

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



"DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DE AGUA EN ÉPOCA SECA EN EL CANAL PRINCIPAL DEL RÍO JIBOA Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES, EN UNA ZONA CRITICA"

PRESENTADO POR:

MARIO RAFAEL CORDERO ALBERTO
LUIS ALBERTO FRANCO NOLASCO
RONNIE ARTURO HERNÁNDEZ MORAN

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 2005

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :

Dra. María Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL:

Licda. Alicia Margarita Rivas de Recinos

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 :

“DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DE AGUA EN ÉPOCA SECA EN EL CANAL PRINCIPAL DEL RÍO JIBOA Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES, EN UNA ZONA CRITICA”

Presentado por :

MARIO RAFAEL CORDERO ALBERTO
LUIS ALBERTO FRANCO NOLASCO
RONNIE ARTURO HERNÁNDEZ MORAN

Trabajo de graduación aprobado por:

DOCENTES DIRECTORES :

Ing. Eugenia Salvadora Gamero de Ayala
Lic. Zulma Esperanza Mena
Ing. Juan Rodolfo Ramírez Guzmán
Ing. Fernando Teodoro Ramírez Zelaya

San Salvador, Enero de 2005

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

Ing. Eugenia Salvadora Gamero de Ayala

Lic. Zulma Esperanza Mena

Ing. Juan Rodolfo Ramírez Guzmán

Ing. Fernando Teodoro Ramírez Zelaya

"... He aquí mi secreto, que no puede ser más simple :
Sólo con el corazón se puede ver bien.
Lo esencial es invisible para los ojos..."

El Principito
Antoine De Saint-Exupéry

A Dios omnipotente que me permitió vivir, luchar , mantener la fe y coronar mi carrera, como siempre infinitas gracias.

A mi madre , Vilma Sonia , quien me llevo en el vientre , me vio nacer , crecer y ahora me ve lograr un triunfo mas ; madre te llevo en el alma y corazón , mi abuelita Virginia quien con su amor , concejos y comidas me ha visto triunfar, mis hermanos Stanley y More que me han apoyado y lo siguen haciendo en mi vida, mi tía Gloria , mis primos Coco , Glorita y Chofo , futuro Ingeniero Químico , quienes me han brindado amor, comprensión , concejos y mucho mas.

A mi muy especial novia Lisette (sismi) quien con su apoyo , amor, comprensión y tolerancia logre ser I.Q. y cada día una mejor persona ; Don Rene , Doña Margarita , Bea , Katia y Conchi , gracias por su apoyo.

A mis compañeros de tesis Luis y Ronnie , gracias por su apoyo , tolerancia y gran amor hacia Dios ... lo logramos!!!

A todos mis amigos y compañeros : Anita y Saz , Mónica y Eduardo, Andrés y Maricela , Marvin , Clio , Rene , Manuel , Nelson ,Chamaco, Albert , Rocio y Luis , Pérez ,Cristo , Kevin y Gaby , Wilson , Ore , Mecho, Robert ,Jennifer , Karla , Azucena , Toño , Ángel, Eduardo Cordova , Chiquiton , Monica Jaheli , Alba , Boris , Mario Cruz , Camilo , Davì , Fresquin , Nereyda , Emilio , Sergio Paiz , Chicas , Cristian , Cali , Jonathan , Carola , Colocha , El Negro , Micha , Maestro Lizama , Mítrala , Huevo , Alex , Guayo , Inti.

A mis asesores Lic. Mena, Teo , Ing. Gamero, Ing. Juan ,al SNET ,a gente de la Escuela de I.Q. , en especial a la Ing. Rico gracias por su enseñanza , confianza y orientación en el estudio, congresos , SEIQ , en la vida, gracias

Mario Cordero

Ronnie Hernández.

Doy mis agradecimientos al Señor Jesucristo quien es el Rey de mi vida, mi Salvador, es mi pasión y quien guía mis pasos, me protege de todos los males, me da fuerzas cuando estoy cansado. El lo ha hecho todo en mi vida. Me permitió obtener mi carrera en el tiempo que el dispuso.

Me ha dado a mi familia quienes fueron un soporte en los momentos difíciles. Mis Padres Teresa Morán de Hernández y Arturo Hernández Morataya y mis hermanos Karla y Stanley Hernández quienes me enseñaron la Fe que es en Cristo Jesús Señor nuestro. A mi primo Arturo Rivera quien siempre estuvo dispuesto a ayudarme en los momentos que lo necesité

Puso en mi camino a personas que me ayudaron. Carlos Lizama, que tuvo la disposición de enseñarme muchas cosas de la carrera, a mis compañeros Luis Franco y Marvin Ramírez, con quienes me esforcé en las diferentes materias. A Licenciada Zulma Mena quien nos ayudo en la asesoría de nuestro documento.

Todo lo puedo en Cristo que me fortalece (Filipenses 4:13). A EL SEA TODA LA GLORIA.

Luis Franco:

Quiero agradecer Jesucristo por ser mi Dios y salvador, darme la vida y la oportunidad de hacer algo que sea de beneficio a otros.

Gracias mama Magda por tus oraciones que yacen en el pasado y que aun hoy siguen dando fruto en mi interminable formación. Te amo.

Gracias mamá Margoth por ser un gran padre y madre a la vez, ¡Lo logramos Linda!

Gracias Mi Anto por tu amor y apoyo incondicional desde que te conozco.

Gracias tías (Donys, Evelyn, Xiomara, Maribel, Leslye, Elsy) porque en diversos tiempos brindaron un gran apoyo y ahora es fruto de bendición.

Gracias Saúl y Rene por ayudarme a escoger esta bella carrera y correr junto a mí.

Gracias Arturo por ser un buen hermano de milicia, compañero y amigo.

Gracias Raúl por tu excelente compañía y tú oportuna ayuda a cada dificultad.

Gracias Jorge y Tony porque siempre estuvieron al otro lado del teléfono para ayudar.

Gracias Gaby por tu respetable amistad y tu ayuda en estos años de estudio.

Gracias compañeros, profesores, amigos, familiares y hermanos por aportar un granito de arena a su servidor.

Agradecimientos especiales para Lic. Zulma Mena por su apoyo y excelente asesoría en la realización del presente diagnóstico, además de los invaluable aportes de nuestros asesores por parte de la UES. Muchas gracias a todos.

"No que seamos competentes por nosotros mismos para pensar algo como de nosotros mismos, sino que nuestra competencia proviene de Dios" 2 Co. 3:5

RESUMEN

La finalidad de la investigación realizada consiste en diagnosticar la calidad de agua para el canal principal del Río Jiboa en época seca, por lo que el estudio se enfocó primeramente en la investigación biofísica y socioeconómica de la región que rodea dicho canal; para conocer el área de interés, posteriormente se realizó un muestreo durante los meses de abril y mayo del año 2004.

Los resultados de los análisis fueron evaluados para determinar la calidad de agua desde una doble perspectiva: la calidad intrínseca del agua por medio de un índice de calidad de agua propuesto por Brown y la calidad de agua para los usos a los que esta se destine.

Tomando en cuenta lo anteriormente descrito se realizó la zonificación para el canal principal del Río y se determinó una zona crítica, la cual se localiza desde la confluencia del río El Desagüe hasta la desembocadura del canal principal con el Océano Pacífico.

Los principales factores que modifican la calidad de agua del Río Jiboa en dicha zona fueron: La confluencia del río el Desagüe, el mal manejo de las parcelas agrícolas y la explotación de material pétreo en la cuenca del Jiboa. Para lo que se elaboraron propuestas de mitigación encaminadas a la recuperación de las condiciones actuales. Presentándose como una de las principales recomendaciones la agilización de los instrumentos legales hacia las empresas que no cumplen con los requisitos y la necesidad de trabajar con un plan de desarrollo sostenible entre la agricultura y la preservación del agua.

INDICE

INTRODUCCION	1
1 GENERALIDADES DEL CANAL PRINCIPAL DEL RIO JIBOA	1
1.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	1
1.2 CARACTERISTICAS BIOFISICAS DE LA REGION.	2
1.2.1 ASPECTOS HIDROLOGICOS	2
1.2.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA	4
1.2.3 GEOMORFOLOGIA Y DRENAJE	4
1.2.4 GEOLOGIA	7
1.2.5 CLIMA	9
1.2.6 BIODIVERSIDAD	10
1.2.6.1 ECOSISTEMAS DE LA CUENCA DEL RIO JIBOA	11
1.2.6.2 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	11
1.2.6.3 FORMACIONES VEGETALES Y FLORA	12
1.2.6.4 FAUNA	14
1.2.7 SUELOS Y SUS USOS	15
1.2.7.1 SUELOS	15
1.2.7.2 USOS DE LOS SUELOS	17
1.3 SITUACIÓN SOCIOECONÓMICA	17
1.3.1 AMBIENTE NACIONAL	17
1.3.2 ADMINISTRACIÓN.	19
1.3.3 POBLACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO.	20
1.3.4 ECONOMÍA	21
1.3.5 SERVICIOS BÁSICOS	22
1.3.5.1 ELECTRIFICACIÓN.	22
1.3.5.2 ALCANTARILLADO	23
1.3.5.3 ABASTECIMIENTO DE AGUA.	24
1.3.5.4 SERVICIOS DE SALUD.	26

2 UBICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES Y DISEÑO DE UNA RED DE PUNTOS DE MUESTREO PARA EL CANAL PRINCIPAL DEL RÍO JIBOA -----	28
2.1 USOS DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES -----	28
2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS USOS DEL AGUA -----	29
2.1.1.1 USOS CONSUNTIVOS Y NO CONSUNTIVOS -----	29
2.1.1.2 USOS PRIORITARIOS Y SECUNDARIOS -----	29
2.2 CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HIDRICO -----	30
2.2.1 LEVANTAMIENTO DE FUENTES CONTAMINANTES -----	30
2.2.1.1 FUENTES NO PUNTUALES -----	30
2.2.1.2 FUENTES PUNTUALES -----	36
2.3 DISEÑO DE UNA RED DE PUNTOS DE TOMA DE MUESTRA -----	40
2.3.1 MACROLOCALIZACIÓN. -----	41
2.3.2 MICROLOCALIZACIÓN Y RED DE PUNTOS DE MUESTREO. -----	47
2.3.2.1 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS. -----	49
3 CALIDAD DEL AGUA Y ZONIFICACION DEL CANAL PRINCIPAL DEL RIO JIBOA -----	52
3.1 MARCO JURIDICO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL ---	53
3.1.1 LEY DE LA ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (ANDA-1961) -----	54
3.1.2 LEY DE AVENAMIENTO Y RIEGO (1970). -----	54
3.1.3 LEY FORESTAL (1973) -----	54
3.1.4 LEY GENERAL DE LAS ACTIVIDADES PESQUERAS (1981) -----	54
3.1.5 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE EL SALVADOR (1983) -----	54
3.1.6 REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DE AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCION (1987) -----	55
3.1.7 LEY DE MEDIO AMBIENTE (1998) -----	55
3.1.8 REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE MEDIO AMBIENTE (2000) -----	55
3.1.9 REGLAMENTO ESPECIAL DE NORMAS TECNICAS DE CALIDAD AMBIENTAL (2000)	56
3.1.10 REGLAMENTO ESPECIAL DE AGUAS RESIDUALES (2000) -----	56
3.1.11 CÓDIGO DE SALUD (2003) -----	57

3.2 ESTUDIO DE LA CALIDAD EXIGIBLE PARA UN RECURSO HÍDRICO	
SUPERFICIAL DESDE UNA DOBLE PERSPECTIVA -----	57
3.2.1 LA CALIDAD QUE SE EXIGE AL AGUA DESCARGADA AL CUERPO	
RECEPTOR.-----	58
3.2.2 LA CALIDAD QUE HAY QUE EXIGIR AL RECURSO SEGÚN EL USO AL QUE	
SE VAYA A DESTINAR. -----	58
3.3 PARAMETROS PARA LA DESCRIPCION DE CALIDAD DEL AGUA. ----	59
3.3.1 PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA -----	60
3.3.1.1 Cambio de la Temperatura -----	60
3.3.1.2 Color -----	61
3.3.1.3 Sólidos Suspendidos y disueltos totales. -----	62
3.3.1.4 Sólidos suspendidos y turbidez. -----	63
3.3.1.5 Conductividad -----	65
3.3.1.6 pH. -----	65
3.3.1.7 Dureza -----	66
3.3.1.8 Fosfatos -----	67
3.3.1.9 Nitratos. -----	68
3.3.1.10 Cloruros. -----	69
3.3.1.11 Sulfuros. -----	70
3.3.1.12 Metales -----	70
3.3.1.13 Oxígeno disuelto (OD) -----	71
3.3.1.14 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)-----	72
3.3.1.15 Demanda Química de Oxígeno (DQO)-----	74
3.3.1.16 Coliformes Totales y Fecales-----	74
3.4 CAMPAÑA DE MUESTREO -----	75
3.5 SELECCIÓN DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA PARA EL CANAL	
PRINCIPAL DEL RIO JIBOA-----	76
3.5.1 APLICACIONES PRÁCTICAS DEL "ICA" -----	77
3.5.2 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA ("ICA") DE BROWN-----	78
3.6 ESTIMACION DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA GENERAL "ICA" --	81
3.7 VALORES DEL "ICA" PARA EL CANAL PRINCIPAL DEL RIO JIBOA---	91
3.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL "ICA" PARA EL CANAL PRINCIPAL	
DEL RIO JIBOA -----	92

3.9 ZONIFICACIÓN DEL CANAL PRINCIPAL DEL RÍO JIBOA SEGUN SUS USOS.	96
4. PROPUESTAS DE MITIGACIÓN PARA EL CANAL PRINCIPAL DEL RÍO JIBOA.	100
4.1 PROPUESTAS AGRÍCOLAS	101
4.1.1 CONSTRUCCIÓN DE BARRERAS MUERTAS Y/O VIVAS	102
4.1.2 REDUCCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS AGRÍCOLAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS.	102
4.1.3 REDUCCIÓN DE FUENTES DE FOSFATOS .	104
4.2 EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN EN SEDIMENTOS.	106
4.2.1 CONTAMINACIÓN POR SEDIMENTOS.	106
4.3 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS DESCARGADAS POR LAS ARENERAS	108
4.3.1 DESARENADORES.	109
4.3.2 TANQUES DE DECANTACIÓN PRIMARIA.	109
4.4 APLICACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LAS LEYES DEL MEDIO AMBIENTE	110
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFIA	115

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 REGIONES HIDROGRAFICAS EN EL SALVADOR.....	3
Figura 1-2 Distribución mensual de las épocas climáticas	9
Figura 1-3 Mapa de las Regiones Climáticas según Köppen (Fuente MARN)....	9
Figura 1-4 Santa Clara- El pimental	12
Figura 2-1 MAPA DE FUENTES CONTAMINANTES.....	39
Figura 2-2 Ilustración del cálculo del centroide	42
Figura 2-3 UBICACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO PRELIMINAR	44
Figura 2-4 Centroide en el canal principal del Río Jiboa.....	46
Figura 2-5 Ubicación de puntos de muestreo.....	51
Figura 3-1 Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales	84
Figura 3-2 Valoración de la calidad de agua en función del pH	85
Figura 3-3 Valoración de la calidad de agua en función de la DBO ₅	85
Figura 3-4 Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno	86
Figura 3-5 Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo.....	86
Figura 3-6 Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura....	87
Figura 3-7 Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez.....	88
Figura 3-8 Valoración de la calidad de agua en función del Residuo Total	88
Figura 3-9 Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación del Oxígeno disuelto	90
Figura 3-10 Valores del "ICA" para el canal principal del Río Jiboa	91
Figura 4-1 Sedimentador Primario para tratamiento de aguas.	110

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Región Climática predominante en la Cuenca del Río Jiboa.....	10
Tabla 1-2	Fauna en el Refugio Regional de Santa Clara	14
Tabla 1-3	Municipios que rodean el canal principal del Río Jiboa.....	20
Tabla 1-4	Otros Municipios que pertenecen a la cuenca Río Jiboa	20
Tabla 1-5	PEA ocupada por rama de actividad y sexo en los 16 municipios visitados.....	22
Tabla 1-6	Salubridad y saneamiento para los municipios involucrados	24
Tabla 1-7	Acceso a agua por clase de fuente, opinión sobre la potabilidad del agua y prácticas de purificación (en porcentajes). Año 2002.....	25
Tabla 1-8	Disposición del agua para los municipios.....	26
Tabla 2-1	CARACTERISTICAS DE PLAGUICIDAS USADOS EN LA CUENCA	34
Tabla 2-2	AGROQUIMICOS UTILIZADOS EN LA CUENCA DEL RIO JIBOA	35
Tabla 2-3	Resultados de la masa contaminante volcada al Río Jiboa	45
Tabla 2-4	Valores de conductividad para el muestreo preliminar.....	50
Tabla 3-1	CLASIFICACION DEL "ICA" PROPUESTO POR BROWN	81
Tabla 3-2	Pesos relativos para cada parámetro del "ICA"	83
Tabla 3-3	Solubilidad del Oxígeno en Agua Dulce	89
Tabla 3-4	Hoja para el calculo del "ICA _m "	90
Tabla 3-5	Valores Que Pueden Adoptar Los Parámetros Para Definir Categorías Y Usos del Agua.	97
Tabla 4-1	Medidas de mitigación para el canal principal del Río jiboa.	101

INDICE DE ANEXOS

Anexo I	REGIONES MORFOLÓGICAS	121A
Anexo II	GEOLOGIA DE LA CUENCA DEL RIO JIBOA.....	122A
Anexo III	ECOSISTEMAS BOSCOSOS TERRESTRES LA CUENCA DEL RÍO JIBOA.....	123A
Anexo IV	MAPA DE VEGETACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES.....	124A
Anexo V	MAPA PEDOLÓGICO PARA LA CUENCA DEL RÍO JIBOA.....	125A
Anexo VI	USO DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RIO JIBOA.....	126A
Anexo VII	DIVISION ADMINISTRATIVA Y RIOS TRIBUTARIOS DE LA CUENCA.....	127A
Anexo VIII	GENERALIDADES DE LA POBLACIÓN EN LOS MUNICIPIOS DE INTERES.....	128A
Anexo IX	GENERALIDADES DE LA POBLACIÓN EN EL RESTO DE LOS MUNICIPIOS.....	129A
Anexo X	CERTIFICADO DEL LABORATORIO DEL SNET.....	131A
Anexo XI	DETERMINACIÓN DEL CAUDAL.....	132A
Anexo XII	USO DEL HORIBA U-10.....	145A
Anexo XIII	FICHAS DE PUNTOS DE TOMA DE MUESTRA.....	154A
Anexo XIV	METODOLOGÍA DE MUESTREO PARA EL CANAL PRINCIPAL DEL RÍO JIBOA.....	162A
Anexo XV	METODOLOGÍAS UTILIZADAS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARAMETROS EN LABORATORIO.....	163A
Anexo XVI	RESULTADOS DE ANÁLISIS INSITU.....	164A
Anexo XVII	RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	165A
Anexo XVIII	EJEMPLO DE CALCULO PARA EL PUNTO 01 JIBOA.....	167A
Anexo XIX	EVALUACION DE TOXICIDAD PRESENTE EN SEDIMENTO.....	170 ^a

INTRODUCCION

La conservación de los recursos hídricos superficiales es de gran importancia en el desarrollo de un país. En el Salvador es urgente desarrollar estrategias que permitan un manejo sustentable del recurso hídrico.

El Río Jiboa es una de las tres corrientes naturales con mayor potencial de abastecimiento en el país, la cuenca de este Río Alberga una alta población, en su mayoría dedicada a la producción agrícola de granos básicos, caña de azúcar y café. Las actividades agrícolas demandan una calidad de agua que permita lograr la más alta calidad en sus productos.

En el presente estudio se determina y analiza la calidad de agua para el canal principal del Río Jiboa desde una doble perspectiva: la calidad intrínseca del agua por medio de un índice de calidad de agua propuesto por Brown y la calidad de agua para los usos a los que esta se destine que permite la zonificación para el canal principal de Río, cumpliendo de esta forma el objetivo que subyace en todo el documento, el cual es: diagnosticar la calidad de agua para el canal principal del Río Jiboa en época seca. Es necesario mencionar que este documento es el resultado de la revisión sistemática de la bibliografía existente, la investigación de campo realizadas y un muestreo simple de parámetros de calidad de agua que cuyo análisis permite la determinación de una zona crítica y la generación de una serie de medidas que contribuyen a la mitigación de las fuentes contaminantes del recurso desde el punto de vista de la Ingeniería Química.

1 GENERALIDADES DEL CANAL PRINCIPAL DEL RIO JIBOA

En el siguiente capítulo se desarrollan temas que permiten conocer las características geográficas, naturales y sociales del área de estudio, toda esta información ha sido recopilada de una investigación minuciosa que comprendió: revisión bibliográfica proporcionada por diversas fuentes y una serie de visitas a los municipios que rodean el canal principal del Río Jiboa.

1.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio es el Canal Principal Del Río Jiboa en época seca cuya Cuenca posee 35 municipios de lo cuales 16 son atravesados por dicho Canal, estos pertenecen a los departamentos de San Salvador, Cuscatlán, San Vicente y La Paz, ubicados en la región centro occidente del País.

El Río Jiboa nace en el cantón El Copinol, Municipio de San Rafael Cedros, sin embargo el reconocimiento del área de estudio sugirió tomar como inicio del Río la sección ubicada en el Cantón Los Rodríguez, Municipio de Santo Domingo perteneciente a San Vicente donde fluye hacia el sur hasta su desembocadura en el Océano Pacífico.

La longitud del canal principal del Río Jiboa es de 53.113 km¹ aproximadamente. Este atraviesa una morfología muy accidentada en la zona de la cadena volcánica reciente² hasta alcanzar las zonas llanas de la planicie aluvial de La Paz. Un buen número de cursos fluviales de carácter permanente y temporal tributan sus aguas al Río, entre estos se encuentran: Río El Desagüe, Río El Chorreron, Río Timiaya entre otros.

¹ Esta distancia corresponde a la medición efectuada en los cuadrantes topográficos correspondientes a la Cuenca del Río Jiboa tomando como nacimiento en el cantón los Rodríguez

²Zona en la que predomina las lavas andesíticas y basálticas en las cimas de los volcanes, combinándose con sedimentos volcánicos detríticos, materiales piroclásticos y corrientes de lava en las vertientes intermedias y bajas.

Es necesario hacer notar que para la características biofísicas de la región se hace referencia a la cuenca de Río Jiboa, pero; para el desarrollo de la investigación se tomará como base el canal principal del Río Jiboa que representa el área de estudio.

