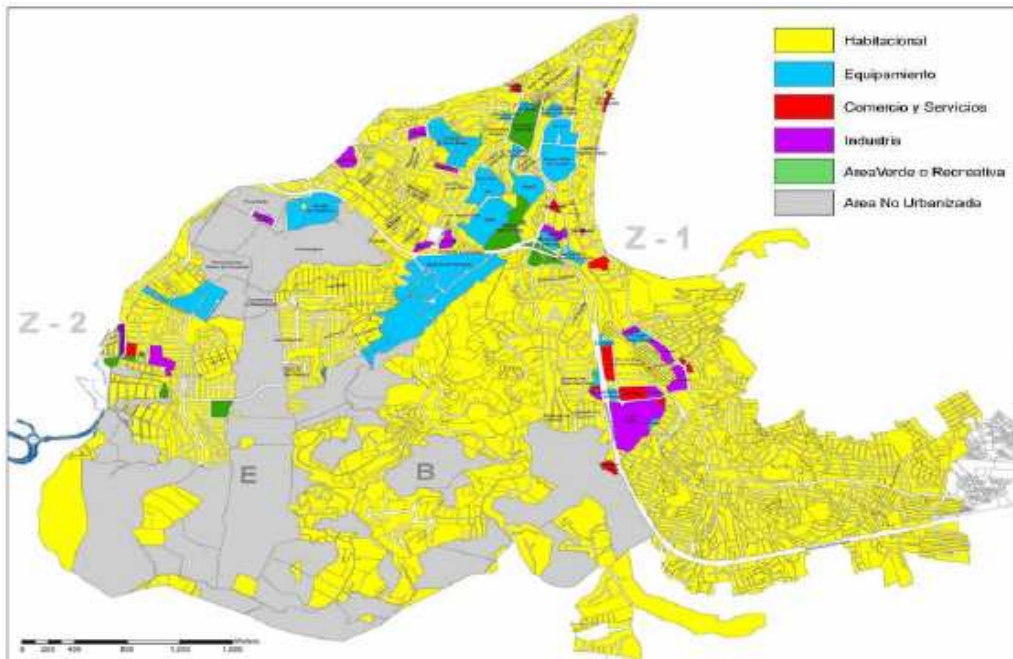
ANEXO 1.4 MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO (4).



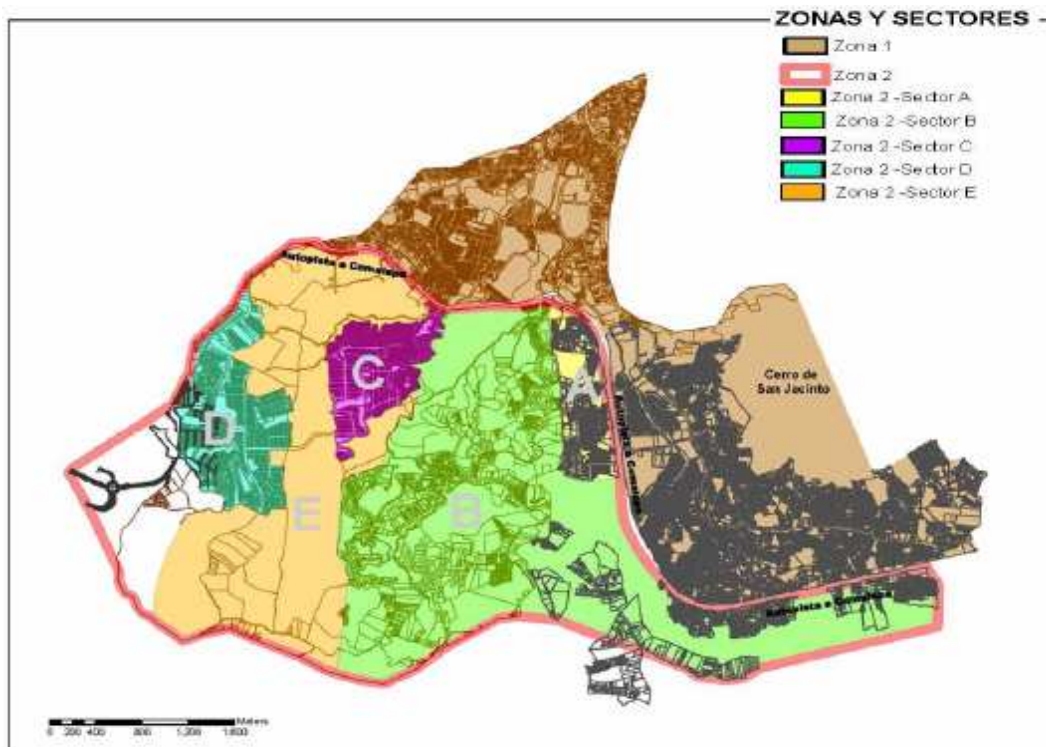
ANEXO 1.5. MAPA AGROLÓGICO DE LA SUBCUENCA SUR DEL RÍO ACELHUATE (4).