1.2 CARACTERISTICAS BIOFISICAS DE LA REGION.

1.2.1 ASPECTOS HIDROLOGICOS

Las regiones hidrográficas de El Salvador, se determinaron por medio de la delimitación de las cuencas de los principales ríos del país, existen 11 regiones delimitadas y se identifican por el nombre de los principales ríos. Las cuencas hidrográficas son el escenario natural de regulación de los recursos hídricos cuyo manejo se considera clave para asegurar la conservación del agua y mejorar la calidad de vida de la población rural, las cuencas también son un espacio socionatural constantemente transformado e intervenido por la acción de diversos actores y procesos. El territorio de El Salvador se distribuye, entre 6 cuencas hidrográficas y 5 zonas con ríos de pequeño recorrido. Las cuencas hidrográficas (Figura 1-1) son las siguientes:

- A. Cuenca del Río Lempa, compartida con Honduras y Guatemala.
- B. Cuenca del Río Paz, compartida con Guatemala.
- D. Sonsonate, cuenca conformada por los Ríos: San Pedro y Sensunapán.
- F. Cuenca del Río Jiboa, en parte alimentada por el Desagüe del Lago de Ilopango.
- I. Cuenca del Río Grande de San Miguel.
- K. Cuenca del Río Goascorán, compartida con Honduras.

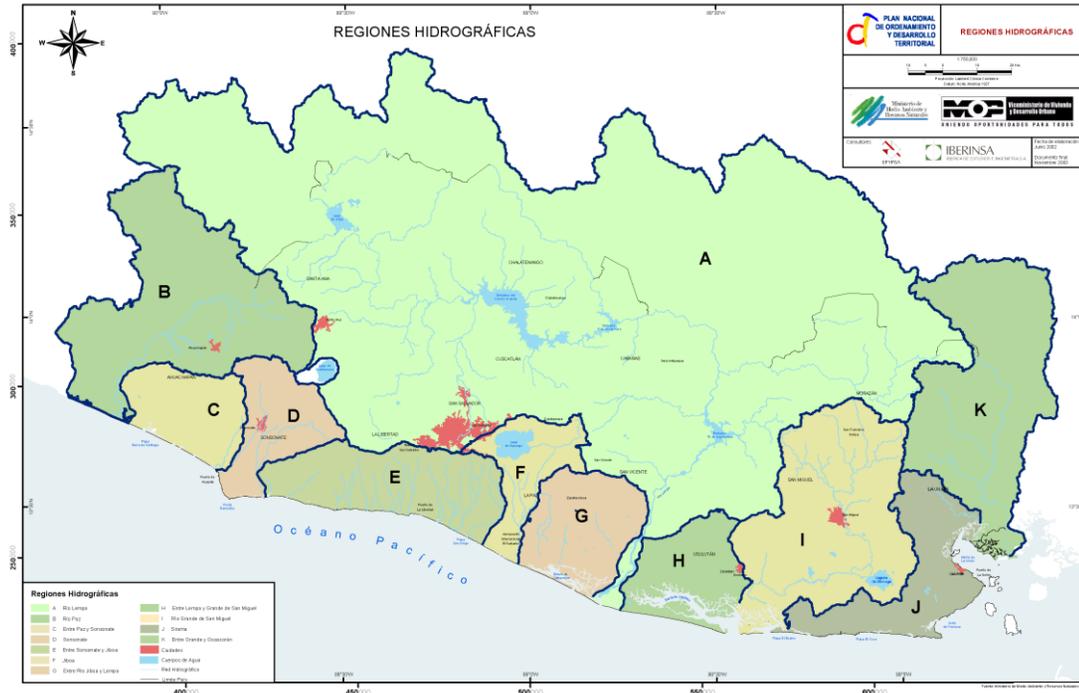


Figura 1-1 REGIONES HIDROGRAFICAS EN EL SALVADOR

Fuente : Plan Nacional de ordenamiento y desarrollo territorial

En la zona costera se presentan ríos de corto recorrido, que se han agrupado del siguiente modo:

- C. Entre los Ríos Paz y Sonsonate
- E. Entre los Ríos Sonsonate y Jiboa
- G. Entre los Ríos Jiboa y Lempa
- H. Entre los Ríos Lempa y Grande de San Miguel
- J. Entre los Ríos Grande de San Miguel y Goascorán.

La cuenca del Río Jiboa se encuentra situada en la zona paracentral del territorio salvadoreño posee un área que abarca cuatro departamentos: La Paz, San Vicente, Cuscatlán y San Salvador, con una extensión aproximada de 615 km² que representa un 2.9% del territorio nacional, de los cuales 70.52 km² pertenecen al lago de Ilopango. El Río Jiboa según bibliografía consultada³ nace en el cantón Copinol perteneciente al municipio de San Rafael Cedros,

3KOKUSAIKOGYO CO. LTD TOKIO JAPON.

Departamento de Cuscatlán a una altura de 700 msnm desemboca en el Océano Pacífico y posee en el curso principal una longitud de 58.75 km.

La estación de Montecristo ubicada en las coordenadas 13° 31' 36" de latitud y 88° 59' 18" de longitud ha observado el nivel de las aguas del Río Jiboa desde 1978. Sin embargo, desde 1985 a 1992 no ha habido observaciones debido al conflicto armado.

1.2.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA

Geográficamente La cuenca del Río Jiboa se ubica en las coordenadas 13° 21' 24" -13° 45' 0" de latitud norte y 88° 50' 0" - 89° 10' 0" de longitud oeste. Hacia el Norte limita con las cuencas de los Ríos Sucio y Quezalapa, en la meseta central del País, los cuales son afluentes del Río Lempa, la Ciudad de San Martín, pueblo de Santa Cruz Michapa y Cerro las Pavas en el Departamento de Cuscatlán; al Sur con el Océano Pacífico desembocando en las playas El Pimental hasta playa Las Hojas; hacia el Este con las cuencas de Río Viejo o Camalapa, Río Jalponga; Laguna de Nahualapa, Volcán de San Vicente y Cerro Grande; hacia el Oeste con a cuenca del Río Comalapa, Aeropuerto Internacional El Salvador, Villa de Santo Tomás, Ciudad de San Marcos, Cerro de San Jacinto, Colonia Monte Carmelo, Cuenca del Río Las Cañas y Cerro Las Delicias en el Departamento de San Salvador.

1.2.3 GEOMORFOLOGIA Y DRENAJE

De acuerdo a su topografía, la pendiente del terreno y el tipo de drenaje en la cuenca del Río Jiboa se pueden distinguir cuatro regiones morfológicas las cuales son **(Anexo I)**:

- La Gran depresión Central
- La Cadena Costera
- La Cadena Volcánica Joven
- La Planicie Costera

La Gran depresión Central:

Esta gran depresión cruza todo el país de Oeste A Este en formas de mesetas bajas muy diseccionadas (como la tierra blanca alrededor del lago de Ilopango) y valles relativamente planos con edificios volcanicos extintos que sobresalen en este relieve. La morfología del terreno es variada, plana, por lo que respecta a la lámina de agua del lago de Ilopango; barrancos y superficies semejantes a acantilados al norte, este y sur; pequeñas planicies al norte y oeste de la costa del lago.

La Cadena Costera:

Se ubica en los Departamentos de Sonsonate, La Libertad, San Salvador y La Paz. Este bloque se encuentra inclinado hacia el sur permitiendo la formación de desfiladeros y bordes empinados de 20 a 100 m de altura hacia la costa. La parte oriental de esta sierra presenta su máxima altura de 1,123 msnm ⁴Esta zona presenta un relieve más alomado que asciende suavemente hacia la costa y hacia la planicie del Río Jiboa. Sin embargo el área que pertenece a la cuenca del Río Jiboa logra una altura de 599 msnm. Un 62% de las pendientes son llanas menores del 2% y un 40% son pendientes suaves a muy fuertes (del 5 al 55%).

La Cadena Volcánica Joven:

Se halla en la parte norte de la cuenca del Río Jiboa en la que sus elevaciones se encuentran de 700 y 2,000 msnm y con relieve promedio de terreno entre los 500 y 1,000 msnm. Esta sección se encuentra ubicada al Sur de San Salvador, Poniente del Departamento de San Vicente y zona norte del Departamento de La Paz.

La Morfología del terreno en montaña media posee una pendiente pronunciada. El volcán posee una altura de 2,181 msnm y un apéndice denominado "El Volcancito". En la montaña baja, la orla del volcán

⁴ Metros sobre el nivel del mar

Chichontepec, rodea al sector central del macizo volcánico por el norte, este y sur, definiendo una plataforma que constituye su piedemonte. El sector oriental de la orla conforma una ligera depresión, que conforma un corredor que permite la comunicación del valle de San Vicente con la planicie costera de La Paz y sus pendientes son en general medias, siendo bajas y llanas en algunos áreas del sector oriental de la orla.

En el sector centro-este del Departamento de La Paz y al sur del Departamento de San Vicente la morfología del terreno es Plana. Se trata de un espacio de transición entre el Macizo Volcánico de Chinchontepec y la llanura aluvial "sensu stricto", con ligera inclinación.

La Planicie Costera:

Pertenece a la cuenca del Río Jiboa se localiza al sur del departamento de La Paz. La morfología del terreno es Plana. Llanura aluvial "sensu stricto", con ligera inclinación entre el norte y sur, drenada por pequeños ríos que discurren de norte a sur de la unidad de paisaje. Algunos de los cursos fluviales desembocan en los esteros existentes en el borde de la costa del Pacífico.

El avenamiento del Río Jiboa, es de tipo dendrítico-radial, en la parte norte, en las cuales los diferentes riachuelos y quebradas que drenan al éste, toman cualquier dirección dentro del sistema de drenaje; posteriormente el cauce toma dirección en forma uniforme, rumbo al océano, recibiendo en su recorrido gran cantidad de ríos de primer y segundo grado de forma radial. La longitud del cauce principal es de 50 km y la del cauce más largo de 62.5 km, con un área total de drenaje de 544.48 km².

El Río Desagüe toma gran importancia al ser la descarga del Lago de Ilopango. La parte alta de la cuenca, alcanza pendientes promedio hasta el orden del 32%, valor sumamente alto que da una idea de las características de las avenidas, torrenciales y con gran capacidad de arrastre de materiales.

En la cuenca baja del Río Jiboa, los terrenos tienden a sufrir por las lluvias, debido a que el drenaje interno de éstos, se ve restringido por la baja posición y alta permeabilidad; así también estos suelos, en la estación seca el nivel freático puede ser encontrado a profundidad de 1.00 m. aproximadamente, debido al alto grado de infiltración y su proximidad al lecho del Río.

1.2.4 GEOLOGIA

Desde el punto de vista geológico, El Salvador es un País joven, con una cuarta parte del territorio nacional de formaciones de la edad pleistocénica (Era Geológica Cenozoico, Período Cuaternario, Época Pleistoceno) y tres cuartas partes están cubiertos por formaciones de edad Pliocénica (Era Geológica Mesozoico, Período Terciario, Época Plioceno). Las formaciones de edad Cretácica que son solamente un 5% no representan un valor fundamental en la composición geológica general del País.

La cuenca del Río Jiboa esta localizada entre dos de las principales áreas de actividad volcánica como son el volcán San Salvador o Quetzaltepeque y el volcán San Vicente o Chichontepeque. Entre ellos se extiende el Lago de Ilopango que es una caldera de origen volcánico. En el **Anexo II** se presenta la geología de la cuenca y se realiza una pequeña descripción geológica referida a las cuatro zonas geomorfológicas descritas anteriormente.

La Gran depresión Central: ubicada al norte de la región, está formada por rocas volcánicas terciarias (plioceno) a cuaternarias, además de los sedimentos recientes. El lago de Ilopango se originó por una cadena de hundimientos causados por fuerte actividad tectónica acompañada de erupciones de piroclásticos sueltos y masivos. Al mismo tiempo se formaron varias cúpulas de lava de carácter andesítico y río-dacíticas. Cabe mencionar que la ceniza de pómez que se encuentra en la Región fue eyectada por este Volcán del Lago de Ilopango.

La Cadena Costera: se ubica casi al Centro y hacia el Norte de la Cuenca los materiales asociados a esta cadena son piroclastos con coladas de lavas intercaladas de composición andesítica–basáltica, predominando las epiclastitas volcánicas pertenecientes a la Formación Bálsamo. Además sobreyacen estos materiales, en menor extensión, piroclastitas ácidas e ignimbritas de la Formación Cuscatlán.

La Cadena de Volcanes Jóvenes o Fosa Central: pertenece al Volcán de San Vicente, el cual ha eyectado corrientes de lava basalto-andesítica que cubren en parte a los estratos del Bálsamo. Subyacen estos materiales las piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas de la misma formación.

La Planicie Costera: ha sido formada por el depósito de materiales retrabajados, el material que constituye estas planicies es de origen volcánico en parte depositado fluvialmente y lo conforman principalmente gravas, arenas, arcillas y limos con intercalaciones de piroclastos. La petrografía de éstos es variable, debido a la presencia de distintas formaciones geológicas hacia el Norte de la Cuenca.

En general, las cuencas alta y media están constituidas por rocas volcánicas, que tienden a producir suelos con textura mediana a fina (arenosos y limosos), teniendo una infiltración moderada y gran escorrentía con alta erosionabilidad. Estos suelos han sido arrastrados hacia las zonas bajas por los efectos de intemperización durante millones de años. En la cuenca baja, los suelos están formados por depósitos aluviales relativamente recientes, originados de los materiales volcánicos como cenizas, y arenas pumíticas, con drenaje interno generalmente bueno, levemente plásticos y con buena capacidad de retención de agua.

1.2.5 CLIMA

El clima en la cuenca del Río Jiboa es caracterizado por presentar condiciones térmicas similares a lo largo del año; sin embargo, se producen importantes oscilaciones anuales de las precipitaciones a lo largo del año, existiendo dos épocas climáticas muy marcadas: la estación lluviosa y la seca.

Las lluvias se distribuyen fundamentalmente entre los meses de mayo a octubre (estación lluviosa), mientras que de noviembre a abril las lluvias escasean (estación seca), con dos periodos de transición, como se aprecia en la **Figura 1-2**.



Figura 1-2 Distribución mensual de las épocas climáticas

Fuente: PLAN NACIONAL DE ORDENAMIENTO Y DESARROLLO TERRITORIAL 2002

La época de mayor duración es la seca, seguida de la época lluviosa, mientras que la transición seca-lluviosa posee mayor duración que la transición lluviosa-seca.

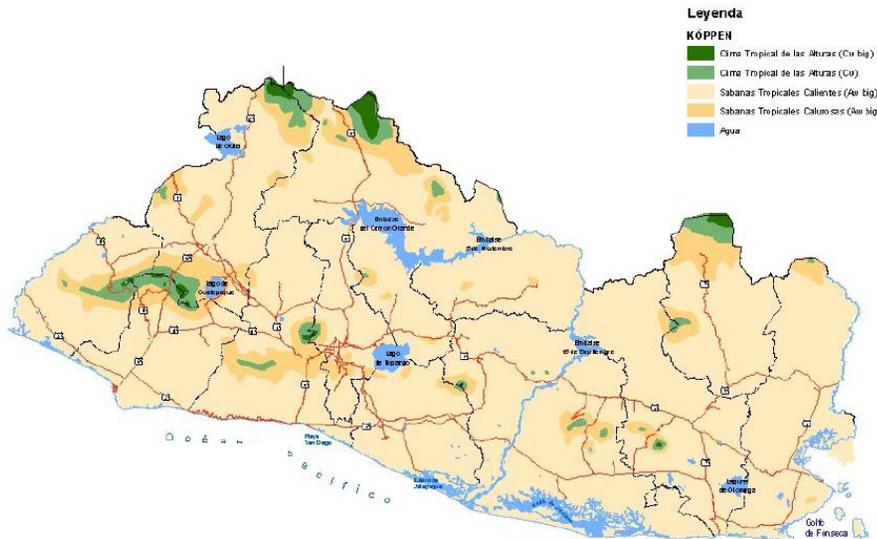


Figura 1-3 Mapa de las Regiones Climáticas según Köppen (Fuente MARN)

El factor orográfico juega un papel clave en la definición de las regiones climáticas de El Salvador. Según Köppen y Sapper-Lauer ⁵se pueden distinguir cuatro regiones climáticas en el País las cuales son: Sabanas Tropicales Calientes, Sabanas Tropicales Calurosas, Clima Tropical de las Alturas para tierra templada y tierra fría. **(Ver Figura 1-3.)**

La región predominante en la cuenca es la Sabanas Tropicales Calientes cuyos datos básicos son:

Tabla 1-1 Región Climática predominante en la Cuenca del Río Jiboa

REGIÓN CLIMÁTICA SABANA TROPICAL CALIENTE (TIERRA CALIENTE) O ZONA TROPICAL ÁRIDA BAJA	
SUPERFICIE DEL PAÍS AFECTADA	90% de la superficie
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	0-800 msnm
TEMPERATURA MEDIA	Oscila entre los 22-27°C y 22-28°C, en función de la elevación, en las planicies interiores. Extremos absolutos 35°C en la zona costera de las regiones.
PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL	Oscila entre los 150-200 msnm (excepto el entorno del lago Guija y sectores del oriente de la República).
HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE	70% en la estación seca. 84% en la estación lluviosa

Fuente: PLAN NACIONAL DE ORDENAMIENTO Y DESARROLLO TERRITORIAL 2002

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.

⁵ López E. 1995

1.2.6.1 ECOSISTEMAS DE LA CUENCA DEL RIO JIBOA

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). Con base a los Ecosistemas Boscosos Terrestres la cuenca del Río Jiboa se define tres zonas de vida⁶ (**Anexo III**): Bosque Húmedo Subtropical (bh-S(c)) y Bosque Húmedo Subtropical, transición a tropical (bh-S V) abarcan las áreas circundantes del Lago de Ilopango y las cuencas baja y media con elevaciones menores a 600 msnm y la tercera zona el Bosque Húmedo Subtropical (bh-S) que abarca la cuenca alta con elevaciones mayores a 600 msnm.

1.2.6.2 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Santa Clara (**Ver Figura 1-4**) es considerado un área natural protegida, por El Sistema de Áreas Naturales Protegidas (SANP) encontrándose situado a las cercanías del Aeropuerto Internacional de El Salvador, lo cual genera un alto potencial para ecoturismo ligado al mismo. Es un bosque Aluvial de la Planicie Costera con una continuidad de vegetación de playa, bosque salado (manglar), palmares, zona de transición (ecotono) y bosque aluvial. Pertenece a la unidad morfoestructural de la Llanura Aluvial de la Libertad-La Paz y a la unidad de paisaje de la bocana del Río Jiboa. Con alta frecuencia de inundaciones y patrones de mareas. El área ha sido sujeta a fuertes presiones antropogénicas que ameritan la ejecución de acciones de recuperación inmediatas. Pese a esto alberga especies de flora y fauna típicas de las zonas costeras y de tierras calientes.

⁶ Las Zonas de Vida agrupan unidades naturales utilizando valores de precipitación, temperatura y humedad, lo que permite su identificación usando datos climatológicos y el aspecto de la vegetación; cada Zona de Vida está influenciada, además, por las condiciones edáficas que determinan la fisonomía de la vegetación. L: R. Holdridge (1975)



Figura 1-4 Santa Clara- El pimental

Fuente : Plan Nacional de ordenamiento y desarrollo territorial

1.2.6.3 FORMACIONES VEGETALES Y FLORA

Actualmente se define la existencia de 16 formaciones vegetales de acuerdo al Mapa de Vegetación de los Ecosistemas Terrestres y Acuáticos (**Anexo IV**), para la cuenca del Río Jiboa se observan:

Vegetación cerrada siempre verde tropical ombrófila estacionalmente Saturada

Conocidos como Bosques Aluviales, son sitios que se mantienen inundados durante la estación lluviosa. Las especies vegetales por lo general son grandes árboles de hasta 35 m de alto; con raíces-contrafuertes. En el estrato arbustivo son abundantes palmeras de huiscoyol (*Bactris major*), jocote de iguana (*Spondias* spp.), papaya montes (*Carica cauliflora*). El estrato herbáceo o sotobosque está muy bien representado por una alta densidad de miembros de platanillo (*Heliconia latispatha*), hoja de sal (*H. rensoniana*), Bijahua, Cuyanigua y chufle (*Marantha allouia*).

Vegetación cerrada tropical decidua en estación seca, de tierras bajas

Bosques Caducifolios o Bosques Secos, las especies que la conforman se caracterizan por botar el follaje en la estación seca por lo que son llamados "bosques caducifolios", se encuentran desde la planicie costera hasta los 800 msnm, en laderas, colinas y montañas. Es notoria la presencia de lianas

leñosas, el estrato inferior lo conforman hierbas con yemas latentes en la superficie del suelo, las mas conocidos son barbasco (*Dioscorea mexicana* y *Dioscorea floribunda*).

Vegetación cerrada principalmente siempre verde. Manglar

Son bosques perennifolios que se encuentran en contacto con el mar y recibe el caudal de agua dulce del Río Jiboa formando así agua salobre, lo que es básico para su existencia. Los suelos son altamente nutritivos debido a la constante retroalimentación de desechos vegetales y animales, además de residuos provenientes de los caudales de los ríos que lo abastecen, se encuentra en la planicie costera y están constituidos por las especies mangle colorado (*Rhizophora mangle*), mangle rojo (*R. racemosa*), madresal (*Avicennia germinans*), istaten (*A. nitida*), botoncillo (*Conocarpus erecta*), y sincahuite (*Laguncularia racemosa*).

Vegetación abierta predominantemente decidua con árboles y arbustos de costa o playa marina o dulceacuícola (zona ecotonal)

Esta formación esta integrada por especies vegetales pioneras enraizadas sobre espacios desnudos, dispersas sobre la arena a lo largo del litoral o cabezas de playa donde no llega el oleaje. Especies típicas son: campanilla de playa (*Ipomoea pes-caprae*), fríjol de playa (*Canavalia maritima*), mozote de caballo (*Cenchrus echinatus*), berro de playa (*Portulaca* sp); algunos arbustos como izcanal (*Acacia* sp), papaturro (*Coccoloba caracasana*), las formas de vida dominantes son árboles de tamaño mediano a pequeño, en algunos casos con una altura promedio máxima de 5 m.

Vegetación cerrada principalmente verde riparia

También conocida como Bosque de Galería. Se reportan las siguiente especies pepeto de Río (*Inga vera*), sauce llorón (*Salix humboldtiana*), amate, capulamate, amate de Río (*Ficus* spp.), palo de hule (*Castilla elástica*), aguijote

(*Erythrina glauca*), huesito (*Phyllanthus brasiliensis*), volador (*Terminalia oblonga*), palo de queso (*Omphalea oleifera*), flor de Mayo (*Plumeria rubra*), guarumo (*Cecropia peltata*).

1.2.6.4 FAUNA

La región del Pacífico Centroamericano se caracteriza por una baja diversidad de especies de fauna vertebrada con respecto a la existente en la zona Atlántica, este factor determinará un bajo número de especies de peces, anfibios, reptiles y mamíferos. Esta situación se considera debida a la destrucción histórica de los ecosistemas, que ha reducido el número de especies ocurrentes en El Salvador (Daugerherty 1972).

Las especies de fauna registradas en El área Protegida se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1-2 Fauna en el Refugio Regional de Santa Clara

AVES			
Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común
<i>Archilochus columbris</i>	Gorrión	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Pucuyo
<i>Chordeiles acutipennis</i>	Pucuyo, Caballero	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Gavilán pintado
<i>Claravis pretiosa</i>	Tortolita azul	<i>Piaya cayana</i>	Piscoyo
<i>Colinus cristatus</i>	Codorniz	<i>Pulsatrix perspicillata</i>	Búho de anteojas
<i>Ictinia plumbea</i>	Gavilán palomero	<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogon
<i>Veniliornis fumigatus</i>	Carpintero pardo		
MAMÍFEROS TERRESTRES			
Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común
<i>Canis latrans</i>	Coyote	<i>Nasua Larica</i>	Pezote
<i>Dasyprocta punctata</i>	Cotusa	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Cusuco	<i>Procyon lotor</i>	Mapache
<i>Felis yagouaroundi</i>	Gato zonto	<i>Sphiggurus mexicanus</i>	Puercoespin
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorro		
REPTILES			
Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común
<i>Kinosternon scorpioides</i>	Tortuga gonce	<i>Rhinoclemmys pulcherrima</i>	Tortuga roja

FUENTE: Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales

1.2.7 SUELOS Y SUS USOS

Los suelos de la región F se desarrollan directamente sobre sustratos volcánicos o sobre materiales procedentes de estos sustratos. Como principal consecuencia de este hecho destaca su riqueza en potasio, riqueza que se debe a los constituyentes propios de la litosfera, cuya descomposición asegura su fertilidad.

1.2.7.1 SUELOS

A continuación se describen las principales características y propiedades de las clases taxonómicas observadas en el mapa pedológico (**Anexo V**) para la cuenca del Río Jiboa.

De acuerdo al sistema de clasificación de suelos de la F.A.O.⁷ Las principales series de suelos para la cuenca son los siguientes⁸:

Litosoles: Dentro de esta unidad se incluyen aquellos suelos que, por diversas circunstancias, se extienden sobre un sustrato geológico más o menos duro, con una profundidad muy limitada y una evolución en el perfil reducida⁹. Sus características físicas y químicas son muy variables pero suelen presentar una elevada pedregosidad asociada a la presencia de afloramientos rocosos.

Este tipo de suelos es quizás el que más medidas de conservación requiere, pero en general se considera que una adecuada selección de su atribución productiva contribuye favorablemente a su mantenimiento. En este sentido se considera que los cultivos solo son aptos en aquellas zonas menos pendientes siempre que se adopten además medidas de conservación adicionales. En las laderas más pendientes parece que los pastos y las masas forestales son las coberturas más adecuadas.

7 Food And Agriculture Organization Of The United Nations

8 José Mario Sorto. Desarrollo de los Recursos Hidráulicos en El Salvador.

9 Roberto Huezco et al. Historia Natural y Ecológica de El salvador. Tomos I y II

Andosoles o Andisoles: suelos poco evolucionados o jóvenes que se desarrollan típicamente sobre afloramientos más o menos recientes de cenizas volcánicas y otras rocas eruptivas consolidadas siempre con materiales vítreos. En ellos, los compuestos minerales amorfos estabilizan la materia orgánica y la protegen contra la biodegradación microbiana, lo que provoca su acumulación en el perfil que adquiere entonces tonalidades oscuras que contrastan con la roca madre generalmente de tonalidades más claras. Este proceso es independiente de la cubierta vegetal, relacionándose con el clima y con el tipo de material mineral de origen.

Entre las propiedades más características de estos suelos destaca su densidad aparente baja, su permeabilidad y porosidad muy elevada, y su estructura típica en agregados finos de tamaño limo. El suelo es pegajoso al tacto cuando está húmedo y pulverulento en seco. Presenta una enorme capacidad de retención de agua pero el punto de marchitamiento es también relativamente alto (prácticamente la mitad de la capacidad de campo) lo que limita la cantidad de agua útil para la vegetación.¹⁰

Por último, son suelos fácilmente erosionables por lo que son necesarias prácticas continuas de conservación para el mantenimiento de su capacidad productiva.

Fluvisoles o Aluviales: Son suelos poco evolucionados de aporte que se han desarrollado sobre materiales muy jóvenes transportados por los cursos de agua y depositados en las planicies costeras y en los valles interiores.

Tienen esencialmente la composición y las propiedades de los materiales originarios porque los procesos de alteración son todavía muy limitados. Sin embargo, sus características son muy variables espacialmente como consecuencia del origen variable de los materiales depositados y de las circunstancias de aluviamiento (régimen hídrico). Esta heterogeneidad de la

¹⁰ PH. Duchaufour y B. Souchier. Edafología, Edafogénesis y Clasificación. Ed. Mason

textura y de la granulometría se manifiesta en variaciones bruscas en el interior del perfil, tanto horizontales como verticales, que tienen especial importancia desde el punto de vista de la fertilidad del suelo y de la disponibilidad de agua para las plantas.

1.2.7.2 USOS DE LOS SUELOS

El uso de los suelos para la cuenca del Río Jiboa se puede apreciar en el mapa de USO DEL SUELO 1996 (**Anexo VI**), el cual se elaboró por reconocimiento en terreno y centros de promoción agrícola.

La aptitud de los suelos al oeste de la región es primordialmente suelos agrícolas adecuados para el cultivo permanente. Presencia de pequeños parches de suelos sin limitaciones para cualquier tipo de cultivo. Estos parches se localizan a lo largo de las planicies aluviales y las estribaciones de la cadena costera y cadena volcánica reciente. En la porción de la Sierra del Bálsamo que se localiza en la región se observan problemas de erosión.

1.3 SITUACIÓN SOCIOECONÓMICA

Como veremos a continuación la población asentada en el área de estudio, es en su mayoría rural, esto es un indicador de las condiciones sociales y económicas, ya que en nuestro país la población rural carece de servicios básicos y las condiciones de pobreza son predominantes.

1.3.1 AMBIENTE NACIONAL

En El Salvador la situación de crecimiento poblacional junto con la mala administración de los servicios básicos, crea una situación de desequilibrio en cuanto a las necesidades actuales de la población en sectores como: salud, educación, vivienda, alimentación y trabajo. Siendo estos en los que urgen

políticas por parte del estado, que ayuden a solventar las grandes necesidades de la población.

Es reconocido que hasta 1979, El Salvador registró índices aceptables de crecimiento económico y cierto avance en el desarrollo industrial y comercial. Este proceso se revirtió, con consecuencias negativas durante el lamentable conflicto sociopolítico, particularmente ubicado entre los años 1980 y 1992; de aquí que es aplicable a El Salvador el término “década perdida”, acuñado por algunos especialistas. A partir del año 1991, al implementarse el modelo neoliberal de ajuste estructural y reactivación económica, se produce un sistemático y considerable crecimiento global de la economía que alcanza un umbral hacia 1996 (en el entorno al 6% de crecimiento del PIB); desde entonces, se dan manifestaciones de declinamiento hasta llegar en la actualidad a una estimación de solamente 2% de crecimiento del PIB.

En todo caso, El Salvador sigue claramente definido como País subdesarrollado al considerar integralmente indicadores claves. El ingreso medio por habitante es casi la séptima parte del que registran Países desarrollados. Cerca de 35% de la PEA¹¹; pero, es baja la participación femenina en la producción de bienes y servicios.

El sector primario, en notoria decadencia durante las últimas 2 décadas, sigue siendo gran receptor de población ocupada, aunque con baja productividad. El desempleo global abierto no manifiesta grandes proporciones (en el entorno de 8%); pero, resulta alarmante el subempleo abierto y disfrazado (superior a 40%), más evidente en el gran sector informal de la economía. El ingreso evidencia fuerte concentración, donde diferentes estimaciones indican que poco más del 75% de los hogares salvadoreños percibe solamente el 25% del

¹¹ PEA(Población Económicamente Activa) Aplica en El Salvador el concepto clásico de utilizado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), que la define como la integrada por población con edades de 10 años y más que se encuentran en condición de trabajar, ya sea ocupada o desocupada.

ingreso total. En tiempos de globalización, el parque industrial actual es tecnológicamente deficitario en equipamiento y recursos humanos tecnificados, con pocas opciones de producción y productividad de competitividad internacional.

El sector educativo, aunque con ligeras mejoras en los últimos años, todavía presenta tasas relativamente bajas de escolaridad y alta deserción, particularmente, en zonas rurales y urbanas menores que son la mayoría.

Definitivamente, la seguridad social es de cobertura muy baja (12%); otro tanto ocurre con la salud pública y otros servicios básicos, donde destaca la escasa dotación de agua potable y alcantarillado sanitario.

Desde el punto de vista regional, todavía más del 40% de la población vive en áreas definitivamente rurales en condiciones estructurales deficitarias (calidad de vivienda, subempleo, falta de servicios básicos y buenos caminos de acceso).¹²

1.3.2 ADMINISTRACIÓN.

El Salvador se divide en 14 departamentos y 262 municipios, en los cuales los gobernadores de cada departamento son nombrados por el Gobierno Central de la República, de manera que las gobernaciones de cada departamento tienen un carácter dependiente del Gobierno Central.

Las municipalidades son gobiernos autónomos y los consejos municipales están integrados por el alcalde, tesorero y más de dos miembros del Consejo Municipal.

¹² PNOTD, Sistema Urbano y poblamiento demográfica e información básica municipal, Pág. 4-5

La cuenca del Río Jiboa consta de 35 municipios **anexo VII** de los cuales 16 son atravesados por el canal principal del Río Jiboa. En la **Tabla 1-3** y **Tabla 1-4** se enumeran dichos municipios por departamentos:

Tabla 1-3 Municipios que rodean el canal principal del Río Jiboa

LA PAZ		CUSCATLAN	SAN VICENTE
El Rosario	San Juan Tepezontes	San Cristóbal	Santo Domingo
Jerusalén	San Pedro Masahuat	San Rafael Cedros	Verapaz
Mercedes La Ceiba	San Pedro Nonualco	San Ramón	
Paraíso de Osorio	Santa María Ostuma	Santa Cruz Analquito	
San Antonio Masahuat	Santiago Nonualco		

Tabla 1-4 Otros Municipios que pertenecen a la cuenca Río Jiboa

LA PAZ		CUSCATLAN	SAN VICENTE
San Francisco	San Juan Nonualco	San Pedro Perulapan	Nuevo Tepepetan
San Emigdio	San Luis Talpa	Santa Cruz Michapa	Guadalupe
Tapalhuaca	San Juan Tepezontes	Candelaria	
San Miguel Tepezontes		Cojutepeque	
		El carmen	
SAN SALVADOR			
San Martín	Ilopango	Soyapango	San Marcos
Santo Tomas			

1.3.3 POBLACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO.

El canal principal del Río jiboa abarca 3 departamentos Cuscatlán, San Vicente y La Paz. En el **Anexo VIII** se muestra las generalidades de la población para los municipios que rodean el canal principal del Río jiboa, los datos recopilados

fueron: población rural, población urbana, densidad poblacional para cada municipio¹³ y se presentan datos de población municipal para el año 2000¹⁴.

Como se muestra en el **Anexo VIII**, la mayoría de la población de los municipios que rodea el canal principal del Río Jiboa, vive en zonas rurales con un número de 94,112 personas y 35,961 pertenecientes a la zona urbana, el total de habitantes del canal principal según el último censo de 1992 es de 130,073 habitantes y su proyección para el 2000 fue de 165,799. La población urbana y rural total que se encuentra dentro del canal principal del Río Jiboa representa un 27.65% y 72.35% respectivamente. La población rural, se encuentra diseminada en toda el área de estudio, principal mente alrededor de los mayores centros de población urbana. En el **Anexo IX** se encuentran el resto de municipios que pertenecen a la cuenca del Río Jiboa.

1.3.4 ECONOMÍA

La PEA del área de estudio es de 32,570 personas, que comprende el 24.34% de la población, esta porcentaje es menor que PEA nacional que es del 35 %. La industria predominante en el canal principal del Río Jiboa es la agricultura. La PEA (**Tabla 1-5**) dedicada a la agricultura fue 19,022 personas (en su mayoría hombres) esto corresponde al 59.22% de la PEA del área, que es superior al promedio nacional de 35.5%. Esta diferencia se debe principalmente a que los municipios de la zona de estudio pertenecen en su mayor parte a San Vicente y La Paz, los cuales se sustentan principalmente por el sector agrícola¹⁵.

La PEA masculina en las áreas rurales, es casi totalmente agrícola. Mientras tanto, la PEA femenina en cualquiera de los municipios que comprende la zona de interés es absorbida por el sector comercial. De acuerdo con el Censo, no toda la PEA agrícola está constituida por los productores. Pueden estar

¹³ (Documentos elaborados por el DIGESTIC que pertenecen al censo realizado en 1992)

¹⁴ PNODT, Sistema Urbano y poblamiento demográfica e información básica municipal

¹⁵ (Documentos elaborados por el DIGESTIC que pertenecen al censo realizado en 1992)

involucrados en actividades como administrador u oficinista de plantaciones, ingenieros agrícolas, etc. Se puede clasificar la PEA agrícola en productores calificados en agricultura, ganadería o pesca y en mano de obra no calificada. El segundo está constituido, en su mayoría, por los campesinos sin terreno propio, jornaleros, trabajadores temporales, etc.¹⁶

En la **Tabla 1-5** se muestra los sectores productivos del área de estudio y la PEA por género dedicada a cada sector.

Tabla 1-5 PEA ocupada por rama de actividad y sexo en los 16 municipios visitados

SECTOR	Mujeres	Hombres	Total
Agricultura	750	18272	19022
Industria	1258	3111	4369
Servicios	1621	2607	4228
Comercio	1619	1419	3038
Servicio domestico	894	64	958
Otros	137	366	503
Total	6279-19.55%	25839-80.45%	32118-100%

Fuente: Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTIC)

1.3.5 SERVICIOS BÁSICOS

A continuación se reportan los servicios básicos con los que cuentan los pobladores de la región en estudio.

1.3.5.1 ELECTRIFICACIÓN.

La capacidad de generación de energía eléctrica en El Salvador es débil en términos de competitividad con respecto a otros Países. Según un estudio que realizó el Departamento Regional de la Organización de Las Naciones Unidas (OEA) en conjunto con el desaparecido CONAPLAN (Consejo Nacional de Planificación y Coordinación Económica) en el año 1974, la electrificación en el área rural constituía para entonces un importante factor de desarrollo agropecuario no solo desde el punto de vista económico en el eficiente proceso de producción sino que también y sobre todo, constituía un importante aspecto social de la retención de la mano de obra rural en las áreas de producción.

¹⁶ KOKUSAIKOGYO CO. LTD TOKIO JAPON

Para la zona de estudio se conoce por medio de datos censados por la Dirección General De Estadísticas Y Censos (DIGESTYC) que dentro de la zona existen 207 caseríos de los cuales 57 no poseen servicio de electricidad.

1.3.5.2 ALCANTARILLADO

En lo que respecta a este servicio, de los 262 municipios del País (las cabeceras de municipio están catalogadas como áreas urbanas) el ANDA (Administración Nacional De Acueductos y Alcantarillados) únicamente tiene competencias en 82 de ellos (30%) en lo relacionado al saneamiento de aguas.

La poca cobertura de la Institución responsable contribuye a elevar la contaminación hídrica en cauces y acuíferos y como principal efecto negativo de esta deficiencia, el aumento de riesgos para la salud pública es considerable¹⁷.

La situación de la disposición final de las excretas en los municipios que rodean el canal principal del Río Jiboa, constituyen una situación de críticas dimensiones, debido a que existen 6652 viviendas equivalentes al 27.9% (**Tabla 1-6**) que no cuentan con un lugar adecuado para realizar sus necesidades fisiológicas, constituyéndose en focos de contaminación y proliferación de enfermedades gastrointestinales que afectan la salud de la población.

Otro grave problema que afecta los municipios del área de estudio, es la evacuación final de las aguas residuales contaminantes, constituye un efecto nocivo para la salud de la población, ya que existen 21,353 viviendas equivalentes al 89.56% no cuentan con un lugar adecuado para vaciar esta agua, lo que implica que el libre recorrido de ellas contaminan mantos

¹⁷ PNOTD SISTEMA URBANO Y POBLAMIENTO MEDIO RURAL, pag 39

acuíferos, fuentes de aguas y ríos, de donde se abastecen de agua un alto porcentaje de la población, además la deficiencia de sistemas de alcantarillado producen erosiones y formación de ahuecamientos y charcos, donde se crían moscas y zancudos que producen enfermedades epidémicas.

Tabla 1-6 Salubridad y saneamiento para los municipios involucrados

MUNICIPIO	VIVIENDAS – SERVICIOS SANITARIOS		VIVIENDAS - DESAGÜE		VIVIENDAS POR MUNICIPIO
	NO CONTAMINANTES	CONTAMINANTES	NO CONTAMINANTES	CONTAMINANTES	
Rosario de la paz	1568	436	408	1596	2004
Verapaz	959	228	78	1109	1187
Sn Ramón	725	115	47	793	840
Sn pedro masahuat	3040	1594	357	4277	4634
Sta Cruz Analquito	429	65	131	363	494
Sn Juan Tepezontes	473	203	34	642	676
Sto. Domingo	1038	235	251	1022	1273
Santiago Nonualco	4470	1782	736	5516	6252
Sta Maria Ostuma	832	358	39	1151	1190
Jerusalén	314	117	12	419	431
Paraíso de Osorio	546	134	35	645	680
Sn Cristóbal	664	547	78	1133	1211
Sn Antonio Masahuat	472	349	34	787	821
Sn Pedro Nonualco	1558	443	247	1754	2001
Mercedes La Ceiba	102	46	2	146	148
Total	17190	6652	2489	21353	23842
Porcentaje	72.10%	27.90%	10.44%	89.56%	100%

Fuente: Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTIC)

1.3.5.3 ABASTECIMIENTO DE AGUA.

Tradicionalmente, en El Salvador los servicios de agua potable y saneamiento han sido brindados por el Estado, a través del gobierno central y, en menor proporción, por los gobiernos municipales. Según la EHPM¹⁸ de 2002, el 24% de los hogares del País carece de acceso a agua por cañería y se abastecen por medio de pipa, pozo, ojo de agua, etc. (**Tabla 1-7**). A pesar de no recibir agua por cañería, la mayoría de estos hogares (71%) opina que el agua es adecuada para beber. Un 13% dice no hacer nada para purificarla, a pesar de

¹⁸ Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples

que no creen que la fuente sea confiable. En total, 18% de los hogares están bebiendo agua que proviene de fuentes no seguras y no hacen nada para purificarla.¹⁹

Tabla 1-7 Acceso a agua por clase de fuente, opinión sobre la potabilidad del agua y prácticas de purificación (en porcentajes). Año 2002.

Fuente	Total	Urbana	Rural
Agua por cañería	76	93	47
Otras fuentes	24	7	53
Cree que es buena para beber	71	60	74
No cree que es buena para beber	29	40	26
Hace algo para purificarla	87	91	86
No hace nada para purificarla	13	9	14

Fuente: Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTIC)

Según datos del DIGESTYC los municipios que rodean el canal principal del Río Jiboa no poseen un abastecimiento de agua adecuado. El abastecimiento de agua en condiciones mínimas de potabilidad para uso y consumo doméstico, alcanza a cubrirse en un 19.05% equivalentes a 4,543 Viviendas (**Tabla 1-8.**)

El problema central lo constituye la forma de acceso, lo cual determina la cantidad y el tiempo consumido en obtenerla, y como resultado de la combinación de estos factores, los niveles de salud de las familias, en función de su calidad (potabilidad), esta problemática está concentrada en el 80.95 equivalente a 19,299 viviendas, cuyas familias se abastecen de otras fuentes tales como pozos, ríos, manantiales y otros, en los cuales el agua no tiene control sanitario ni clorificación, lo cual representa un alto riesgo de contraer enfermedades, que afecten la salud de la población influyendo en la calidad de vida.

¹⁹ PNOTD, Sistema Urbano Y Poblamiento Medio Rural, pag 37

Tabla 1-8 Disposición del agua para los municipios

Municipio	Cañería	pozo	Río	Manantial	otros	Viviendas por municipio
Rosario de la paz	522	1052	25	116	289	2004
Verapaz	270	333	278	174	132	1187
San Ramón	158	237	253	192	0	840
San pedro Masahuat	627	3335	241	324	107	4634
Sta Cruz Analquito	132	132	156	42	32	494
Sn. Juan Tepezontes	60	45	69	495	7	676
Sto. Domingo	471	221	254	234	93	1273
Santiago Nonualco	1278	2341	1141	1037	455	6252
Sta Maria Ostuma	78	275	600	226	11	1190
Jerusalén	36	102	75	192	26	431
Paraíso de Osorio	214	150	67	76	173	680
San Cristóbal	63	37	560	537	14	1211
San Antonio Masahuat	155	128	18	369	151	821
San Pedro Nonualco	465	145	593	424	374	2001
Mercedes La Ceiba	14	70	3	59	2	148
Total de viviendas	4543	8603	4333	4497	1866	23842
Porcentaje	19.05	36.08	18.17	18.86	7.83	100.00

Fuente: Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTIC)

1.3.5.4 SERVICIOS DE SALUD.

Dado que la producción social de salud está estrechamente ligada al desarrollo íntegro de toda la sociedad, entonces se puede afirmar con certeza que el servicio de salud depende tanto del desarrollo y crecimiento económico como del desarrollo social, político, cultural y ecológico añadiendo las consecuencias directas de los graves problemas de salud que sufre el País como la deficiencia de los servicios público municipales como el abastecimiento domiciliario del agua, la inoperancia en los sistemas de alcantarillado y el incremento de la producción de los desechos sólidos unido a la falta de sitios para depositarlos recurriendo las municipales a deponerlos en botaderos (a veces ilegales) lo que incrementa de manera peligrosa los riesgos de contaminación.

Muchas personas en el área rural pese a sus condiciones de pobreza acuden en última instancia a los servicios de salud privados. Según la encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples 2000, del total de personas del área rural, el

1.3% de ellos acudieron a un hospital o clínica particular y la mayor parte de personas con ingresos menores de 400 colones, de ellos 0.5% acudieron a hospital o clínica particular. Esto revela que incluso la gente bajo en umbral de pobreza extrema acude en algún momento a los servicios privados de salud.

El servicio de salud en los municipios que rodean el canal principal del Río Jiboa, no satisface las necesidades de la población, según los datos recopilados por el DIGESTYC, los municipios poseen en general una unidad de salud, el problema es para los cantones aledaños a las zonas urbanas ya que existen cantones en los que los habitantes tienen que caminar distancias de 9 km para llegar la unidad de salud mas cercana.

2 UBICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES Y DISEÑO DE UNA RED DE PUNTOS DE MUESTREO PARA EL CANAL PRINCIPAL DEL RÍO JIBOA

Para la ubicación de puntos de monitoreo de agua en los ríos es necesario que se conozcan las fuentes contaminantes y contar con una metodología confiable para realizar la ubicación de dichos puntos, para esto se hizo un reconocimiento por medio de giras de campo, combinado con un método matemático utilizado para encontrar un punto característico del área de estudio en cuanto su calidad del agua.

En este capítulo hablaremos acerca de los usos del agua, ubicación de las fuentes contaminantes en el canal principal del Río Jiboa y la metodología seguida para localizar una red de puntos de toma de muestra.

2.1 USOS DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES²⁰

El uso del agua es un término administrativo, definido por el Reglamento de Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (RAPAPH) de España, como: "las diferentes clases de utilización del agua según su destino".

Los usos del agua más habituales son los siguientes:

- a) Usos domésticos*
- b) Usos industriales*
- c) Usos agrícolas*
- d) Usos energéticos
- e) Usos recreativos
- f) Navegación fluvial
- g) Usos medioambientales
- h) Piscicultura y/o acuicultura*

*En el canal principal del Río jiboa son los usos más comunes.