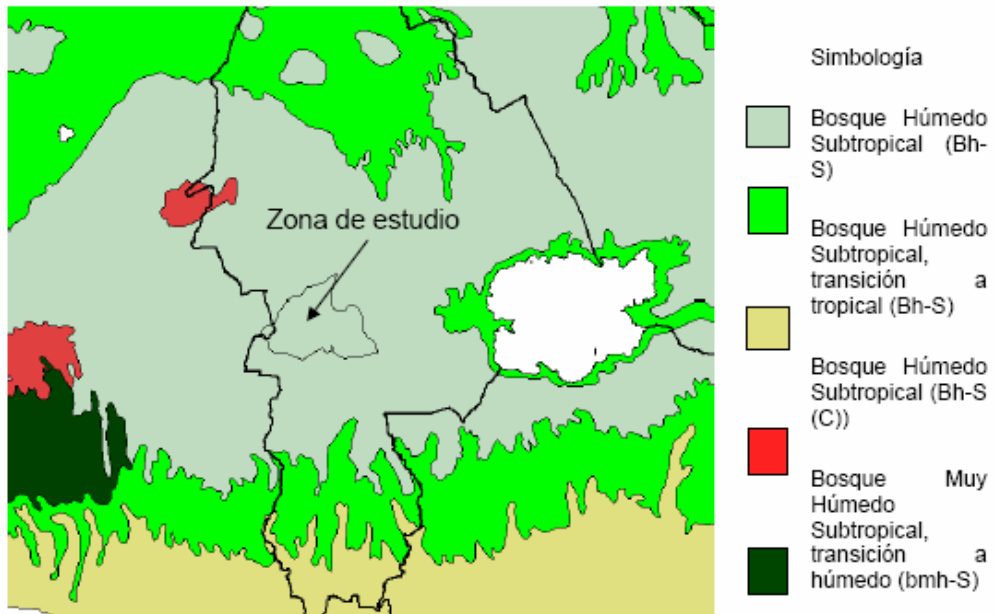
ANEXO 1.6. MAPA DE USO DE SUELOS DE LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE (4).



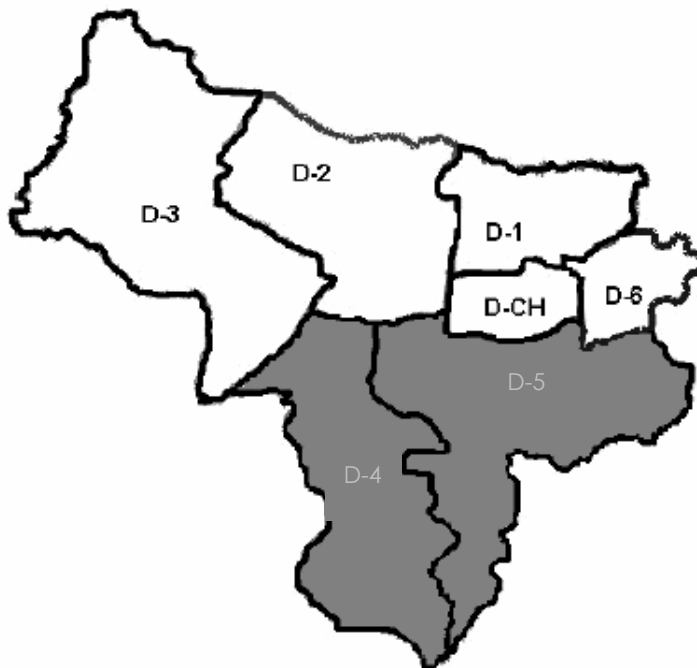
ANEXO 1.7 ZONAS DE LA SUBCUENCA SUR DEL RÍO ACELHUATE (4).