²⁰ BALAIRON PEREZ

2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS USOS DEL AGUA

Los usos del agua admiten, fundamentalmente, dos clasificaciones: las que atienden a que haya o no consumo de agua en el uso y los clasifica en consuntivos y no consuntivos; y las que los clasifica en prioritarios y secundarios según la necesidad del agua para lograr el fin demandado.

2.1.1.1 USOS CONSUNTIVOS Y NO CONSUNTIVOS

Es la clasificación más generalizada de los usos del agua, Según ella, los usos consuntivos son los que extraen el recurso de su ubicación natural, lo utilizan para sus fines (industriales, agrícolas o domésticos) y luego lo vierten en un sitio diferente, reducido en cantidad y con una calidad distinta. Por el contrario, los usos no consuntivos no requieren sacar el agua de su lugar natural ni modifican el recurso ni en cantidad ni en calidad.

De los usos del agua más habituales indicados anteriormente, los usos domésticos, industriales y agrícolas serían consuntivos, frente a los energéticos (o hidroeléctricos), recreativos o de navegación que serían no consuntivos.

2.1.1.2 USOS PRIORITARIOS Y SECUNDARIOS

Según esta clasificación los usos del agua se dividen en los que necesitan de manera imprescindible del recurso agua para su fin (usos prioritarios) y en los que dicho fin podría lograrse mediante otros recursos (usos secundarios). A los usos prioritarios les caracteriza, por tanto, la falta de alternativas que gira en torno a ellos para satisfacer dichas necesidades. Así, los usos domésticos, industriales y agrícolas serían prioritarios, y los energéticos o de navegación, secundarios (ya que las necesidades energéticas o de transpone pueden satisfacerse mediante otros recursos).

Por lo tanto en el canal principal del Río Jiboa se estudiarán únicamente los problemas causados por los usos consuntivos y prioritarios los cuales tienen un impacto directo en la calidad y cantidad del agua del área de estudio.

2.2 CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HIDRICO

El uso agua produce como resultado impactos que alteran sus características, a su vez, las aguas servidas son descargadas al suelo o cuerpos naturales de agua. El vertimiento de aguas residuales de poblaciones e Industrias, agua de retomo de riego, desechos líquidos de explotaciones intensivas de animales y agua caliente de sistemas de enfriamiento produce cambios en las características de las aguas receptoras que desmejoran la calidad del agua²¹.

La contaminación del agua en El Salvador se profundizó durante las últimas décadas y pasó a constituir un problema generalizado para la población y los ecosistemas.²²

En 1982, el PLAMDARH²³ publicó los resultados del análisis de los principales problemas de contaminación de las aguas del país, señalando la evacuación de los vertidos industriales y municipales como las principales causas. De hecho, en todas las regiones hidrográficas del país se encontraron problemas de contaminación bacteriológica, por lo que el PLAMDARH recomendaba la descontaminación previa para usar el agua con fines domésticos.

2.2.1 LEVANTAMIENTO DE FUENTES CONTAMINANTES

Las fuentes de contaminación en el canal principal del Río Jiboa pueden dividirse en dos grandes categorías:

2.2.1.1 FUENTES NO PUNTUALES

Las fuentes no puntuales se caracterizan por el origen disperso de la descarga. Esto quiere decir que no es posible relacionar la descarga con un lugar específico y definido. Además, la fuente puede ingresar al Río por escorrentía, como es el caso de las descargas agrícolas y vertidos domésticos.

DE ORIGEN DOMÉSTICOS

²¹ La calidad del agua se define como: el conjunto de características físicas, químicas y biológicas del agua en su estado natural o después de ser alteradas por la acción del hombre.

²² Nelson Cuellar

²³ PLAMDARH Plan Maestro De Desarrollo y Aprovechamiento De Los Recursos Hídricos

Este grupo incluye vertidos de viviendas que no están conectadas a un sistema de drenaje común. Son vertidos que generalmente son descargados al lado o cerca de las viviendas donde se generan. Para las familias que no cuentan con acceso a agua potable, el lavado y el baño tiene lugar en la fuente de agua más cercana (río o nacimiento).

Los vertidos domésticos que no están tratados apropiadamente, son fuentes de difusión de bacterias, virus patógenos, compuestos tóxicos, material orgánico y sales nutrientes, los cuales pueden contaminar el agua superficial por arrastre y el agua subterránea por infiltración.

Se pueden dividir las fuentes domésticas de contaminación, según la actividad humana:

Excretas (heces y orina): Contaminan con bacterias, virus, amebas, material orgánico y sales nutrientes. La situación de disposición final de las excretas constituye una situación de críticas dimensiones en el área de estudio ya que el 27.90% de las viviendas no poseen un lugar adecuado para realizar sus necesidades fisiológicas, por lo que las hacen al aire libre constituyéndose en un foco de contaminación. Todos los tipos de excretas son fuentes de contaminación de bacterias, material orgánico y sales nutrientes. Las bacterias fecales pueden provocar enfermedades, el material orgánico y las sales nutrientes en grandes cantidades, dañan la vida acuática.

La disposición de excretas en la cuenca se realiza por medio de Letrinas de tipo fosa y al no contar con ellas, generan los focos de contaminación en las cercanías de los ríos.

Lavado y baño: Contamina con cloro, fosfatos, material orgánico y enzimas. Debido a la escasez del servicio de agua potable estas actividades se realizan directamente en los ríos de la región. Los productos utilizados para la limpieza pueden clasificarse según el pH en básicos, ácidos y neutrales. Los ácidos y

neutrales sirven para quitar manchas de grasa y polvo, mientras que los básicos quitan cal. Los 3 grupos de componentes principales son:

- Compuestos activos de superficie (para quitar grasa)
- Compuestos que disuelven cal
- Compuestos ayudantes, como por ejemplo disolventes, bases, desinfectantes, colorantes y conservantes

Los productos más comunes usados en el área de estudio son:

Los Detergentes sobre todo productos que aunque la bolsa indica que la formula es biodegradable, contiene varios compuestos dañinos para el medio ambiente, como fosfatos, cloro, y enzimas. El Jabón contiene sobre todo grasa animal y vegetal (contaminación orgánica), más una base para disolver grasa, perfume y colorante. La Lejía contiene cloro, que es un veneno fuerte para todas formas de vida.

Las viviendas que tienen agua potable o acceso a chorro comunal, descargan los vertidos de lavado y baño directamente a canales improvisados, que generalmente terminan cerca de la casa, si no llegan a un barranco o una quebrada cercana. Las viviendas localizadas cerca del Río usan canales improvisados, que desembocan directamente en el río. Estos canales sirven tanto para una familia, como para grupos de viviendas.

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. Aquellas familias que tienen acceso a agua potable o a chorros comunales, sólo utilizan los ríos y nacimientos cuando se producen cortes en el servicio. Las familias que no gozan de agua potable se ven obligadas a acudir a los ríos y nacimientos, para lavar, bañarse y beber.

Las familias que no tienen letrinas están forzadas a hacer sus necesidades en el campo con mayor riesgo de provocar contaminación.

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 escorrentías al Río Jiboa.

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 Jiboa 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 Formula y el abono simple. El abono compuesto Formula es una mezcla de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K) por ejemplo, 20-20-0 que significa que el abono contiene 20% N, 20% P y 0 % K. Para los cultivos de maíz, maicillo y frijón la mezcla usada en la cuenca es 16-20-0 ó 20-20-0. Para el cultivo de café es 20-20-0. Los suelos de origen volcánico normalmente no necesitan aplicaciones de potasio. El abono simple (sulfato de amonio) contiene aproximadamente 21% de nitrógeno.

Los cultivos de café, maíz y maicillo son los que ocupan más terreno en la cuenca. El uso de abono químico es muy común especialmente para el cultivo de maíz las cantidades aplicadas representan para los agricultores un alto gasto por la compra de abono. Los campesinos de escasos recursos económicos en los cantones de la cuenca usan relativamente pequeñas cantidades de abono químico lo que ha permitido un moderado uso de abono químico.

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 eliminar²⁴.

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. En la **Tabla 2-1** se muestran las características de los plaguicidas usados en la cuenca y en la **Tabla 2-2** se presentan los Agroquímicos utilizados en los cultivos de la Cuenca del Río Jiboa.

Tabla 2-1 CARACTERISTICAS DE PLAGUICIDAS USADOS EN LA CUENCA

NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	TIPO	TOXICIDAD	COMENTARIOS
Gramoxone	Organoclorado (Paraquat)	Herbicida	Ib:Plaguicida altamente peligroso	Esta en la lista de la ONU entre los 17 más peligrosas plaguicidas en el mundo. Prohibido en muchos países por su alta toxicidad y el riesgo de acumulación.
Thiodan	Organoclorado (Endosulfan)	Insecticida	II:Plaguicida moderadamente peligroso	Esta prohibido en la mayoría de los países de la Unión Europea por la toxicidad para peces. En otros países el uso es muy restringido
Tamarón	Órgano fosforado (Methamidophos)	Insecticida	Ib: Plaguicida altamente peligroso	
Volaron	Órgano fosforado (Phomix)	Insecticida	Ib-II: Plaguicida altamente peligroso y moderadamente peligroso	
Lagnate	Carbamato (Zineb)	Fungicida	III: Plaguicida ligeramente tóxico	Esta bajo sospecha en Estados Unidos
Hedanol	Phenoxy acetic acids (MCPA)	Herbicida	III: Plaguicida ligeramente tóxico	MCPA esta prohibido en la mayoría de los países de la Unión Europea y substituido por MCPP
Bayleton	(Triadimefon)	Fungicida	III: Plaguicida ligeramente tóxico	

Fuentes: Managing Pests and Pesticides in small scale agriculture, M. Herens, Holanda, 1992

²⁴ Diccionario Ecológico, Oscar A. Molina, San Salvador, 1996

Gramoxone: El paraquat normalmente es absorbido e inactivado por las partículas de tierra. Pero, en tierras con deficiencias de minerales y con un alto nivel de humus se puede sobrepasar fácilmente el nivel de absorción.

Es peligroso para animales que consumen las plantas poco después de la aplicación, tóxico para abejas.

Thiodan: El producto es muy tóxico para peces y otros organismos acuáticos. 100 gramos por hectárea causa la desaparición de todos los peces. Altamente tóxico para pájaros y abejas. Acumulación: Comparado con otros organofosforados se descompone relativamente rápido

Lagnate: Los pájaros que comen el producto ponen huevos infértiles. No es peligroso para abejas. Ningún efecto acumulativo en tejido y en la cadena alimenticia.

Hedanol: MCPA es bastante tóxico para pájaros, pero menos peligroso para peces que Thiodan. Se descompone relativamente rápido en la tierra.

Tabla 2-2 AGROQUIMICOS UTILIZADOS EN LA CUENCA DEL RIO JIBOA

CULTIVO	FERTILIZANTES DE SUELO	FERTILIZANTES FOLIARES	PLAGUICIDAS	HERBICIDAS	FUNGICIDAS
Temporales Maíz Frijoles Maicillo pipían	*Formula 16-20-0 *Sulfato de amonio Urea (fríjol) *Gallinaza (maíz) *Triple 15	*Baifolan (fríjol) *Triple 20 (fríjol)	*Marchal (semilla) *Tamaron (cuando nace el maiz) *Folidol+Lagnate (cuando nace el maiz) *Volatón (cogollo)	*Gramoxone *Gexapín	
Cultivos Permanentes	*Blaucoir (guisquil) *Gallinaza (maíz) *Formula 16-20-0	*Baifolan (naranjos)	*Tamaron (avispa) *Lagnate (chinche) *Volatón (Zompopos)	*Ditane *Manzate	
Hortalizas	*Formula 16-20-0 *Sulfato de amonio *Gallinaza *Triple 15	*Baifolan (naranjos) *Complestal *Elosal	*Monarca (gusanos y abejas) *Folidol *Lagnate (chinche)	*Gramoxone antes de la siembra	*Metasisto *Titane *Melanzate

Fuentes: Base de datos (Fundación Salvadoreña Para La Reconstrucción Y El Desarrollo) REDES (2002)

2.2.1.2 FUENTES PUNTUALES

Las puntuales son aquellas que cuentan con un punto de descarga bien definido y pueden ser continuas y discontinuas. Una descarga determinada puede localizarse e identificarse por una tubería o grupo de tuberías. Los dos grupos principales de fuentes puntuales son:

- *Los vertidos municipales:* Todos los residuos que llegan a un sistema de drenaje común (municipal) Este tipo es normal en zonas urbanas.
- *Los vertidos industriales y agroindustriales:* Son residuos producto de la incorporación a procesos industriales en los cuales se dan las descargas al cuerpo receptor previo a uno o ningún tratamiento.

VERTIDOS MUNICIPALES

Los sistemas de drenaje común descargan a ríos y quebradas aguas residuales, tanto industriales como domesticas en forma cruda, sin ningún tratamiento, siendo esta situación causante del alto nivel de contaminación que presentan los ríos, aguas abajo de las ciudades principales.

Según datos del DIGESTIC (1992) solamente el 10.44% de la población del canal principal del Río Jiboa posee cobertura de alcantarillado. 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. Asimismo una menor proporción es quemada o enterrada.

VERTIDOS INDUSTRIALES Y AGROINDUSTRIALES

En la cuenca del Río Jiboa no existen centros industriales localizados, sino que las industrias se ubican de forma dispersa dentro de las zonas urbanas de la región, en este apartado se hace énfasis en los vertidos industriales que realizan sus descargas directamente al Río Jiboa o alguno de sus tributarios.

Las industrias identificadas por las visitas de campo se dividen en:

- Industrias que vierten desechos debido a la naturaleza del proceso.
- Industrias que explotan el recurso fluvial.

Dentro de las industrias que vierten desechos en el área de estudio se encuentran 3 tipos diferentes:

I. Beneficiado Húmedo de Café:

En la actualidad la mayor parte de Beneficios han cerrado y los que continúan trabajando disponen de sus aguas mieles en lagunas de oxidación por lo que se considera como una agroindustria que no descarga sus desechos.

II. Rastros:

Los rastros municipales en el área de estudio no presentan actualmente problemas grandes de contaminación, debido a que los volúmenes de producción son bastante bajos, sin embargo; en forma ilegal existen un gran numero de rastros particulares a nivel domestico, lo que no permite mayor concentración en los municipales. Se localizan 2 de estos los cuales descargan sus desperdicios en ríos tributarios al Río Jiboa.

III. Beneficiado de arroz (precocido):

En el beneficio de arroz de la zona se procesa el arroz blanco, fríjol y sopa de garrobo. Esta última produce grandes cantidades de agua de lavado (no reportadas), conducidas por canaletas a una trampa de grasa, fosa séptica y finalmente a un pozo de infiltración evitando la descarga a tributario cercano.

También tenemos dentro del área de estudio Industrias que explotan el recurso fluvial Estas industrias tienen gran impacto al Río:

Dentro de estas industrias se encuentran 14 industrias las que extraen material pétreo en la cuenca del Río Jiboa, como consecuencia alteran ciertas condiciones físicas químicas, provocadas por efectos mecánicos liberando

compuestos tóxicos y otros convencionales desde los sólidos suspendidos y el sedimento en el fondo del cuerpo de agua.

Regularmente el término sedimentos, involucra al material suspendido que está en la columna de agua y al depositado en el lecho del río. Estos juegan un importante rol en el mantenimiento de la calidad del agua, debido a la capacidad asimilativa de los mismos para ligar, inmovilizando en ocasiones en forma casi permanente a metales pesados, herbicidas y plaguicidas. Desde un punto de vista biológico la continua sedimentación de partículas orgánicas e inorgánicas ocasiona un efecto selectivo que repercute en la ecología del río. La existencia de sedimentos contaminados, constituye en algunos casos una amenaza potencial que afecta los usos previstos de la fuente en cuestión, pese a las restricciones que se hallan impuesto para controlar las descargas contaminantes puntuales

La explotación del recurso puede tener como resultado desbordamientos hasta desastres como los ocurridos durante la tormenta tropical Mitch y los terremotos del 2001. Los consultores ambientales entrevistados por Vértice²⁵ concluyen que la explotación del canal principal del Río Jiboa puede causar mucho daño debido a que “la topografía de dicha cuenca es algo plana, el cauce natural puede ser alterado y, por el tipo de suelo, puede seguir erosionando”. La zona es vulnerable a un desastre.

Para identificar las principales fuentes de contaminación puntual, se realizó una investigación de campo que consistió en las visitas a los municipios de la zona de estudio, identificando las fuentes de contaminación. Además se realizó una investigación bibliográfica que recopila la información existente, resumiéndose en el Mapa de fuentes contaminantes Puntuales (**Figura 2-1**).

²⁵ Vértice: revista del Diario de Hoy publicación el 8 Febrero 2004.

MAPA DE FUENTES CONTAMINANTES EN EL CANAL PRINCIPAL DEL RIO JIBOA

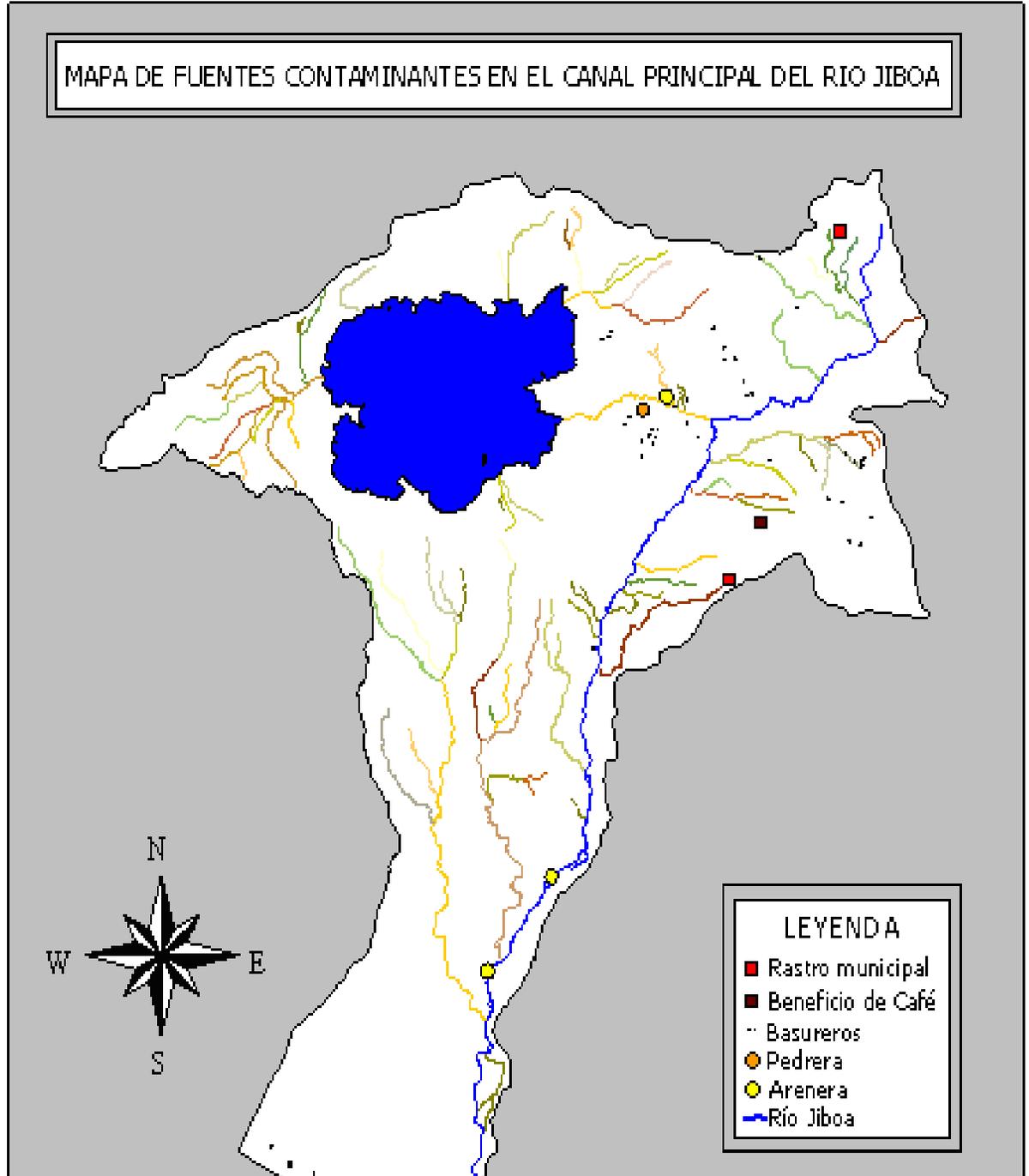


Figura 2-1 MAPA DE FUENTES CONTAMINANTES

Fuente: REDES Y Visitas de campo

2.3 DISEÑO DE UNA RED DE PUNTOS DE TOMA DE MUESTRA

La localización del punto de muestreo es un factor clave que puede determinar la validez de la información que se pretende inferir, a través del análisis de las muestras colectadas en la misma:

Pueden definirse tres niveles en el proceso de selección de los puntos de toma de muestra:

1. Aproximación mediante la macrolocalización o tramos del río que son representativos del nivel de calidad del canal principal del Río Jiboa.
2. La microlocalización que implica la ubicación dentro del tramo precedente, de la estación de muestreo.
3. Selección final de los puntos de toma de muestras, que van a dar un valor representativo del área de muestreo (por ejemplo de toda la sección transversal del tramo del río en cuestión o columna de agua en un cuerpo lacustre).

Es necesario que la metodología seguida para seleccionar los puntos de muestra no dependa de puntos de vista personales, sino que este fundamentado en el muestreo preliminar.

Esto se visualiza mejor luego, mediante técnicas para caracterizar por ejemplo la carga de contaminantes aportada por determinado río hasta una zona determinada de la cuenca, o para comparar las de diferentes sectores por las que circula un río.

La microlocalización de puntos de muestreos se halla más vinculada al tema de lograr un punto de toma óptimo, donde la mezcla respecto a los Contaminantes de interés sea perfecta, es decir que el tramo o zona seleccionada posea homogeneidad, esto es en función de aspectos hidrológicos y geomorfológicos del cauce y el objetivo que se busca es caracterizar la zona mediante un mínimo de muestras simples.

La última fase consiste en definir exactamente el, o los puntos de toma en la transecta²⁶, que cuando se opera en ríos, estos aporten un dato válido para evaluar tanto el nivel de concentración medio, como el flujo másico de los Contaminantes de interés. Esta fase dependerá de los resultados obtenidos en las muestras recogidas en los diferentes tributarios, es decir luego de encontrar el centroide, que a partir del cual se escogerán los puntos de muestreo.

2.3.1 MACROLOCALIZACIÓN.

La macrolocalización consiste en la ubicación de un punto llamado centroide, este punto caracteriza a los diferentes tramos del río, en función a caudales y carga contaminante de sus tributarios, el método consiste en la toma de muestra para realizar los análisis de DBO₅ al mismo tiempo efectuar mediciones insitu de cantidad de agua (q_i) en los ríos tributarios. Antes de la medición de los parámetros, se tiene que seleccionar el punto adecuado para efectuar el muestreo, este será aquel en el que los parámetros de conductividad y temperatura sean homogéneos y el caudal no presente turbulencia. El aporte de un nuevo tributario implica un aporte de su carga natural y la derivada de las fuentes puntuales que recibe, este flujo másico se adiciona al ya circulante en el curso principal.