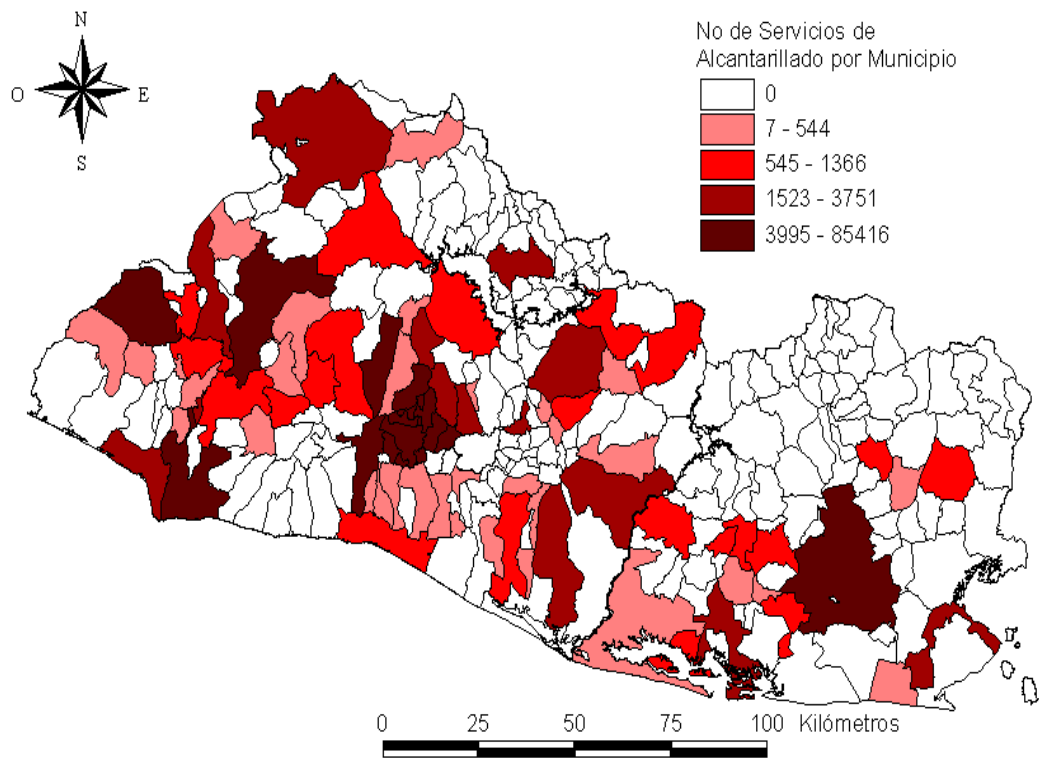
ANEXO 1.8 ZONA DE VIDA DEL ÁREA EN ESTUDIO (4).



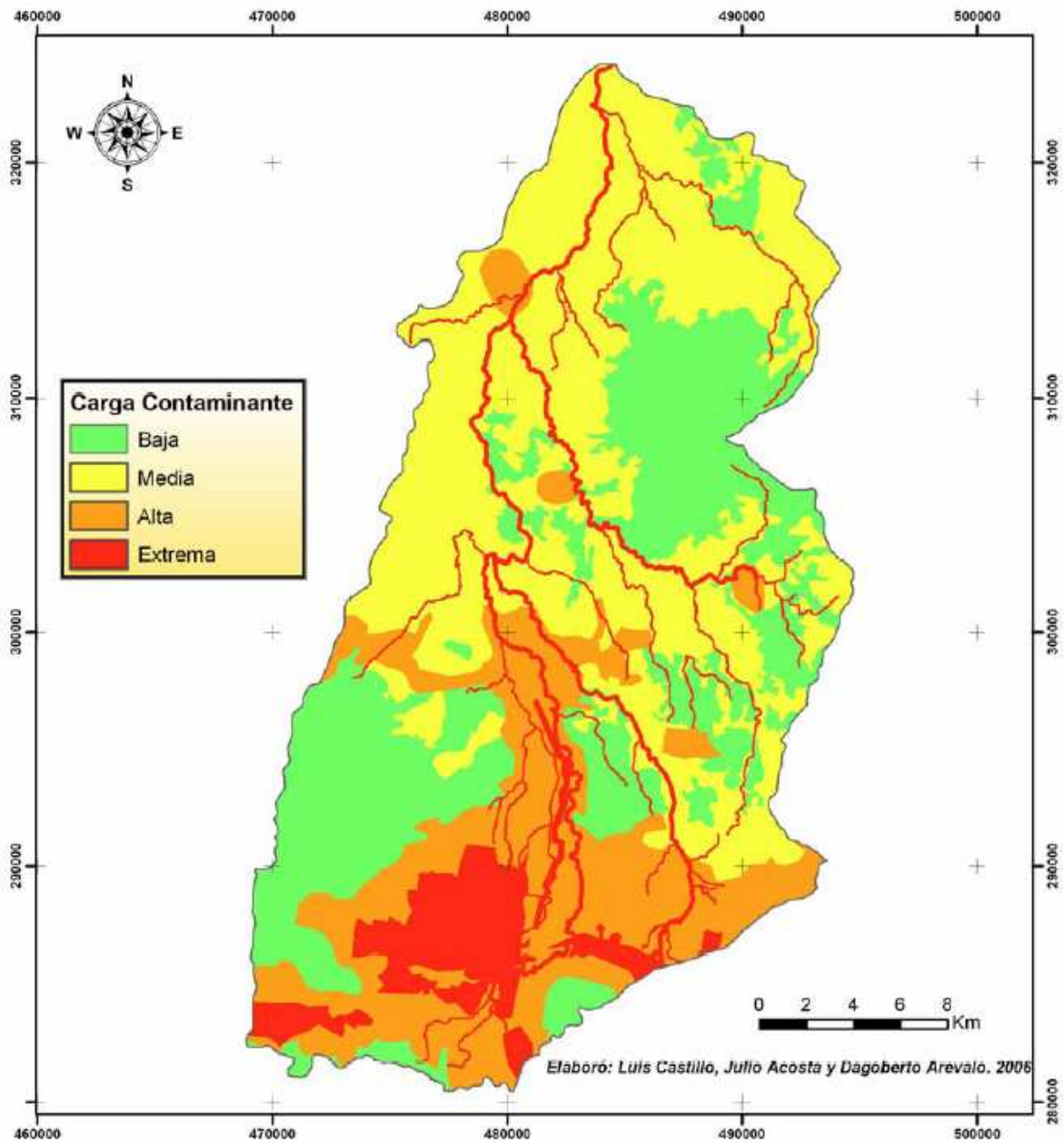
ANEXO 1.9. DELIMITACIÓN DE LOS DISTRITOS DEL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR (4).