Debe existir un criterio técnico consensuado por todos los interesados en los usos prioritarios, respecto a la escala de mapas a emplear para esta selección y para definir cuando un tributario es relevante por su aporte ya sea desde el punto de vista hidráulico y/o de flujo másico de un Contaminante (contaminantes) en particular, es decir, cuando la carga orgánica (DBO₅), sea significativa.

²⁶ Sección transversal del río.

Luego de los resultados de la DBO_5 y cantidad de agua (q_i), se efectúa el producto de estos dos parámetros obteniendo la carga de los Contaminantes para cada uno de los tributarios, se efectúa después la suma acumulada en cada tramo del río, el valor del tramo final es dividido entre dos, en donde se obtiene el valor del centroide o zona clave que caracteriza el canal principal del Río Jiboa (**ver Ecuación 2-1**).

El método se ilustra en la siguiente figura.

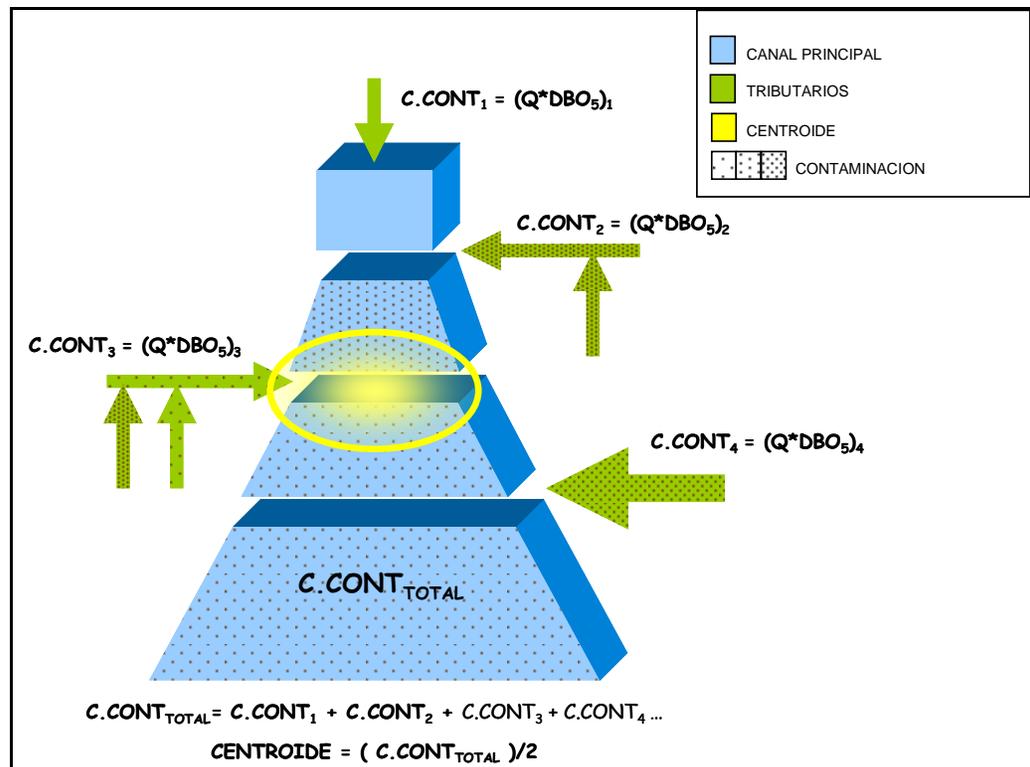


Figura 2-2 Ilustración del cálculo del centroide

Fuente: Ilustración de diseño propio

Este valor puede que no halla sido citada explícitamente en el mapa, o croquis que detalla los diferentes aportes al Río, habilitando el uso del criterio personal de los encargados del estudio para la elección del tramo a muestrear.

$$CENTROIDE = \frac{\sum_{i=RIO_{inicial}}^{RIO_{tributario}} DBO_5 * Q_i * 86.4}{2} = \left[\frac{kg \ DBO_5}{dia} \right] \quad (2-1)$$

Fuente: Diseño de redes de monitoreo, estadísticas, precisión de las determinaciones analíticas, control de calidad.
Programa Desarrollo Institucional Ambiental Control de Contaminación Industrial .

Para encontrar el centroide primeramente se consultaron mapas topográficos por medio de los cuales seleccionamos los accesos que nos facilitarían la toma de muestras a los tributarios, luego de esto realizamos un reconocimiento de campo para validar los tributarios seleccionados.

Según la metodología la naciente del Río debe de tomarse como el primer tributario a medir, se hizo la visita al municipio de San Rafael Cedros en donde llegamos a la naciente que estaba ubicada dentro del mapa, lastimosamente no existe un caudal necesario para realizar las mediciones de cantidad de agua (q_i), por lo que se siguió el curso del Río hasta llegar al cantón Los Rodríguez, en donde, según los mapas consultados, el Río ya ha sido alimentado por los Ríos el Júcaro y el Cuchata²⁷ (los cuales no pudieron ser constatados debido a la topografía del terreno), antes de la desembocadura del Río Grande (El cual sería el segundo tributario), también nos encontramos con algunos tributarios que fueron seleccionados como puntos de muestras, pero que actualmente son quebradas secas. Después de las visitas de reconocimiento a los puntos de muestras, los tributarios seleccionados para el análisis preliminar se muestran en la **Figura 2-3**.

²⁷ En el anexo VII, se pueden ver los ríos tributarios que pertenecen a la cuenca del Río Jiboa

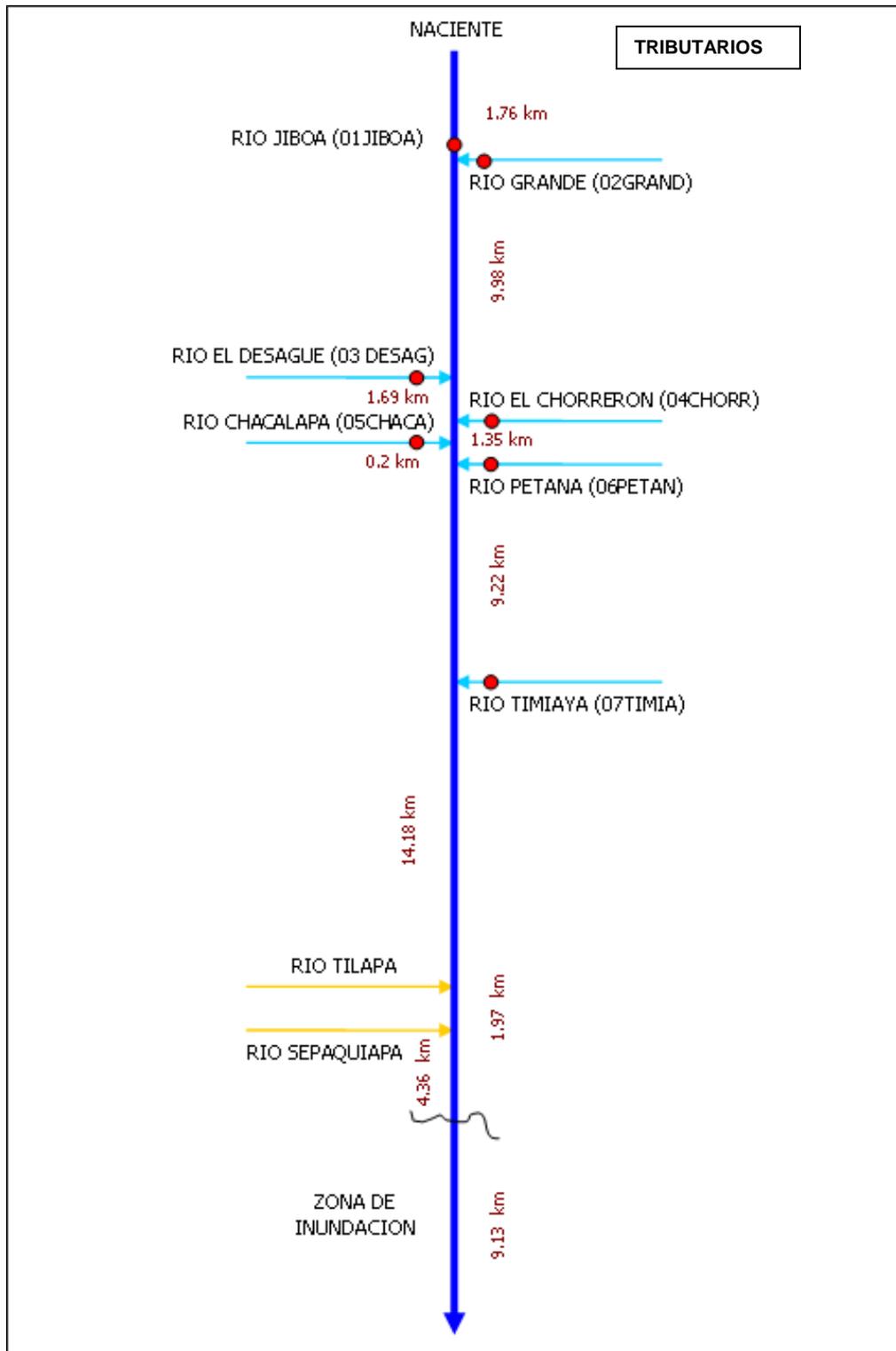


Figura 2-3 UBICACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO PRELIMINAR

En la **Tabla 2-3** se presentan los resultados de la DBO₅ y caudales de los tributarios muestreados preliminarmente, dichas muestras se analizaron en el laboratorio del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

Tabla 2-3 Resultados de la masa contaminante volcada al Río Jiboa

Tributarios muestreados	DBO₅ (mg O₂/L)²⁸	CAUDAL (m³/s)²⁹	Carga aportada (kg/día)	Carga acumulada por tramo (kg/día)
01 JIBOA	2	0.062	10.7136	10.7136
02GRAND	1	0.01	0.864	11.5776
03DESAG	5	0.039	16.848	28.4256
04CHORR	1	0.202	17.4528	45.8784
05CHACA	1*	0.048	4.1472	50.0256
06PETAN	1	0.033	2.8512	48.7296
07TIMIA	1*	0.023	1.9872	50.7168

*Valores Estimados

Los resultados obtenidos permiten observar que la carga de la DBO₅ aportada por los ríos tributarios, no es significativa como para considerar que estos Ríos son una fuente de contaminación orgánica que pueda afectar el canal principal (según la norma Salvadoreña³⁰ proporcionada por el Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).³¹

El valor del centroide calculado con la **Ecuación 2-1** fue de 25.36 Kg/día, y se ubica en el tramo ubicado después del Río El Desagüe y antes del Río El Chorreron, como se observa en la **Figura 2-4**.

²⁸ En el anexo X se muestra el certificado de laboratorio del SNET

²⁹ Se muestran la metodología para el cálculo del caudal por El método de Aforo por vadeo ver anexo XI

³⁰ Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor. Valor máximo permisible para aguas domesticas y para aguas industriales una DBO de 30 mg/L y 200 mg/L respectivamente.

³¹ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

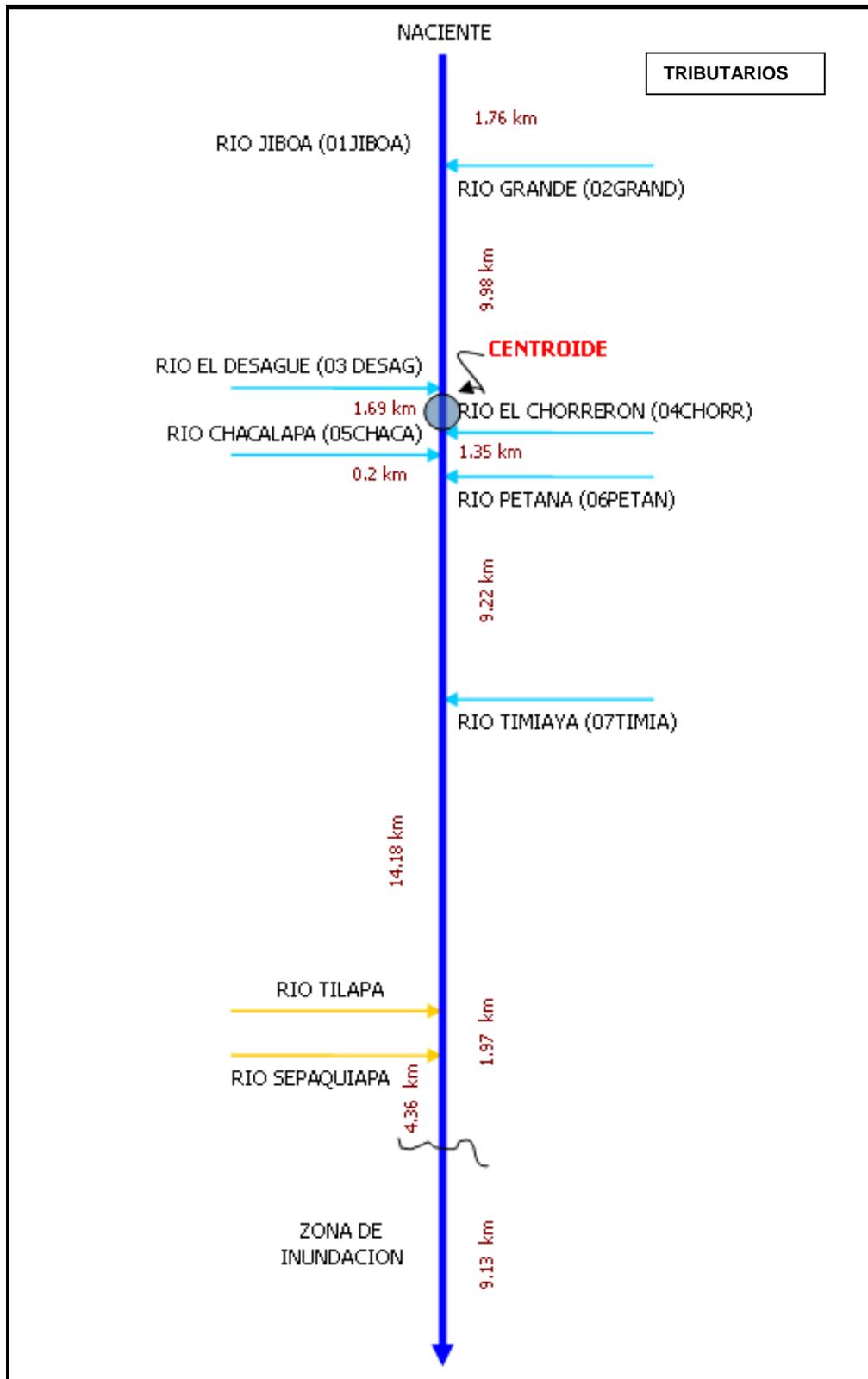


Figura 2-4 Centroide en el canal principal del Río Jiboa.

2.3.2 MICROLOCALIZACIÓN Y RED DE PUNTOS DE MUESTREO³².

Una vez completada la etapa previa se pasa a definir el punto de toma real a utilizar en el tramo seleccionado en la macrolocalización, este debe cumplir con el objetivo de representar fielmente las condiciones de calidad del agua en el tramo y sección transversal de la que se extrae. Estos datos pueden, definir el estado y situación del canal principal del Río Jiboa para realizar un diagnóstico preliminar con el cual se puede determinar una zona crítica y elaborar propuestas de mitigación de fuentes contaminantes.

Los lugares de muestreo en un río deberán estar ubicados corriente arriba desde una confluencia en secciones donde el canal sea más liso, más recto, accesible y uniforme en cuanto a su profundidad. No se debe ubicar sitios directamente arriba o abajo de confluencias o fuentes focales para minimizar problemas con aguas estancadas o flujos mal mezclados. Se tiene que determinar si el río o el arroyo son homogéneos en el sitio propuesto mediante mediciones de temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad o a intervalos y 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 depende del equipo y del método de recolección empleado. La condición fundamental para cumplir el requisito de representatividad que exigen este tipo de estudios está en coleccionar muestras, en zonas homogéneas en cuanto al nivel de concentración de los parámetros de interés para el estudio, es decir el Contaminante en la sección transversal muestreada debe estar completamente mezclado tanto horizontal como verticalmente.

³² Programa Desarrollo Institucional Ambiental Control de Contaminación Industrial

La microlocalización de zonas de mezcla, puede llegar a ser definida en un río, asumiendo algunas hipótesis respecto al comportamiento del efluente volcado, tales como que la distribución de la concentración del Contaminante en la transecta horizontal y vertical es gaussiana o normal se puede así estimar teóricamente una distancia para el mezclado óptimo, a partir de su incidencia en un canal uniforme y rectilíneo. Esta distancia es función de la velocidad media en el río, la localización puntual específica de la descarga en el río (por ejemplo orillas vs. canal central), los valores de los coeficientes que rigen la dispersión longitudinal y vertical en el curso en cuestión.

Las propuestas de algunos investigadores para dilucidar este problema se basan en el empleo de ecuaciones para el estado de régimen permanente en dos dimensiones, se asume que la mayoría de los ríos o arroyos en estudio son de poca profundidad y/o permiten que la mezcla en el sentido vertical se concrete rápido, a distancias no significativas.

La fórmula que emplea **Ecuación 2-2** para determinar la distancia en la que solo acontece un 10% o menos de variación en el nivel de concentraciones del Contaminante, en toda la sección transversal es la siguiente:

$$L = 0.075 \left[w * e^2 * \frac{u}{Dy} \right] \quad (2-2)$$

Donde:

L = Distancia en la que se logra la mezcla perfecta.

w = Ancho del canal.

u = Velocidad media de la corriente en el río.

Dy = Coeficiente de difusión lateral

Otras fórmulas dan relevancia a factores tales como la ubicación de la fuente puntual en el río, es decir el punto en la sección transversal en donde

realmente incide el efluente y el grado de uniformidad en los gradientes de concentración generados (Coeficientes estimados por Sayre) cuya fórmula es la siguiente:

$$L = \left(\frac{1}{2}\right) * \left[w * e^2 * \frac{u}{Dy} \right] \quad (2-3)$$

2.3.2.1 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS.

La ubicación de los puntos de toma de muestras se hizo a partir de la ubicación del centroide, desde aquí se pudo localizar el tributario que afectaba en mayor grado al canal principal (Río el Desagüe), en las visitas de campo se pudo llegar al punto en donde se encuentra la causa de contaminación provocada por la extracción de arena en este Río (la cual se realiza en forma desmedida), esto contribuye con una carga de sedimento considerable. Río abajo de la desembocadura del Río el Desagüe, la deforestación es considerable y el aspecto del Río cambia drásticamente, y a pesar que los Ríos tributarios que desembocan después del centroide son numerosos, no aportan una masa de agua como para poder cambiar en gran medida la apariencia y la calidad del agua.

Para ubicar los puntos también se consideraron las rutas de acceso hacia los puntos de muestreo y al llegar al sitio escogido como punto de toma de muestra, se midieron los parámetros de conductividad por medio del aparato medidor electrónico HORIBA U-10 (**Anexo XII**), esto para asegurarnos de la homogeneidad del curso de agua. En la siguiente tabla se presenta la evaluación de homogeneidad con respecto a la conductividad de ríos tributarios al canal principal del Río Jiboa:

Tabla 2-4 Valores de conductividad para el muestreo preliminar

Punto de muestreo	Conductividad (ms/cm ²)			Dirección del flujo
	Rivera izquierda	Punto central	Rivera derecha	
01 JIBOA	0.152	0.152	0.153	
02 GRAND	0.167	0.167	0.167	
03 DESAG	0.663	0.663	0.664	
04 CHORR	0.223	0.225	0.226	
05 CHACA	0.292	0.292	0.292	
06 PETAN	0.197	0.196	0.196	
07 TIMIA	0.147	0.147	0.147	

Como se puede observar, los valores medidos en tres puntos de la transecta, los datos de conductividad no presentan variación considerable, no mayor del 5%, por lo que se puede afirmar que el punto de muestra presenta una homogeneidad adecuada, lo que hace representativo el punto tomado de la DBO.

Se ubicaron 2 puntos antes del centroide y 6 después del centroide. Es necesario concentrar los puntos de muestreo dentro del área del centroide ya que como se observa en la **Figura 2-4**, existen 4 tributarios ubicados en dicha área en un tramo de 3.24 km que influyen en los parámetros medidos. Después de la desembocadura del Río Timiaya se encuentran funcionando areneras que afectan en gran medida la calidad del agua y existen también zonas agrícolas que contaminan el canal principal del Río, por esta razón se ubicaron 2 puntos, uno antes del Río Tilapa y otro antes del Río Sepaquiapa, (en las visitas de campo se pudo constatar que estos dos últimos Ríos no llegan a descargar al Río Jiboa, por lo menos en época seca).

Los puntos seleccionados para la toma de muestras se presentan en la **Figura 2-5**. Como se observa en la figura, los puntos de muestra se ubican más cercanamente en la zona del centroide.