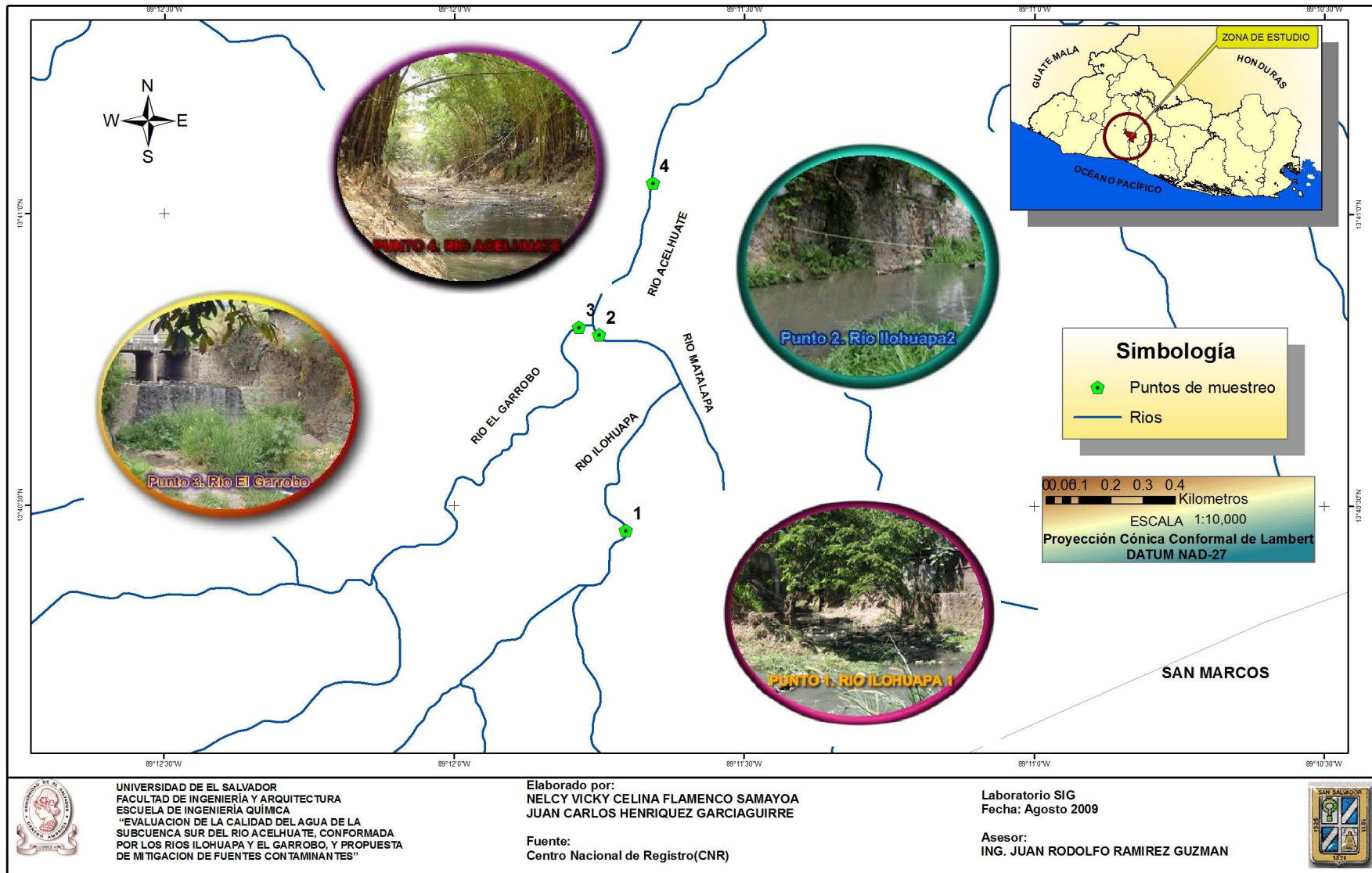
ANEXO 2.1 DISTRIBUCIÓN DE LOS SERVICIOS DE ALCANTARILLADOS POR MUNICIPIOS (PRISMA, 1999).



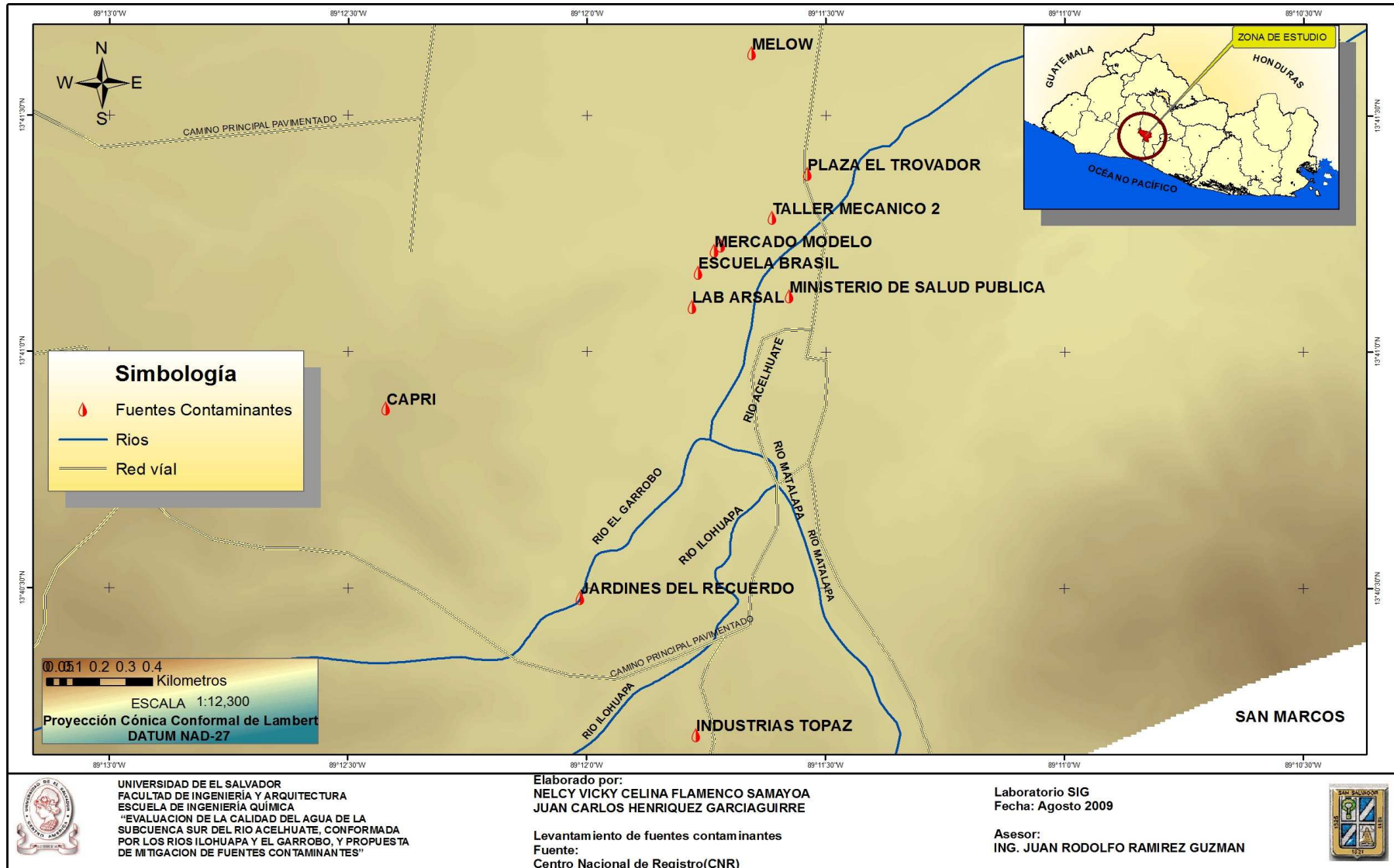
ANEXO 2.2 MAPA DE CARGA CONTAMINANTE SUBCUENCA DEL RÍO ACELHUATE (5).



ANEXO 2.3 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN LA SUBCUENCA SUR DEL RIO ACELHUATE.



ANEXO 2.4 MAPA DE FUENTES CONTAMINANTES



ANEXO 4.1 FICHAS DE TOMA DE MUESTRA

FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA				
MUESTREO	PRIMERO	SEGUNDO	PRIMERO	SEGUNDO
FECHA:	23/10/2008	27/10/08	26/02/09	27/02/09
HORA:	10:00 A.M.	11:00 A.M	11:20 A.M	10:55 A.M
ESTACION:	LLUVIOSA	LLUVIOSA	SECA	SECA
PUNTO DE MUESTREO:	1, RIO ILOHUAPA1			
CODIGO DE MUESTRA:	Mx 01	Mx 05	Mx 01	Mx 05
COORDENADAS DE UBICACIÓN:	N 13°40'27.6" W 89°11'45"			
DIRECCION:	COLONIA MODELO 1. MUNICIPIO DE SAN SALVADOR. A 3 METROS DE CONFLUENCIA CON EL RIO MARALAPA			
TEMPERATURA AMBIENTE:	28°C	28°C	26°C	27°C
TEMPERATURA DE LA MUESTRA:	22°C	24°C	22°C	23°C
OBSERVACIONES	LÍQUIDO OPALESCENTE, AMRILLO, CON PARTICULAS. MAL OLOR.	LÍQUIDO LIGERAMENTE OPALESCENTE, AMRILLO, CON PARTICULAS. MAL OLOR.	LIQUIDO GRIS, MAL OLOR. SE OBSERVAN PECES	LIQUIDO GRIS, MAL OLOR. SE ESTABA REALIZANDO LIMPIEZA AL RIO.
FOTOGRAFIA DEL LUGAR				

FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA				
MUESTREO	PRIMERO	SEGUNDO	PRIMERO	SEGUNDO
FECHA:	23/10/2008	27/10/08	26/02/09	27/02/09
HORA:	12:00 M.	11:30 A.M	10:28 A.M	11:20 A.M
ESTACION:	LLUVIOSA	LLUVIOSA	SECA	SECA
PUNTO DE MUESTREO:	2, RIO ILOHUAPA2			
CODIGO DE MUESTRA:	Mx 02	Mx 06	Mx 02	Mx 06
COORDENADAS DE UBICACIÓN:	N 13°40'50.7" W 89°11'45.66"			
DIRECCION:	COMUNIDAD MINERVA. MUNICIPIO DE SAN SALVADOR. A 8 METROS DE CONFLUENCIA CON EL RIO EL GARROBO			
TEMPERATURA AMBIENTE:	30°C	30°C	27°C	29°C
TEMPERATURA DE LA MUESTRA:	25°C	25°C	24°C	24°C
OBSERVACIONES	LÍQUIDO OPALESCENTE, AMRILLO, CON PARTICULAS. MAL OLOR.	LÍQUIDO LIGERAMENTE OPALESCENTE, AMRILLO, CON PARTICULAS. MAL OLOR.	LIQUIDO GRIS, MAL OLOR. SEDIMENTO NEGRO	LIQUIDO GRIS, MAL OLOR. SE OBSERVAN LARVAS DE ZANCUDO ROJAS
FOTOGRAFIA DEL LUGAR				

FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA				
MUESTREO	PRIMERO	SEGUNDO	PRIMERO	SEGUNDO
FECHA:	23/10/2008	27/10/08	26/02/09	27/02/09
HORA:	12:20 M.	11:50 A.M	10:45 A.M	11:30 A.M
ESTACION:	LLUVIOSA	LLUVIOSA	SECA	SECA
PUNTO DE MUESTREO:	3, RIO EL GARROBO			
CODIGO DE MUESTRA:	Mx 03	Mx 07	Mx 03	Mx 07
COORDENADAS DE UBICACIÓN:	N 13°40'52.5" W 89°11'46.02"			
DIRECCION:	COMUNIDAD MINERVA. MUNICIPIO DE SAN SALVADOR. A 1.5 METROS DE CONFLUENCIA CON EL RIO ILOHUAPA			
TEMPERATURA AMBIENTE:	30°C	27°C	27°C	28°C
TEMPERATURA DE LA MUESTRA:	25°C	25°C	24°C	25°C
OBSERVACIONES	LÍQUIDO OPALESCENTE, AMRILLO, CON PARTICULAS. MAL OLOR.	LÍQUIDO LIGERAMENTE OPALESCENTE, AMRILLO, CON PARTICULAS. MAL OLOR.	LIQUIDO GRIS-VERDOSO, MAL OLOR. SEDIMENTO NEGRO	LIQUIDO GRIS. SE OBSERVAN LARVAS DE ZANCUDO ROJAS, LOMBRICES BLANCAS Y PECES.
FOTOGRAFIA DEL LUGAR				

FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA				
MUESTREO	PRIMERO	SEGUNDO	PRIMERO	SEGUNDO
FECHA:	23/10/2008	27/10/08	26/02/09	27/02/09
HORA:	11:10 A.M.	10:31 A.M	09:55 A.M	10:35 A.M
ESTACION:	LLUVIOSA	LLUVIOSA	SECA	SECA
PUNTO DE MUESTREO:	4, RIO ACELHUATE			
CODIGO DE MUESTRA:	Mx 04	Mx 08	Mx 04	Mx 08
COORDENADAS DE UBICACIÓN:	N 13°41'03" W 89°11'39"			
DIRECCION:	PARQUE ZOOLOGICO. MUNICIPIO DE SAN SALVADOR. CERCA DEL AVIARIO			
TEMPERATURA AMBIENTE:	28°C	26°C	24°C	25°C
TEMPERATURA DE LA MUESTRA:	24°C	24°C	22°C	22°C
OBSERVACIONES	LÍQUIDO OPALESCENTE, AMRILLO, CON PARTICULAS. MAL OLOR.	LÍQUIDO LIGERAMENTE OPALESCENTE, AMRILLO, CON PARTICULAS. MAL OLOR.	LIQUIDO GRIS, MAL OLOR. SEDIMENTO NEGRO. SE OBSERVAN LARVAS ROJAS DE ZANCUDOS	LIQUIDO GRIS. MAL OLOR. SE OBSERVAN LARVAS DE ZANCUDO ROJAS.
FOTOGRAFIA DEL LUGAR				