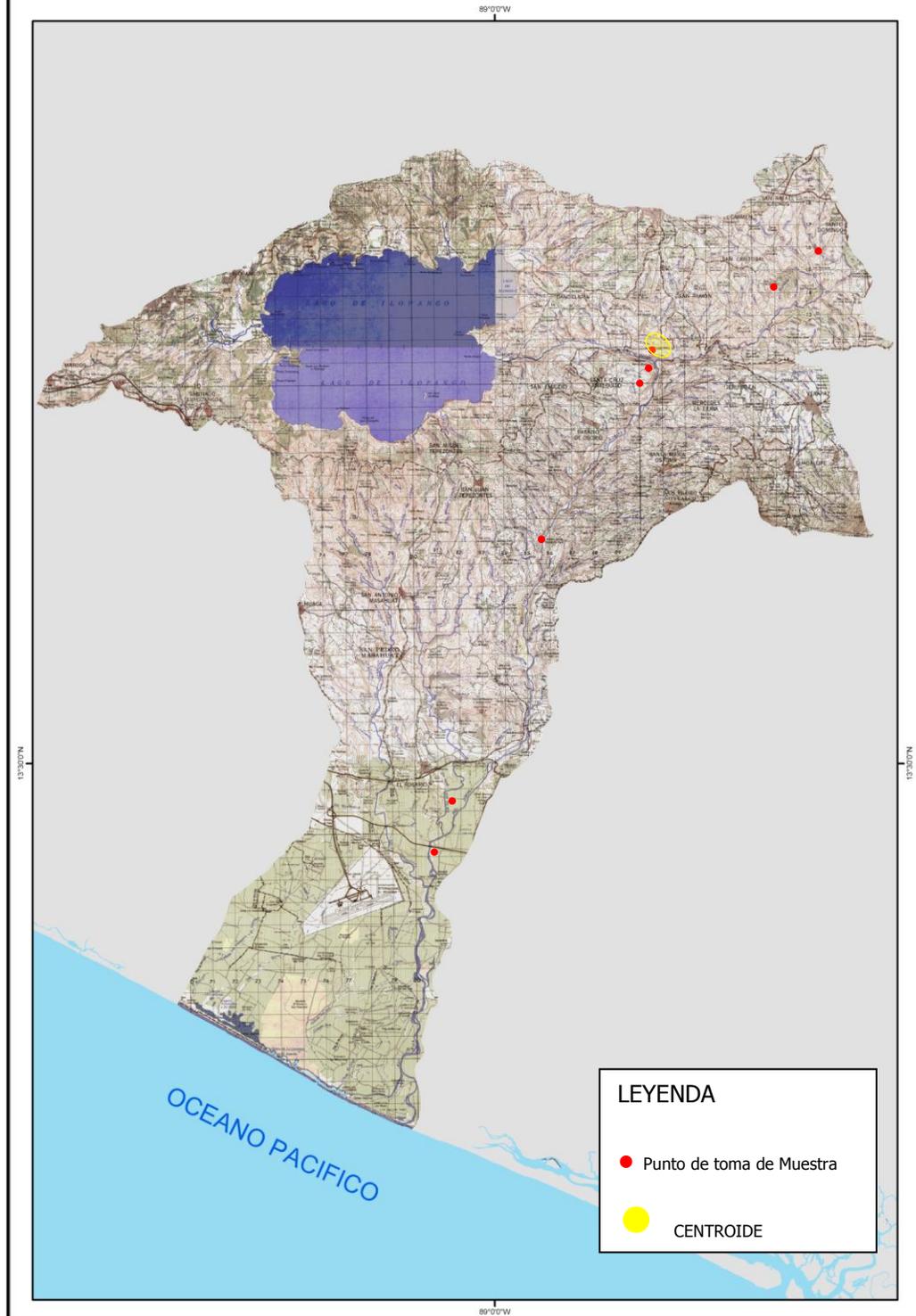


Figura 2-5 Ubicación de puntos de muestreo

Fuente : Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)

3 CALIDAD DEL AGUA Y ZONIFICACION DEL CANAL PRINCIPAL DEL RIO JIBOA

Los usos que puedan tener los recursos hídricos están determinados por la calidad del agua que ellos presentan. Es decir que acorde a las características o propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del cuerpo, se le asociarán determinados usos. La importancia del concepto de la calidad del agua ya no se cuestiona hoy, por lo que la planificación hidrológica debe considerar simultáneamente los aspectos cualitativos y cuantitativos.³³

Por esta razón es de primordial importancia considerar la definición que se haga del concepto "calidad del agua". Se puede entender la calidad como la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella.³⁴ La calidad del agua no es un término absoluto, sino que se debe relacionar con el uso o actividad a que se destina: calidad para beber, para riego, etc. Por consiguiente, un agua que puede resultar contaminada para un cierto uso puede ser perfectamente aplicable a otro, de ahí que se fijen criterios de calidad del agua según los usos.

La importancia que tiene el estudio de la calidad exigida al recurso agua para los diferentes usos que de él se hacen, radica fundamentalmente en la repercusión que tiene en los seres vivos y otros problemas importantes derivados de la falta de calidad del recurso. Para solucionar estos problemas es preciso establecer los requisitos de calidad del agua, expresados como criterios y objetivos de su calidad, los cuales dependen de su uso o están orientados hacia la protección del uso más sensible entre una serie de usos existentes o planificados dentro de un área de captación.³⁵

³³ BALAIRÓN PÉREZ

³⁴ HÉRCULES ORELLANA

³⁵ HELMER Richard; HESPANHOL Ivanildo. "Guía Para La Aplicación De Principios Relacionados Con La Calidad Del Agua", CEPIS, OPS, OMS 1999

Los criterios de calidad del agua se basan en variables que caracterizan la calidad del agua o de las partículas suspendidas. El sedimento del fondo y la biota. Muchos criterios de calidad del agua fijan un nivel máximo de concentración para determinada sustancia en un medio particular (agua, sedimento o biota) que no sería dañina si ese medio se usa para un propósito único y específico de manera permanente. Para otras variables de la calidad del agua, tales como el oxígeno disuelto, los criterios de calidad se fijan a una concentración mínima aceptable para asegurar el mantenimiento de las funciones biológicas.

La mayoría de los procesos industriales demandan requisitos menos exigentes de calidad, por ello, generalmente los criterios se desarrollan con respecto al uso del agua como fuente de abastecimiento público, agricultura, recreación o como hábitat para comunidades biológicas.

Por lo general, los criterios de calidad del agua sirven como base para establecer los objetivos de la calidad del agua conjuntamente con información sobre los usos del agua y factores propios del lugar. Los objetivos de la calidad del agua tienen como propósito mantener y proteger los usos designados del agua fresca para abastecimiento público, ganadería, riego, pesca, recreación u otros fines, a la vez que sostienen la vida y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos.

3.1 MARCO JURIDICO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL

La normativa relacionada con los recursos hídricos se encuentra en los códigos, Civil, Penal, Municipal, Salud y en las de Medio Ambiente, Forestal, Riego y Avenamiento, Pesca, Plaguicidas y Fertilizantes, Creación de ANDA, CEL y otras relacionadas.

3.1.1 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.

3.1.2 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.

3.1.3 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.

3.1.4 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.

3.1.5 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.

3.1.6 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.

3.1.7 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.

3.1.8 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(as) usuarios(as) 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.

3.1.9 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.

3.1.10 REGLAMENTO ESPECIAL DE AGUAS RESIDUALES (2000)

En el Art. 1 de el 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.

3.1.11 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 deposito que se utilicen para uso público, domestico, agrícola, industrial, abrevadero de ganado o balnearios públicos.

3.2 ESTUDIO DE LA CALIDAD EXIGIBLE PARA UN RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DESDE UNA DOBLE PERSPECTIVA³⁶

El recurso hídrico tiene un potencial de uso que depende de su calidad intrínseca, la cual se exige que se estudie desde una doble perspectiva: la primera, exige una calidad determinada a las descargadas al cuerpo receptor tomando como centro de análisis el afluente y la otra exige una calidad de agua al recurso que este en función de los usos que se consigne.

³⁶ BALAIRÓN PÉREZ

3.2.1 LA CALIDAD QUE SE EXIGE AL AGUA DESCARGADA AL CUERPO RECEPTOR.

La contaminación de las aguas, la alteración de su calidad por factores ajenos al ciclo hidrológico. En la época en la que las demandas de agua eran modestas, la actividad industrial reducida y la agrícola poco sofisticada, los vertidos no constituían un problema excesivamente grave. En la situación actual los usos consuntivos han retirado un volumen importante de agua de los ríos, el problema se ha ido agravando al aumentar el número de focos contaminantes y disminuir la capacidad de dilución de los ríos.

El progreso en los métodos de tratamiento de agua permite el establecimiento de normas definidas sobre su calidad, facilitando el aprovechamiento útil y placentero de los recursos hídricos. En El Salvador se cuenta con "La Norma de Aguas Residuales descargadas a un Cuerpo Receptor" La NSR 13.07.03.98 generada por El Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) se extiende a todo el país para la descarga de aguas residuales vertidas a un cuerpo receptor. Con lleva la finalidad de observar el cumplimiento de los valores permisibles establecidos en esta norma de forma que no se causen efectos negativos en el cuerpo receptor tales como olor, color, turbiedad, radioactividad, explosividad y otros. En síntesis esta norma contiene los valores permisibles que deberían reunir los parámetros de evaluación a utilizar sobre toda agua residual que se descargue sobre cualquier cuerpo de agua expuesto directa o indirectamente.

3.2.2 LA CALIDAD QUE HAY QUE EXIGIR AL RECURSO SEGÚN EL USO AL QUE SE VAYA A DESTINAR.

Este aspecto admite dos maneras diferentes de ser estudiado según el modo en que se defina la propia calidad del agua:

- Establecer los niveles de calidad en función de los usos que se deben satisfacer en cada caso ó
- Definir la calidad intrínseca que haga abstracción de dichos usos.

En El primer planteamiento, se establecen unos requisitos de calidad del recurso en función del uso. En el presente trabajo se utilizará el segundo sistema el cual se realizará por medio de un Índice de Calidad General de agua (ICG), el cual permite observar la situación de las aguas de los ríos independientemente del Uso al que se destinen y su objetivo es tipificar la calidad.

El ICG presenta la ventaja, frente a este otro planteamiento, en abogar por una mejor calidad de toda la red hidrográfica del país, mientras que estableciendo la calidad del recurso en función del uso, en aquellas zonas de peor calidad inicial puede ocurrir que, en vez de optarse por mejorar dicha calidad, sean destinadas a usos menos exigentes en lo que a calidad se refiere (un agua de baja calidad según el criterio ICG podría ser buena para un uso determinado y no se potenciaría la mejora de su calidad). El ICG es, no obstante, un buen sistema de medida de la calidad de los ríos cuando se pretende una información del estado medio de éstos.

3.3 PARAMETROS PARA LA DESCRIPCION DE CALIDAD DEL AGUA.

El agua que se encuentra en la naturaleza contiene determinadas sustancias que ha ido adquiriendo a lo largo del recorrido de su ciclo. Según Meybeck (1990): "En ausencia total de influencia humana, la calidad natural de un agua es el resultado de una suma de procesos geológicos, biológicos e hidrológicos universales. Las fuentes principales de materias disueltas, transportadas por los ríos, son la alteración de rocas superficiales, el lavado de los suelos orgánicos y las aportaciones atmosféricas de origen volcánico, oceánico y terrestre".

Pero, además de las sustancias de origen natural, existen otras que tienen su origen en productos de desecho, a consecuencia de la actividad humana de forma directa (por ejemplo, la utilización del agua para eliminar sustancias molestas) o indirecta (como el lavado de un suelo con alto contenido en fertilizantes).

En esta sección se presentan algunos parámetros de calidad que son considerados como básicos en los análisis de aguas superficiales, se describe sus características, valores que presentan en aguas no contaminadas y los efectos que tienen las variaciones de estos parámetros en las aguas de los ríos.

3.3.1 PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA

En esta sección se presentan algunos parámetros de calidad que son considerados como básicos en los análisis de aguas superficiales, se describe sus características, valores que presentan en aguas no contaminadas y los efectos que tienen las variaciones de estos parámetros en las aguas de los ríos.

3.3.1.1 Cambio de la Temperatura

Los cuerpos de agua presentan variaciones de temperatura a lo largo de su recorrido, estas son situaciones normales debidas a las fluctuaciones del clima. Estas variaciones ocurren con el cambio de clima e incluso pueden variar en periodos de 24 horas.

La temperatura de las aguas superficiales está influenciada por la latitud, altitud, variaciones climáticas, hora del día, circulación del aire, nubosidad, profundidad del cuerpo de agua y también de la concentración de muchas variables. Cuando la temperatura del agua incrementa la tasa de las reacciones químicas, incrementa conjuntamente con la evaporación y la volatilización de

sustancias. El incremento de la temperatura disminuye la solubilidad de los gases en el agua, como O₂, CO₂, N₂, CH₄ y otros. La tasa metabólica de los organismos acuáticos también está relacionada con la temperatura en aguas cálidas; el consumo por respiración incrementa el consumo de oxígeno e incrementa la descomposición de la materia orgánica. También se incrementan los valores de crecimiento de las bacterias y del fitoplancton lo cual produce un incremento en la turbidez del agua y el crecimiento masivo de algas debido a las condiciones de suministro de nutrientes. La temperatura de las aguas superficiales se encuentra en el intervalo comprendido entre 0°C Y 30°C. Las fluctuaciones de temperatura con las épocas del año pueden variar dependiendo de condiciones de verano o invierno, estas variaciones son más sensibles en aguas superficiales poco profundas. Pueden encontrarse temperaturas anormalmente altas debido a descargas térmicas procedentes principalmente de termoeléctricas, pero también de fundiciones y plantas de tratamiento.

La temperatura puede ser medida in situ, usando un termómetro o un termistor, algunos equipos están diseñados para medir oxígeno o conductividad y también pueden medir la temperatura. Como la temperatura tiene influencia sobre otras variables acuáticas y también de procesos, es importante incluirla dentro del régimen de muestreo y debe registrarse al tiempo que se toman las muestras de agua.

3.3.1.2 Color

El color y la turbidez del agua determinan la profundidad a la cual la luz es transmitida, además controla la cantidad de productividad primaria que es posible al controlar la tasa de fotosíntesis de las algas presentes. El color visible del agua, es el resultado de diferentes longitudes de onda no absorbidas por el agua y que tienen que ver con las sustancias particuladas presentes. Es posible hacer medidas tanto del color aparente como del verdadero, el color verdadero se debe a la presencia de sustancias minerales

naturales tales como minerales de hierro y sustancias orgánicas como el ácido húmico. El verdadero color sólo puede ser medido en muestras después de la filtración o centrifugación. El color aparente es causado por partículas coloreadas y la refracción y reflexión de la luz sobre las partículas suspendidas. Las aguas contaminadas pueden tener un color aparente intenso.

Diferentes especies de fito y zooplancton pueden producir un color aparente, un color oscuro o azul verdoso puede ser causado por algas verde-azules, un color amarillo pardo, por las diatomeas o dinoflagelados, y los rojos y púrpura debido a la presencia de zooplancton tal como *Daphnia* sp.³⁷ o copépodos.

El color puede ser medido por la comparación de muestras de agua con una serie de diluciones de una solución de cloroplatinato de potasio y cloruro cobaltoso. Las unidades se denominan platino cobalto basadas sobre una concentración de 1 mg/L Pt, las aguas naturales poseen valores menores de 5 hasta un valor de 300 unidades en donde ocurren aguas oscuras. Otra medida es la absorbancia total debida al color (TAC); esta medición integra la absorbancia de una muestra filtrada (pH 7.6) el cual se lee a 400 y 700 nm y el verdadero color (TUC), se determina midiendo la absorbancia a 465 nm. Un TAC es equivalente al color de 2 mg/L Pt, las unidades TAC varían de 1 a 250. Para el análisis de esta variable es necesario considerar que todos los compuestos que sirven como referencia para determinar el color del agua, no son muy estables, al igual que las muestras, así que las medidas deben ser hechas como dentro de dos horas después de su recolección.

3.3.1.3 Sólidos Suspendidos y disueltos totales.

El término residuo se aplica a las sustancias que permanecen después de la evaporación de una muestra de agua y su subsiguiente secado en un horno a una temperatura dada, esto es aproximadamente equivalente al contenido total de materia disuelta y suspendida, puesto que la mitad del bicarbonato (el

³⁷ Microcrustaceo que sirve como indicador de la presencia de contaminantes tóxicos.

anión dominante en la mayoría de las aguas) se transforma en CO₂ durante este proceso. El término sólido se usa ampliamente para la mayoría de los compuestos que están presentes en las aguas naturales y que permanecen en estado sólido después de la evaporación (algunos compuestos orgánicos permanecen en estado líquido después de que el agua ha sido evaporada). Los sólidos suspendidos totales (SST) y los sólidos disueltos totales (SDT) corresponden al residuo filtrable y no filtrable respectivamente. Los sólidos fijos y los sólidos volátiles corresponden al residuo después de secado al horno y calculado como una pérdida para una temperatura dada (las últimas dos determinaciones se efectúan con menos frecuencia).

La determinación del residuo está basada en una medida gravimétrica después de haber seguido un procedimiento apropiado como por ejemplo: filtración, evaporación, secado e ignición, los resultados de la determinación del residuo dependen de los detalles del procedimiento seguido. Los sólidos suspendidos totales se retienen en un filtro estándar y se seca hasta peso constante a 105°C.

Para obtener una buena reproducibilidad y comparabilidad, los métodos seguidos deben ser cuidadosamente estandarizados, las muestras deben ser mantenidas preferiblemente hasta que se realice su análisis. Para la recolección de las muestras pueden usarse botellas de polietileno siempre y cuando el material suspendido no se pegue a las paredes de la botella. Para prevenir la precipitación, las botellas deben ser completamente llenadas con la muestra y analizarlas tan pronto como sea posible.

3.3.1.4 Sólidos suspendidos y turbidez.

El tipo y concentración de materia suspendida controla la turbidez y la transparencia del agua. La materia suspendida consiste en arena, arcilla, partículas finas de materia orgánica e inorgánica, compuestos orgánicos solubles, plancton y otros organismos microscópicos, tales partículas varían en

tamaño desde 10 nm a 0.1 mm de diámetro. Los resultados de la turbidez pueden ser obtenidos a partir de la dispersión y absorción de la luz incidente sobre las partículas, y la transparencia corresponde al límite de visibilidad en el agua, ambos pueden variar de acuerdo con la época del año (la lluvia intensa provoca variaciones horarias de turbidez) o la actividad biológica y el transporte de partículas de suelo por escorrentía. La turbidez en algunas ocasiones puede ser relacionada indirectamente con la medida de SST.

La turbidez puede ser medida en el campo si es necesario y las muestras pueden ser almacenadas en la oscuridad por más de 24 horas. Para la medida de este parámetro, el método más recomendado es el nefelométrico (dispersión de la luz por las partículas suspendidas), el cual usa un turbidímetro que da Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT), los valores normales se encuentran entre 1 y 1,000 UNT y los niveles pueden ser incrementados por la presencia de materia orgánica contaminante, otros efluentes y escorrentía con un alto contenido de materia suspendida. También existe un método visual para su determinación, basado en Unidades Jackson de Turbidez (UTJ), el cual compara la longitud del paso de luz a través de la muestra contra una solución estándar de material en suspensión.

En niveles altos de turbidez, el agua pierde su capacidad de apoyar una diversidad de organismos acuáticos. Las aguas llegan a ser más calientes ya que las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, causando pérdida en los niveles de oxígeno. La fotosíntesis disminuye debido a que la cantidad de luz que penetra el agua se reduce.

Los sólidos suspendidos afectan en la vida acuática de otras maneras: los sólidos suspendidos pueden reducir la tasa de crecimiento y afectar el desarrollo larval, las partículas de arcilla y de los materiales orgánicos que se asientan en el fondo del río pueden sofocar los huevos de pescados y de insectos acuáticos.

3.3.1.5 Conductividad

La conductividad o conductancia específica, es una medida de la habilidad del agua para conducir la corriente eléctrica, esta es sensible a la variación de sólidos disueltos, especialmente las sales minerales disueltas. El grado de disociación del agua en iones está relacionado con la cantidad de carga eléctrica de cada ión, la movilidad iónica y la temperatura, los cuales influyen la conductividad. La conductividad se expresa en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S cm}^{-1}$) y para un cuerpo de agua dado, está relacionada con la concentración total de sólidos disueltos e iones mayores. Los sólidos disueltos totales (en mg/L) pueden ser obtenidos por multiplicación de la conductancia por un factor constante que está comprendido entre 0.55 y 0.75, este factor puede ser determinado para cada cuerpo de agua, pero permanece aproximadamente constante de acuerdo con las proporciones iónicas en el cuerpo de agua y si éste permanece estable. El factor de multiplicación está muy próximo a 0.67 para aguas en las cuales el sodio y el cloruro dominan; las aguas que contienen altas concentraciones de sulfatos requieren factores más altos.

Los intervalos de conductividad de las aguas superficiales varían de 10 a 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ pero pueden exceder 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, especialmente en aguas contaminadas que reciben una gran cantidad de escorrentía, además puede ser un indicador aproximado de contenido de minerales cuando otros métodos no pueden ser usados. La conductividad puede ser medida para establecer una zona de contaminación alrededor de la descarga de un efluente, y observar la extensión de la influencia de las aguas de escorrentía.

3.3.1.6 pH.

El pH es una variable importante de la variación en la calidad del agua y está influenciado por los procesos biológicos y químicos dentro del cuerpo de agua y todos los procesos asociados con el suministro y tratamiento de aguas. También mide los efectos de la descarga del efluente.

El pH de aguas no contaminadas está controlado por el balance entre dióxido de carbono, carbonato y bicarbonato, estos iones siempre están presentes en las aguas naturales así como también los ácidos húmico y fúlvico³⁸. El balance natural de un cuerpo de agua puede ser afectado por efluentes industriales y por deposición atmosférica de sustancias generadoras de ácidos. Los cambios en pH pueden indicar la presencia de ciertos efluentes, particularmente cuando se obtienen medidas continuas junto con la conductividad del cuerpo de agua. Las variaciones de pH pueden ser causadas por la fotosíntesis y los ciclos respiratorios de las algas y de las aguas eutróficas.

Idealmente el pH debería ser determinado in situ, o inmediatamente después de que la muestra ha sido tomada, teniendo en cuenta que muchos factores naturales pueden influenciar el pH, la medida exacta del pH se realiza electrométricamente con un electrodo de vidrio, en algunos casos es posible, obtener medidas impresas de la variación continua de este parámetro. Un indicador grueso de pH puede ser obtenido colorimétricamente con agentes colorantes.

3.3.1.7 Dureza

La dureza de las aguas naturales depende principalmente de la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio, el contenido total de estas sales se conoce como dureza, la cual puede ser dividida en dureza al carbonato (determinada a través de la evaluación de las concentraciones de los hidocarbonatos de calcio y magnesio), y la dureza no carbonácea (se determina a través de las sales de calcio y magnesio provenientes de ácidos fuertes). Los hidocarbonatos se transforman durante la ebullición del agua en carbonatos, los cuales precipitan. Por consiguiente, dureza al carbonato se conoce como temporal o remisible mientras que la dureza remanente después de la ebullición se denomina constante.

³⁸ Los ácidos húmicos y fúlvicos son materiales orgánicos componentes del humus de color oscuro insoluble en ácidos con carga negativa, son fuente de carbono para los organismos heterótrofos.

La dureza puede variar en un intervalo amplio de valores. La dureza debida al calcio es la que prevalece (por encima del 70%), aunque en algunos casos la dureza del magnesio puede alcanzar valores comprendidos entre 50-60%. Las variaciones climáticas influyen sobre las condiciones del río y determinan el origen de valores elevados durante las condiciones de flujo bajo, mientras que durante flujos muy bajos los valores son mínimos.

Las muestras para determinar la dureza deben ser filtradas pero no preservadas. Si durante el almacenamiento aparece un depósito de sedimento de carbonato de calcio, éste debe ser disuelto con un pequeño volumen de ácido clorhídrico (1:1) hasta obtener un líquido transparente. La dureza general se determina con EDTA por titulación complejométrica y utiliza como indicador eriocromo negro T, mientras que la dureza debida al calcio emplea murexide como indicador. La dureza debida al magnesio se calcula a partir de la diferencia entre las dos determinaciones, la dureza al carbonato se determina por titulación ácido-base.

La dureza puede ser determinada a partir de la suma de los iones divalentes analizados individualmente (por ejemplo, por espectrofotometría de absorción atómica).

3.3.1.8 Fosfatos

Los fosfatos son compuestos químicos formados por fósforo y oxígeno. Los fosfatos son necesarios para el crecimiento de las plantas y de los animales.

Los fosfatos existen en varias formas: Los ortofosfatos son producidos por procesos naturales y encontrados en aguas residuales y los polifosfatos se utilizan para tratar las calderas de agua y para hacer detergentes. Los fosfatos orgánicos son producidos por el ciclo de la vida y la inserción de pesticidas orgánicos. La suma de estas tres formas de fosfatos se refiere como fosfatos totales. El fósforo generalmente está presente en las aguas naturales en forma de fosfatos. Los fosfatos se encuentran en los fertilizantes y los detergentes y

pueden llegar al agua con el escurrimiento agrícola, los desechos industriales y las descargas de aguas negras. Los fosfatos, al igual que los nitratos, son nutrientes para las plantas. Cuando entra demasiado fosfato al agua, florece el crecimiento de las plantas.