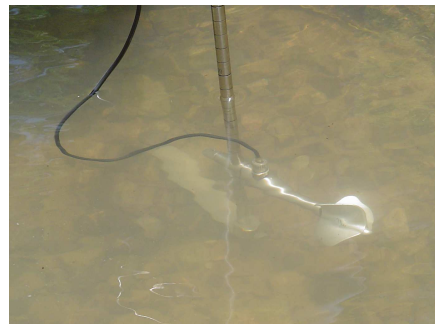
ANEXO 4.3 EQUIPO UTILIZADO PARA LA MEDICION DEL CAUDAL



Medidor de revoluciones por minuto (RPM)



Vástago



Propela

ANEXO 4.4. PROGRAMA HID-2008, CREADO POR ING MSC JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENSIO, PARA LA MEDICION DEL CAUDAL UTILIZANDO EL MICROMOLINETE AOTT.

Se utilizó el programa HID-2008 para la medida del caudal de los ríos. Para calcular el caudal lo que se debe hacer es primero sustituir con los datos obtenidos las casillas con números azules.

Microsoft Excel - Ilohuapa antes mata-Ilo, lluvia231008

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Arial 12

Q41

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

HOJA 1 **HOJA 2**
MENU

HOJA PARA EL CALCULO DEL CAUDAL DE UN CAUCE NATURAL
POR ING M.C JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENSIO

NOMBRE DEL RIO: ILOHUAPA1 UBIACIÓN: SAN SALVADOR FECHA: 23-Oct-08
RESPONSABLE: ING. QUIMICA EQUIPO: MICROMOLINETE PROPELAS ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Numero de vertice	dist al punto inicio	intervalo entre vert	Profundidad	Prof de observac	Numero de rev.	Tiempo *****	n	velocidad (m/s) punto vertical	media en seccion	Prof prom en seccion	Area	Caudal	
m	m	m	m	m	r	s				m	m ²	m ³ /s	
0	0	0.5	0.00	0.00	0	1	0	0.00	0.00	0.11	0.14	0.070	0.008
1	0.5	0.5	0.28	0.17	25	30	0.8	0.22	0.22	0.25	0.17	0.083	0.021
2	1	0.5	0.05	0.03	33	30	1.1	0.29	0.29	0.22	0.05	0.025	0.005
3	1.5	0.5	0.05	0.03	16	30	0.5	0.14	0.14	0.29	0.09	0.043	0.012
4	2	0.5	0.12	0.07	50	30	1.7	0.43	0.43	0.58	0.14	0.070	0.041
5	2.5	0.5	0.16	0.10	87	30	2.9	0.74	0.74	0.80	0.20	0.098	0.078
6	3	0.5	0.23	0.14	101	30	3.4	0.86	0.86	0.85	0.22	0.108	0.092
7	3.5	0.5	0.20	0.12	100	30	3.3	0.85	0.85	0.89	0.23	0.113	0.101
8	4	0.5	0.25	0.15	111	30	3.7	0.94	0.94	0.84	0.23	0.113	0.094
9	4.5	0.5	0.20	0.12	87	30	2.9	0.74	0.74				
CAUDAL "TOTAL" O "PARCIAL"												0.451	

NUM

Inicio 2 Microsoft Office ... HID-2008 Ilohuapa antes mata-... 02:12 a.m.

Si los datos son muchos y no alcanza la **HOJA 1**, dar "clic" en **HOJA 2**, para seguir introduciendo los datos. Si todavía no es suficiente la **HOJA 2**, existe la **HOJA 3**. Al final de cada **HOJA** se obtiene el caudal en color rojo, que se reporta en unidades de m^3/s .

Microsoft Excel - Ilohuapa antes mata-Ilo, lluvia231008

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

W40

HOJA 2 **HOJA 1**

HOJA PARA EL CALCULO DEL CAUDAL DE UN CAUCE NATURAL **HOJA 3**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

HOJA PARA EL CALCULO DEL CAUDAL DE UN CAUCE NATURAL
POR ING M-C JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENCIO

NOMBRE DEL RIO: ILOHUAPA1 UBICACIÓN: SAN SALVADOR FECHA: 23-01-08
RESPONSABLE: ING. QUIHICA EQUIPO: MICROMOLINETE PROPELAE

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Numero de vertic	dist al punto inic	intervalo entre vert	Profundidad	Prof de observac	Numero de rev.	Tiempo *****	velocidad (m/s)			Prof prom en seccion	Area	Caudal	
	m	m	m	m	r	s	punto	vertical	medio en seccion	m	m ²	m ³ /s	
9	4.5		0.20	0.12	87	30	2.3	0.74	0.74	0.60	0.18	0.088	0.053
10	5	0.5	0.15	0.09	54	30	1.8	0.46	0.46	0.42	0.13	0.063	0.027
11	5.5		0.10	0.06	45	30	1.5	0.33	0.33	0.35	0.10	0.050	0.017
12	6		0.10	0.06	36	30	1.2	0.31	0.31	0.16	0.05	0.075	0.012
13	7.5	0	0.00	0.00	0	30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
14			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
15			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
16			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
17			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
18			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
19			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
20			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
21			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
22			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
23			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
24			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
25			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
26			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
27			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
28			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
29			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
30			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
31			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
32			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
33			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
34			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
35			0.00	0.00		30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
36	CAUDAL PARCIAL (HOJA 2)											0.108	
37	CAUDAL TOTAL (HOJA 1 + HOJA 2)											0.560	
38	***** cuando no hay observaciones en el punto se toma como tiempo "1" segundo											JMT/A/jun/04	

NUM

Inicio 2 Microsoft Office ... HID-2008 Ilohuapa antes mata-... 02:16 a.m.