Los fosfatos también estimulan el crecimiento de las algas lo que puede ocasionar un crecimiento rápido de las algas. Los crecimientos rápidos de algas se pueden reconocer con facilidad como capas de limo verde y pueden eventualmente cubrir la superficie del agua. Al crecer las plantas y las algas, ahogan a otros organismos. Estas grandes poblaciones de plantas producen oxígeno en las capas superiores del agua pero cuando las plantas mueren y caen al fondo, son descompuestas por las bacterias que usan gran parte del oxígeno disuelto (OD) en las capas inferiores. Las masas de agua con altos niveles de fosfatos generalmente tienen niveles altos de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) debido a las bacterias que consumen los desechos orgánicos de las plantas y posteriormente a los niveles bajos de OD.

3.3.1.9 Nitratos.

El nitrógeno es un elemento necesario para que todas las plantas y los animales vivientes produzcan proteínas. En los ecosistemas acuáticos, el nitrógeno está presente en muchas formas. Puede combinarse con el oxígeno para formar un compuesto llamado nitrato.

Los nitratos pueden provenir de fertilizantes, aguas negras y desechos industriales. Pueden causar la eutroficación de lagos o pozas. La eutroficación ocurre cuando los nutrientes (tales como los nitratos y los fosfatos) se añaden a la masa de agua. Estos nutrientes generalmente provienen del escurrimiento de tierras agrícolas y pastos, aguas negras, detergentes, desechos de los animales y sistemas sépticos con fugas. Los niveles altos de nutrientes en una masa de agua pueden hacer que la vida vegetal y las algas florezcan. Conforme las plantas crecen, pueden ahogar a otros organismos. El

crecimiento de algas puede eventualmente cubrir la superficie del agua. Estas grandes poblaciones de plantas producen oxígeno en las capas superiores del agua, pero cuando las plantas mueren y caen al fondo, son descompuestas por bacterias que usan gran parte del oxígeno disuelto (OD) en las capas inferiores. Las masas de agua con niveles altos de nitratos generalmente tienen altos niveles de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) debido a las bacterias que consumen los desechos vegetales orgánicos y a los subsiguientes bajos niveles de OD.

3.3.1.10 Cloruros.

La mayor parte del cloro se presenta como cloruros (Cl^-) en solución. Este componente entra a las aguas superficiales a través de la deposición atmosférica de los aerosoles oceánicos, a partir de la meteorización³⁹ de las rocas sedimentarias (la mayor parte de ellas son depósitos de sal), los efluentes industriales, aguas domésticas y la escorrentía de las zonas agrícolas. En las aguas superficiales la concentración de cloruros es generalmente inferior a 10 mg/L y en algunas ocasiones menor de 2 mg/L. Concentraciones más elevadas pueden encontrarse a la salida de las aguas domésticas, en las zonas de drenaje y en las áreas costeras. Como los cloruros están frecuentemente asociados con las aguas domésticas, su incorporación es un indicador de posible contaminación fecal.

Las muestras para la determinación de cloruros no requieren preservación o un tratamiento especial y pueden ser almacenadas a temperatura ambiente. Los análisis pueden hacerse usando los métodos de titulación potenciométrica, la determinación potenciométrica directa se puede hacer con el uso de electrodos sensibles a ión cloruro.

³⁹ Fracturación, pulverización e incorporación de rocas y piedras a el suelo

3.3.1.11 Sulfuros.

La formación de sulfuros en las aguas superficiales se hace por procesos anaeróbicos, en los que actúan bacterias sobre sustancias orgánicas en sedimentos profundos, sin embargo, las trazas de ión sulfuro, se presentan en sedimentos profundos, incluso no contaminados por efecto de la degradación de los vegetales; pero concentraciones altas son indicativas de la presencia de concentraciones elevadas de aguas domésticas o industriales. Bajo condiciones anaerobias el ión sulfuro se convierte rápidamente a azufre e iones sulfato.

Los sulfuros disueltos existen en el agua como moléculas no ionizadas o sulfuro de hidrógeno (H_2S), sulfidrilo (HS^-) y muy ocasionalmente S^{2-} . El equilibrio entre estas formas es una función del pH, cuando se presenta un pH menor que diez, las concentraciones de sulfuro no necesitan ser consideradas. Cuando la concentración de sulfuros es apreciable, se presentan condiciones de fuerte olor y tóxicas que hacen inadecuada el agua para su consumo humano y para otros usos.

La determinación de sulfuros debe hacerse inmediatamente después del muestreo, si esto no fuera posible, la muestra puede ser fijada con acetato de cadmio o de cinc, después de lo cual se puede almacenar por tres días como máximo y en la oscuridad. Es de importancia que durante el muestreo, la aireación debe ser evitada.

Los sulfuros totales, el sulfuro disuelto y el H_2S , son los compuestos más importantes para estas determinaciones, los métodos que se pueden utilizar son lo fotométricos, los cuales se usan para concentraciones elevadas, y los métodos yodométricos, que se usan para la determinación del sulfuro.

3.3.1.12 Metales

La capacidad de las aguas naturales para soportar la vida acuática y su sostenibilidad para otros usos, depende de la presencia de muchos elementos traza. Algunos metales, como Mn, Zn y Cu, cuando se encuentran en concentraciones traza son importantes para las funciones fisiológicas de los

tejidos vivos y para la regulación de muchos procesos bioquímicos. Sin embargo, cuando estos metales se descargan en las aguas naturales incrementado su concentración, pueden tener efectos toxicológicos graves sobre los humanos y los ecosistemas acuáticos.

La contaminación de aguas por metales pesados es el resultado de actividades antrópicas, que determinan problemas ecológicos severos en muchas partes del mundo. Esta situación es agravada por la dificultad de su eliminación natural. Como resultado los metales cambian de un compartimiento a otro, incluyendo la biota frecuentemente con efectos graves. Cuando la acumulación de metales en la biota ocurre a través de la cadena alimenticia, hay también un incremento del riesgo toxicológico para los humanos. Como resultado de la absorción y acumulación, la concentración de metales en los sedimentos de fondo es mucho mayor que en el agua y este hecho provoca problemas de polución secundaria.

Generalmente, las cantidades traza de metales están siempre presentes en las aguas superficiales, debido a la meteorización de las rocas y los suelos. Además, en el caso de los países desarrollados las descargas industriales y mineras resultan ser las principales fuentes de traza de metales en las aguas superficiales.

La toxicidad de los metales en el agua depende del grado de oxidación del ión metálico y de las formas en las cuales se encuentra. Por ejemplo, la concentración de Cr (VI) es del orden de 0.001 mg/L para la Unión Soviética, mientras que para el Cr (III) es de 0.5 mg/L. Como regla general la forma iónica de los metales es la más tóxica, sin embargo la toxicidad se reduce cuando están bajo la forma de complejos, por ejemplo, con materia orgánica natural como los ácidos fúlvico y húmico.

3.3.1.13 Oxígeno disuelto (OD)

La masa de agua de un río es capaz de absorber cierta cantidad de oxígeno proveniente de la atmósfera. Esta capacidad esta en función directa de la

calidad del agua del río y de la temperatura ambiente y se conoce como el valor de saturación. Las fuentes de oxígeno en el agua son, principalmente, la aireación y la fotosíntesis de las algas. Su remoción se debe a la respiración de los vegetales, demanda química de oxígeno de materiales orgánicos y sedimentos, de aireación, sobresaturación y reducción de orgánicos.

El oxígeno es ligeramente soluble en agua. La solubilidad de oxígeno atmosférico en aguas dulces varía de 14.6 ppm a 0°C y 7.54 ppm a 30°C. En estas condiciones se dice que el agua tiene un 100% de saturación. Cuando el porcentaje es menor puede indicar la presencia de contaminación (consumo de oxígeno) por posible presencia de carga orgánica biodegradable. Este parámetro es considerado, en unión con la DBO₅, la determinación más efectiva para determinar el nivel de purificación que tiene un acuífero y consecuentemente la calidad de las aguas para aceptar o no determinadas formas de vida acuática, así como también estimar la actividad fotosintética de la masa hídrica. La concentración mínima para garantizar la vida piscícola es de 5 mg/L. 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 y se altera también toda la química del agua.

3.3.1.14 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La DBO se define como la cantidad de oxígeno expresada en mg/L, requerida por las bacterias para estabilizar u oxidar la materia orgánica (biodegradable) carbonácea bajo condiciones aeróbicas durante 5 días a 20°C. El ensayo de la DBO es esencialmente un procedimiento de bioensayo que involucra la medida del oxígeno consumido por los organismos (principalmente bacterias aerobias), cuando utilizan la materia orgánica presente en un agua residual, bajo condiciones similares a las que ocurren en la naturaleza. Estas condiciones significan que deben estar ausentes las sustancias tóxicas y se deben suministrar todos los nutrientes necesarios para el crecimiento bacteriano, tales como nitrógeno, fósforo y ciertos elementos traza. La degradación

biológica de la materia orgánica la efectúa una diversidad de organismos que la oxidan así completamente a CO_2 y agua.

La DBO puede ser considerada como un procedimiento de oxidación húmeda, en el cual, los organismos sirven como el medio de oxidación de la materia orgánica a CO_2 y H_2O .

Las reacciones en las que está involucrado el ensayo de la DBO son necesariamente el resultado de la actividad biológica (metabolismo) y están gobernadas por la población microbiana participante y la temperatura. La temperatura se mantiene constante durante el ensayo (20°C). Teóricamente se requiere un tiempo infinito para completar la oxidación biológica de la materia orgánica, pero para propósitos prácticos, la reacción se considera completa a los 20 días. Sin embargo, este periodo es muy largo; la experiencia ha mostrado que 5 días es un periodo razonable y que un buen porcentaje de la DBO total se ha ejercido y por esta razón se ha tomado como referencia; hay que recordar que la DBO_5 representa una fracción de la DBO total. El porcentaje exacto depende del carácter de la simiente y la naturaleza de la materia orgánica y puede ser determinado sólo experimentalmente; en el caso de aguas residuales domésticas se ha encontrado que la DBO a 5 días (DBO_5) es alrededor de 70 – 80% de la total.

La DBO tiene un aspecto amplio de aplicaciones en ingeniería ambiental. Es el principal ensayo aplicado a las aguas residuales para determinar su intensidad en términos del oxígeno requerido para su estabilización. Es la única prueba aplicable que permite obtener una medida de la cantidad de materia orgánica oxidable biológicamente que puede ser usada para evaluar las tasas a las cuales se efectúa la oxidación o la DBO ejercida en los cuerpos receptores de aguas. La DBO es el principal criterio usado en el control de la contaminación de corrientes. Los datos de DBO se utilizan para dimensionar las instalaciones de tratamiento y medir el rendimiento de algunos de estos procesos.

3.3.1.15 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO es el ensayo que permite medir el contenido de materia orgánica e inorgánica tanto de las aguas residuales como de las naturales. Se puede definir como la cantidad de O_2 expresada en mg/l requerida para la oxidación total de la materia orgánica e inorgánica, sin considerar la asimilabilidad de tipo biológico, por acción de un agente oxidante ($K_2Cr_2O_7$ en condiciones ácidas, con la presencia de un catalizador, Ag_2SO_4 , y altas temperaturas). Este hecho está basado en que todos los compuestos orgánicos con la excepción de unos pocos, pueden ser oxidados por la acción de agentes oxidantes fuertes bajo condiciones ácidas.

Durante la determinación de la DQO, la materia orgánica se convierte en CO_2 y H_2O sin importar la biodegradabilidad de las sustancias; por esta razón los valores de la DQO son mayores que la DBO; y esta es una de las principales limitaciones del ensayo de la DQO, su inhabilidad para hacer la distinción entre materia orgánica inerte y oxidable biológicamente.

Los agentes químicos oxidantes se han usado extensamente para la medida de la demanda de oxígeno de desechos y aguas contaminadas. Por muchos años se han empleado soluciones de permanganato de potasio, y los resultados han sido reportados como "oxígeno consumido" por el permanganato. Esta oxidación varía ampliamente dependiendo del tipo de compuesto, el grado de oxidación y la fuerza del reactivo usado. Los valores del "oxígeno consumido" siempre son menos que los valores de la DBO a 5 días.⁴⁰

3.3.1.16 Coliformes Totales y Fecales

Para la vigilancia y la evaluación microbiana del agua se utilizan como indicadores los organismos de grupo coliforme total y coliforme fecal. Las bacterias Coliformes son microorganismos capaces de producir enfermedades y están asociados a los vertidos fecales, siendo sus fuentes principales las

⁴⁰ <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/98603/lecciones/Mod3/PARAMETROS.htm>
http://www.frm.utn.edu.ar/investigacion/compuquim/dqo_dbo.html

explotaciones ganaderas, agrícolas y de las zonas urbanas. El grupo coliforme está integrado por bacterias fáciles de identificar a través de análisis microbiológicos, algunas de las cuales pueden ser patógenas o transmisoras de enfermedades. Normalmente, el grupo coliforme tiene como hábitat natural el ecosistema terrestre, mientras que los Coliformes fecales, que son sólo parte de los totales, se encuentran naturalmente en el estómago del hombre y de los animales de sangre caliente. Todas las bacterias del grupo coliforme son afines a la materia orgánica, y sólo se desarrollan cuando se dan las condiciones ideales para su proliferación. La presencia de Coliformes totales y fecales en los cuerpos de agua, indica que hay altas concentraciones de materia orgánica que está siendo aprovechada por este tipo de bacterias para su reproducción.⁴¹

3.4 CAMPAÑA DE MUESTREO

La campaña de muestreo se realizó en los 8 puntos de toma de muestra ubicados en el canal principal del Río Jiboa, estos fueron localizados con las técnicas de macrolocalización y microlocalización (capítulo 2), las características de los puntos se presentan en el **Anexo XIII**. La metodología utilizada tanto para la toma de muestras como para la preservación de ellas, se explica en el **Anexo XIV**, la metodología utilizada para la determinación de los parámetros en laboratorio se encuentra en el **Anexo XV**, los resultados de los análisis in situ y de laboratorio se presentan en el **Anexo XVI** y **Anexo XVII**, respectivamente.

Estos resultados se utilizarán para la determinación del grado de contaminación siendo necesario utilizar herramientas de análisis que faciliten conocer su estado.

⁴¹ Monitoreo De La Calidad Del Agua Del Río Santa Rita, Salva Natura.

3.5 SELECCIÓN DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA PARA EL CANAL PRINCIPAL DEL RIO JIBOA

Comúnmente conocer el grado de contaminación que posee un determinado curso de agua resulta complejo al final de una campaña de monitoreo; las determinaciones analíticas en campo y de laboratorio llevadas a cabo, se utilizan para caracterizar espacial y temporalmente un río, este tipo de análisis se complica por las razones siguientes:

- De los resultados podría deducirse que algunas características son relativamente peores que otras, pero que al final no suele existir una total concordancia entre las apreciaciones efectuadas por los especialistas, indicado por los datos de largas series de parámetros.
- La relevancia e interpretación de los datos resultan difíciles de evaluar para los responsables del manejo de la cuenca, los que a su vez son los que implementan las políticas de saneamiento de los recursos hídricos investigados.

Después de un estudio de los trabajos realizados en materia de Índices de Calidad, se obtiene una propuesta para encarar estos problemas la cual es: el uso de una escala simple, relacionada con el grado de contaminación, éste valor es denominado "Índice de Calidad de Aguas" (ICA), engloba las características más importantes, resumiendo el valor de los parámetros respectivos y puede ser usado para definir mejor y cuantitativamente el difuso estado que indica el término contaminación.

3.5.1 APLICACIONES PRÁCTICAS DEL "ICA"⁴²

Los índices de calidad presentan una serie de ventajas que pueden destinarse a la caracterización de un determinado cuerpo de agua.

Se pueden identificar las siguientes aplicaciones prácticas del ICA:

ANÁLISIS DE TENDENCIAS.

Los índices pueden caracterizar el estado ambiental de diferentes estaciones a lo largo de un río, además de su variación temporal durante determinados períodos de monitoreo. En este caso se emplean valores numéricos que resumen el impacto ambiental de una serie de parámetros de calidad de agua, sin necesidad de analizar el efecto contaminante particular de cada uno de ellos. Esto facilita la interpretación de los cambios en la calidad de agua que definen el proceso de degradación o el de mejoramiento del estado del curso de agua en estudio.

CARACTERIZAR EL ESTADO AMBIENTAL DEL RECURSO HÍDRICO ANALIZADO.

La aplicación regular del "ICA" permite a entes regionales de control responsables evaluar la calidad del agua del curso o cuerpo de agua en estudio, comparar las condiciones del mismo en diferentes puntos en el espacio y tiempo, entre sí y respecto a Niveles Guía que se deseen preservar.

IDENTIFICAR TRAMOS O SECCIONES DEL CURSO DE AGUA.

En los que la alteración de la calidad del agua es significativa y ameritan la ejecución de estudios más detallados y el relevamiento de una cantidad mayor de parámetros que los regularmente utilizados para la determinación del "ICA".

⁴² LOBOS

ASIGNACIÓN DE RECURSOS.

El establecimiento de índices para diferentes cursos de agua que manifiestan situaciones de contaminación significativa, ayuda a los organismos gubernamentales responsables en la toma de decisiones respecto a determinación de prioridades y asignación de fondos para programas de recuperación de los mismos y para la implementación de las redes de monitoreo de calidad respectivas.

CLASIFICACIÓN DE SITIOS.

Los Índices pueden utilizarse para compararlas condiciones ambientales de estaciones a lo largo de un río o de diferentes áreas de la cuenca asociadas a cada curso de agua, evaluando así las diferentes zonas geográficas.

EVALUAR EL EFECTO DE VERTIDOS CONTAMINANTES AL CURSO DE AGUA.

Analizando la eficiencia de los procesos de auto depuración que se produce en cada caso en particular y seleccionando los tramos o secciones mas adecuadas para el vuelco de efluentes de tipo industrial o municipal.

INFORMACIÓN PÚBLICA.

Los "ICA" constituyen una herramienta útil para informar al público en general, acerca de las condiciones de calidad de agua del recurso hídrico y su evolución temporal y espacial.

3.5.2 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA ("ICA") DE BROWN

Los Índices pueden generarse utilizando ciertos elementos básicos en función de los usos del agua, el "ICA", define la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. Estos Índices son llamados de "Usos Específicos".

Al evaluar la calidad del agua del Canal Principal del Río Jiboa se utilizará un "ICA" "General", herramienta útil para informar al público en general, acerca de las condiciones de calidad del recurso hídrico y su evolución temporal y espacial. Asumiendo que la calidad de un cuerpo hídrico es un atributo inherente, independiente del uso para el cual sea destinado el agua.

El Índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del "WQI" que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).

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:

- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅ en mg/ L)
- Nitratos (NO₃ en mg/L)
- Fosfatos (PO₄ en mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en °C)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)

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 a cabo 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. En el caso de asignaciones de Pesos Relativos se identifican cuatro fases:
 - El panel de expertos procede a la generación de las ideas que determinan los Pesos Relativos, escribiéndolas en un papel.
 - Recolección de las ideas generadas por los participantes en un gráfico, mediante una discusión en serie.
 - Discusión de cada idea recogida por el grupo con el fin de proceder a su clarificación y evaluación.

- Votación independiente sobre la prioridad de las ideas, es decir los Pesos Relativos, la decisión del grupo se determina mediante orientación matemática. Para esto se pueden establecer varias metodologías de índices como lo son las curvas funcionales.

Estos datos se promediaron dando origen a curvas que reflejan el criterio profesional de respuestas en una escala (Sub_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.

3.6 ESTIMACION DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA GENERAL

“ICA”⁴³

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 3-1 CLASIFICACION DEL “ICA” PROPUESTO POR BROWN

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: Lobos

⁴³ Lobos

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 calculo del Índice los cuales son: Coliformes Fecales, pH, (DBO₅), Nitratos, Fosfatos, Cambio de la Temperatura, Turbidez, Sólidos disueltos Totales, Oxigeno disuelto.

La evaluación numérica del "ICA", con técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de pesos específicos se debe a Brown.

Para calcular el Índice de Brown se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICA_a) o una función ponderada multiplicativa (ICA_m). Estas agregaciones se expresan matemáticamente como sigue:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 Sub_i * w_i \quad (3-1)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 Sub_i^{w_i} \quad (3-2)$$

Donde:

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

Sub_i : Subíndice del parámetro i .

Otros autores (Landwehr y Denninger, 1976), demostraron que el cálculo de los "ICA" mediante técnicas multiplicativas es superior a las aritméticas, es decir que son mucho más sensibles a la variación de los parámetros, reflejando con mayor precisión un cambio de calidad. Es por esta razón que la técnica que se aplicará en este estudio es la multiplicativa.

Para determinar el valor del "ICA" es necesario sustituir los datos en la ecuación 3-2 obteniendo los Sub_i de distintas graficas como se explicará a continuación, dicho valor se eleva por sus respectivos w_i de la **Tabla 3-2** y se multiplican los 9 resultados obteniendo de esta manera el "ICA".

Los pesos de los diversos parámetros son:

Tabla 3-2 Pesos relativos para cada parámetro del "ICA"

i	Sub_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	Oxigeno Disuelto	0.17

Los pasos a seguir para calcular los (Sub_i) del Índice de Calidad General son:
 Si los Coliformes fecales son mayores de 100,000 Bact/100 mL el (Sub_1) es igual a 3. Si el valor de Coliformes fecales es menor de 100,000 Bact/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 (Sub_1) de Coliformes fecales, se procede a elevarlo al peso w_1 .

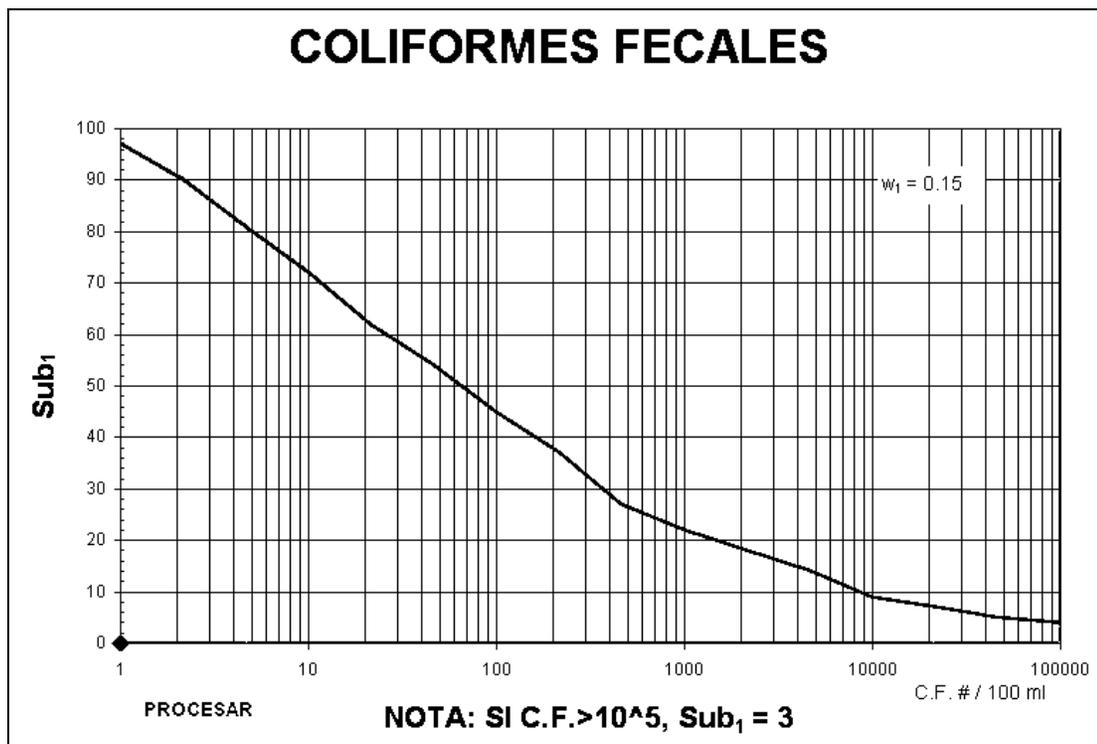


Figura 3-1 Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales

Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el (Sub_2) es igual a 2, sí el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades el (Sub_2) 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 (Sub_2) de pH y se procede a elevarlo al peso w_2 .