ANEXO 4.5 PROGRAMA ICA VERSION 1.0 CREADO CON LA COLABORACION DEL ING. DARIO VASQUEZ PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).

Para determinar la calidad del agua con el programa ICA versión 1.0, se debe introducir primero los datos generales de la procedencia del agua.

The screenshot shows the Microsoft Excel - ICA-2009 v1.0 interface. The main window displays the 'DATOS GENERALES' section with the following data:

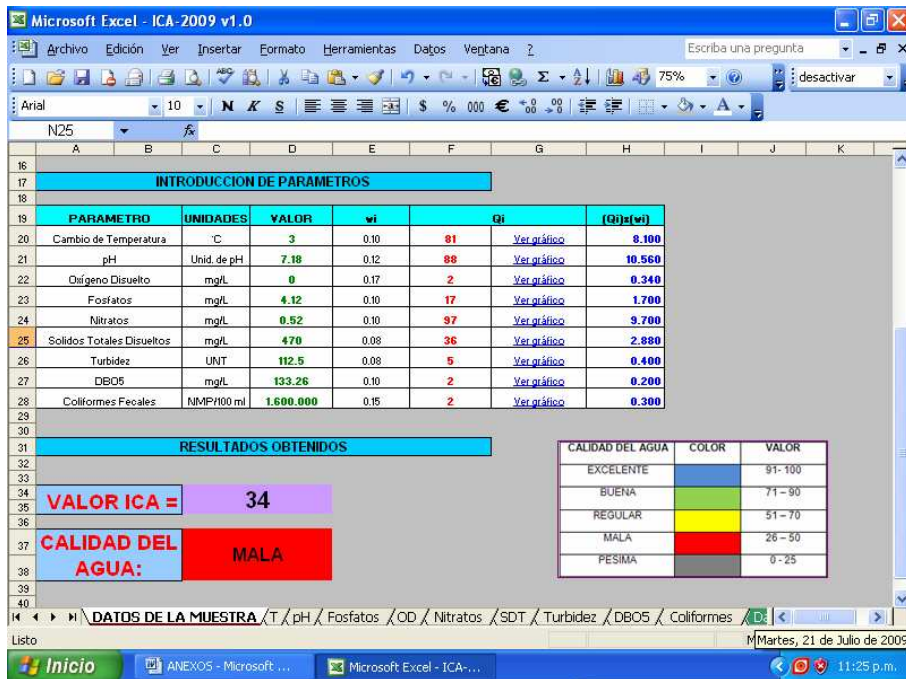
- PROCEDENCIA: RIO ACELUATE
- FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 27.02.2009
- HORA DEL MUESTREO: 10:35 a.m
- ESTACION DE MUESTREO: seca
- TEMPERATURA DE LA MUESTRA (°C): 22
- TEMPERATURA AMBIENTE (°C): 25
- CAMBIO DE TEMPERATURA (°C): 3

The 'INTRODUCCION DE PARAMETROS' section contains a table with the following data:

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR	wi	Qi	(Qi)x(wi)
Cambio de Temperatura	°C	3	0.10	81	0.100
pH	Unid. de pH	7.18	0.12	88	10.560
Oxígeno Disuelto	mg/L	0	0.17	2	0.340
Fosfatos	mg/L	4.12	0.10	17	1.700
Nitratos	mg/L	0.52	0.10	97	9.700
Solidos Totales Disueltos	mg/L	470	0.08	36	2.880

The formula $ICA = \sum(Q_i * w_i)$ is displayed in a purple box. The bottom of the window shows the taskbar with the Start button, open applications (ANEXOS - Microsoft..., Microsoft Excel - ICA...), and the system tray (MAYÚS NUM, 11:24 p.m.).

Después se introducen los valores obtenidos de cada uno de los parámetros necesarios para calcular el ICA; éstos se muestran en color verde en la sección de Introducción de Parámetros, como se puede observar en la ventana anterior.



Cuando se han introducido todos los valores, el programa da como resultado el valor del ICA y la calidad del agua. Para la ventana se puede ver que el valor del ICA fue de 34 y la calidad del agua MALA.

En el programa se muestran la fórmula, y el cuadro de clasificación del agua en base a colores, para estimar la calidad del agua. Además se pueden observar las gráficas de todos los parámetros, para que el usuario pueda leer directamente los valores de las gráficas si así lo desea.