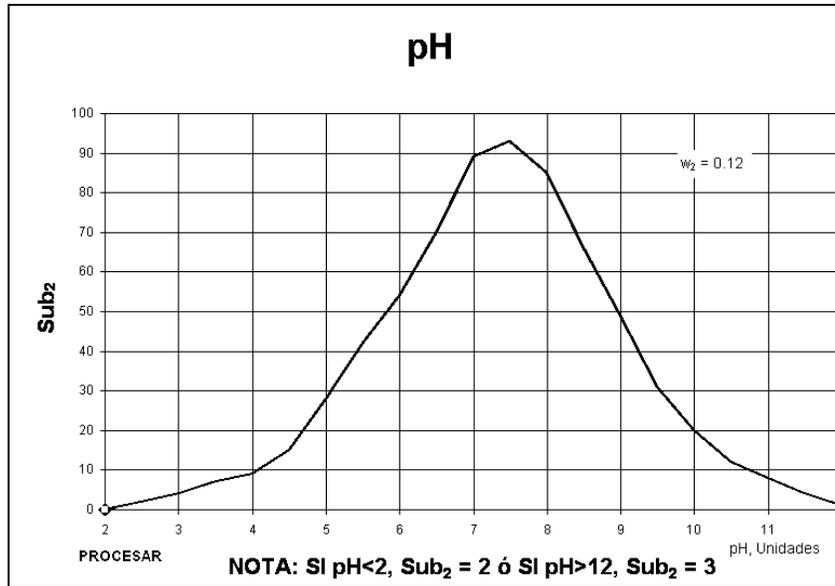


Figura 3-2 Valoración de la calidad de agua en función del pH

Si la DBO₅ es mayor de 30 mg/L el (Sub₃) es igual a 2. Si la DBO₅ 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 (Sub₃) de DBO₅ y se procede a elevarlo al peso w₃.

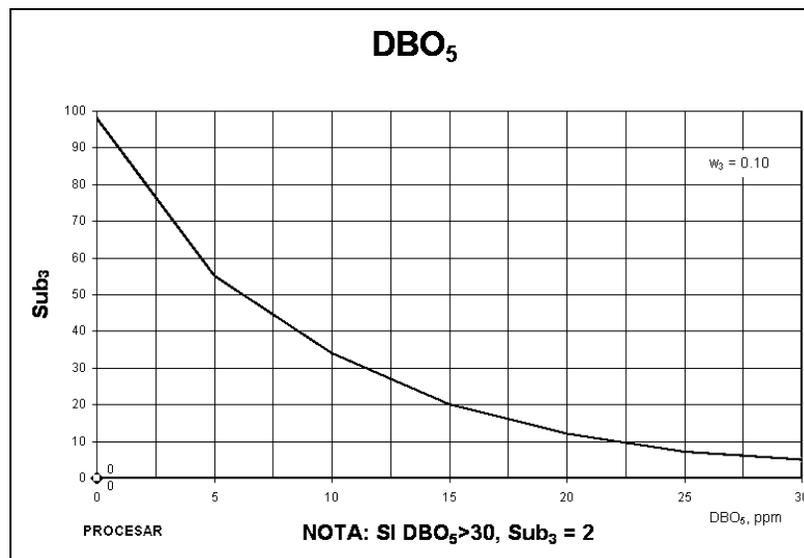


Figura 3-3 Valoración de la calidad de agua en función de la DBO₅

Si Nitratos es mayor de 100 mg/L el (Sub₄) 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

interpolarse al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub₄) de Nitratos y se procede a elevarlo al peso w_4 .

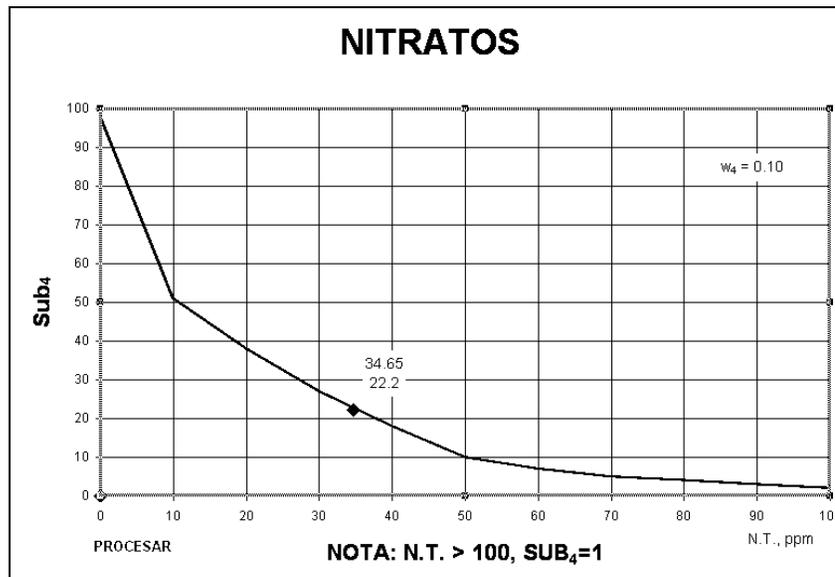


Figura 3-4 Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno

Si el Fosfatos es mayor de 10 mg/L el (Sub₅) 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 (Sub₅) y se procede a elevarlo al peso w_5 .

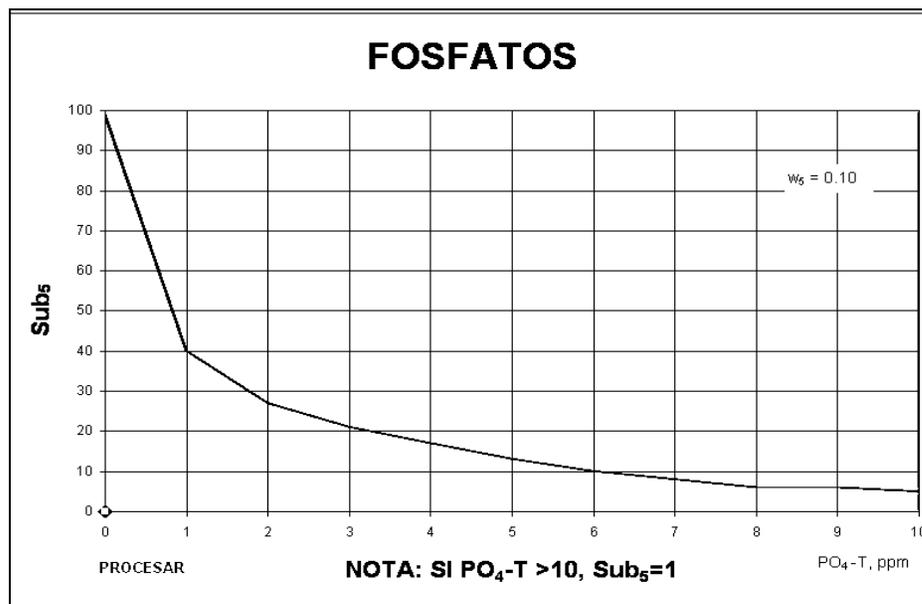


Figura 3-5 Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo

Para el parámetro de Temperatura (Sub_5) primero hay que calcular la diferencia entre la $T^{\circ}_{ambiente}$ y la $T^{\circ}_{Muestra}$ y con el valor obtenido proceder. Si el valor de esa diferencia es mayor de $15^{\circ}C$ el (Sub_5) 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 (Sub_6) de Temperatura y se procede a elevarlo al peso w_6 .

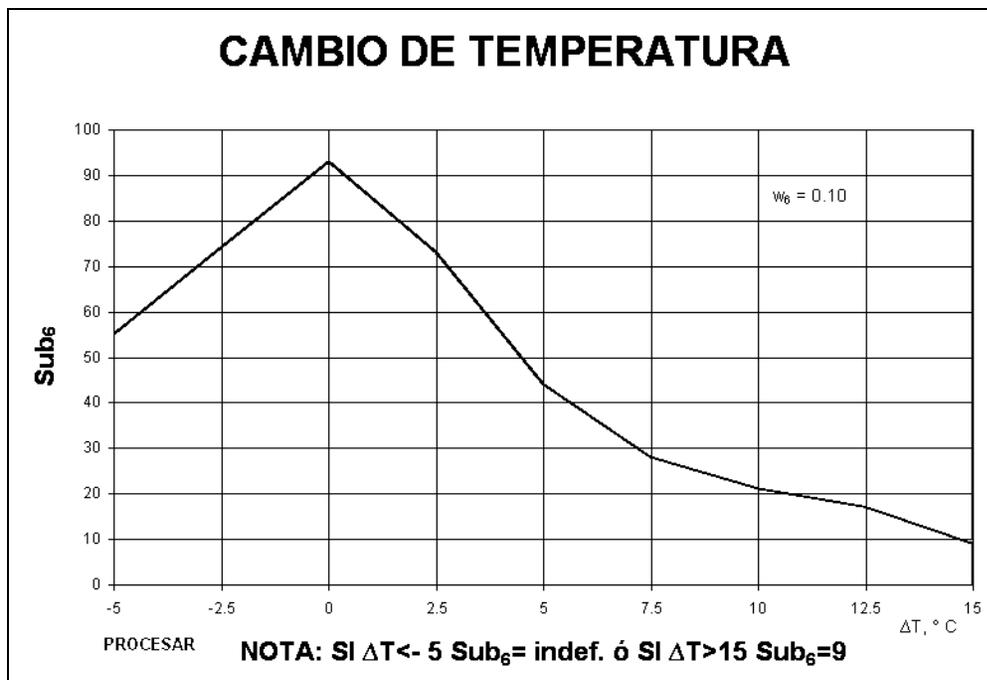


Figura 3-6 Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura

Si la Turbidez es mayor de 100 FAU el (Sub_7) es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 FAU, 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 (Sub_7) de Turbidez y se procede a elevarlo al peso w_7 .

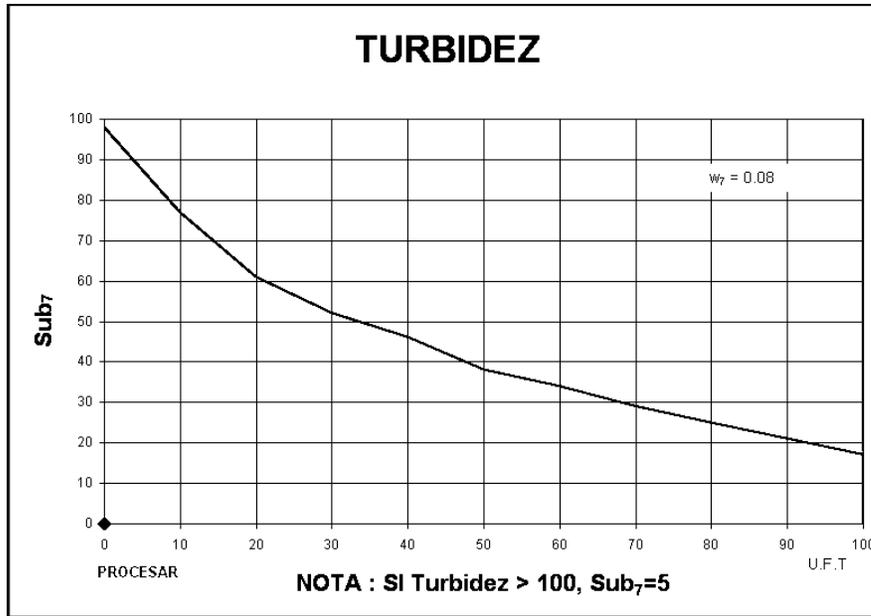


Figura 3-7 Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez

Si los Sólidos disueltos Totales son mayores de 500 mg/L el (Sub₈) 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 (Sub₈) de Residuo Total y se procede a elevarlo al peso w_8 .

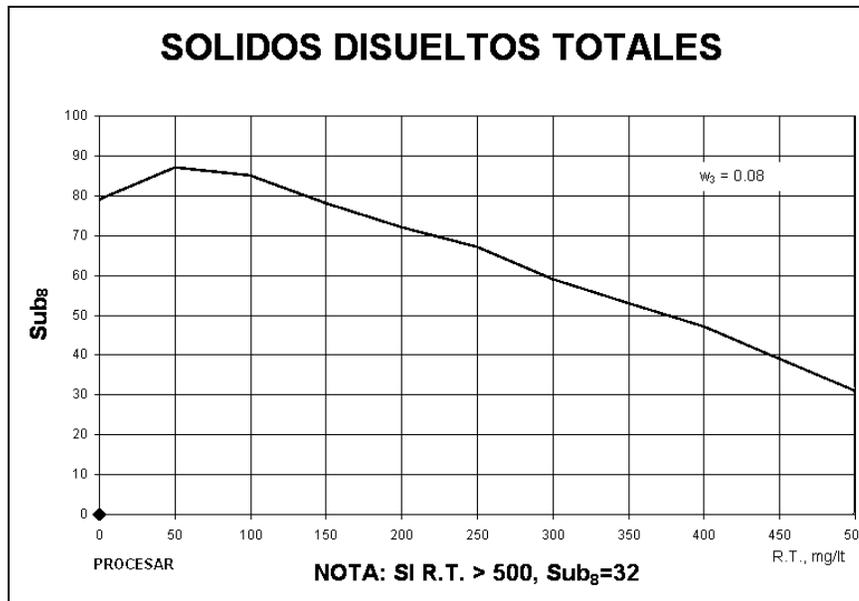


Figura 3-8 Valoración de la calidad de agua en función del Residuo Total

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 3-3**).

Tabla 3-3 Solubilidad del Oxígeno en Agua Dulce

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 (Sub_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 (Sub_9) de Oxígeno Disuelto y se procede a elevarlo al peso w_9 .

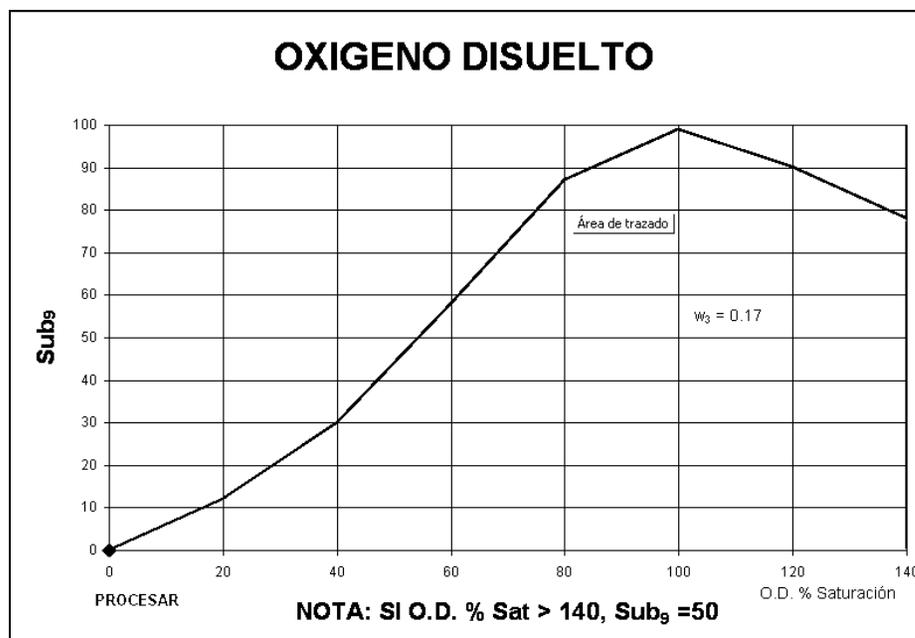


Figura 3-9 Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación del Oxígeno disuelto

Los datos obtenidos se incorporan en la siguiente Tabla para obtener el valor del "ICA" en el punto de muestreo deseado.

Tabla 3-4 Hoja para el calculo del "ICA_m"

Parámetro	Valor	Unidades	Sub _i	w _i	Total
1 Coliformes Fecales		NMP/100 mL		0.15	
2 pH		unidades de pH		0.12	
3 DBO ₅		mg/ L		0.10	
4 Nitratos		mg/ L		0.10	
5 Fosfatos		mg/ L		0.10	
6 Cambio de la Temperatura		°C		0.10	
7 Turbidez		FAU		0.08	
8 Sólidos disueltos Totales		mg/ L		0.08	
9 Oxígeno Disuelto		% saturación		0.17	
Valor del "ICA"				Σ	

3.7 VALORES DEL "ICA" PARA EL CANAL PRINCIPAL DEL RIO JIBOA

Para determinar el valor del "ICA" en los 8 puntos de muestreo se ha utilizado los resultados de los 9 parámetros implicados en el cálculo, sin embargo la metodología utilizada para el cálculo del "ICA" puede presentar errores sistemáticos tanto personales como de medida al leer las curvas de donde se obtienen los valores Sub_i , por lo cual, se diseñó un programa en MS EXCEL cuyo nombre es "ICA"/ver-1.0 que permite al usuario obtener el valor disminuyendo al mínimo dichos errores.

Un Ejemplo de cálculo se muestra en el **Anexo VIII** y los resultados del "ICA" para los 8 puntos de muestreo son los siguientes:

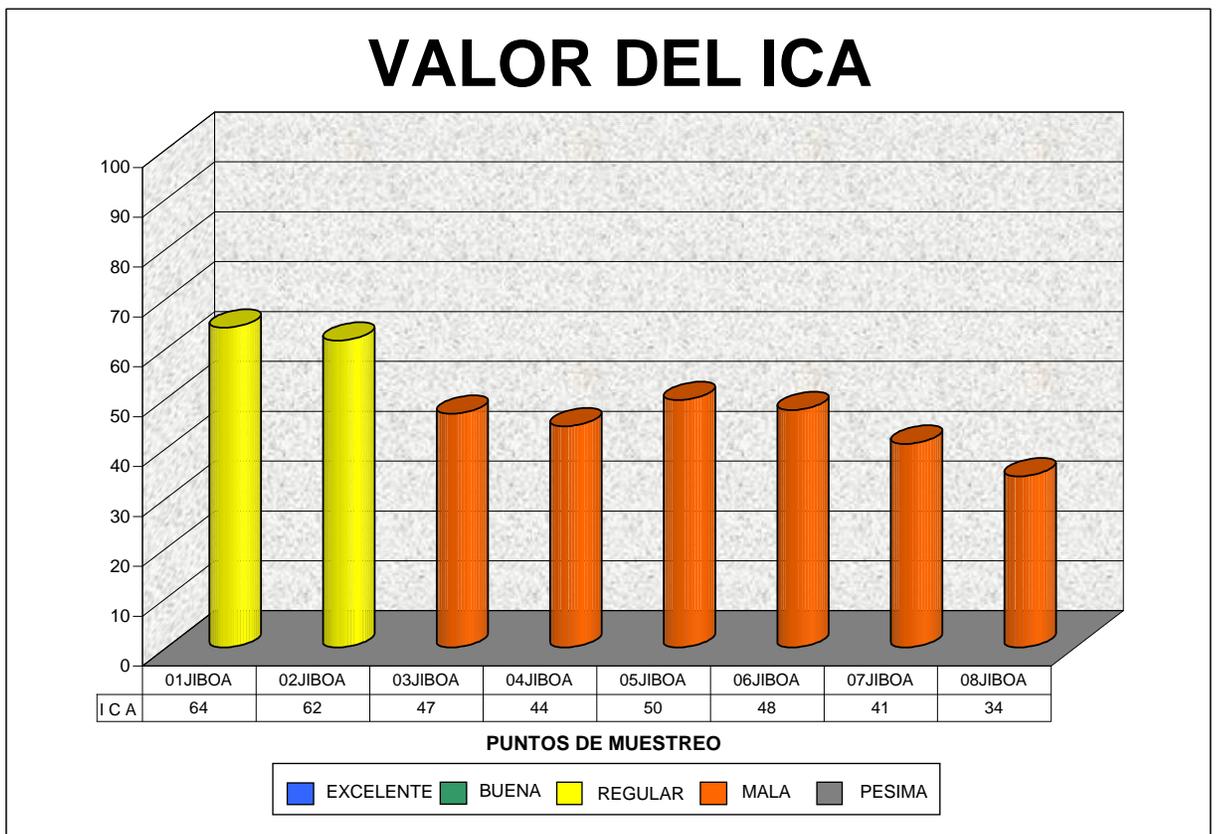


Figura 3-10 Valores del "ICA" para el canal principal del Río Jiboa

En la **Figura 3-10** se muestran los valores obtenidos al aplicar la metodología de cálculo antes mencionada, aquí se puede observar los distintos valores del "ICA" que se alcanzan a medida que se recorre la corriente del Río Jiboa en sus 8 puntos de muestreo.

3.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL "ICA" PARA EL CANAL PRINCIPAL DEL RIO JIBOA

Para efectuar el análisis en cada punto de muestreo del canal principal del Río Jiboa se compara el valor obtenido del "ICA" y las observaciones realizadas para cada sitio de toma de muestra.

Es necesario aclarar que para el primero y segundo punto se tomo un valor asumido para la DBO_5 de 1 ppm O_2 pues en laboratorio no pudo ser detectada, esto contribuyo favorablemente a los valores del "ICA".

En este apartado se procederá a hacer un análisis de los puntos de muestreo a lo largo del recorrido del Río Jiboa, para observar la variación de las características físico-químicas y microbiológicas (expresadas por medio del "ICA") la cuales determinan la calidad del agua. Es interesante tener en cuenta que la composición del agua es variable a lo largo del tiempo haciendo que el análisis de resultados del "ICA" únicamente sea valido para época seca debido a la naturaleza del muestreo tomada únicamente en este periodo.

01 JIBOA

Este punto se ubica a 1.76 Km de la naciente del Río Jiboa y presenta baja contaminación orgánica, biológica y mineral. El Índice de Calidad de Agua "ICA" es de 64 clasificándola en Calidad "REGULAR" consecuentemente permite poca diversidad de organismos acuáticos.

02 JIBOA

Este punto de muestreo se ubica en el Cantón y caserío San Antonio del municipio de San Cristóbal. El caudal del Río ha aumentado debido a la incorporación de un tributario El Río Grande, sin embargo la calidad del Canal principal ha disminuido a un valor de 62 clasificándose al igual que el anterior en calidad "REGULAR" este descenso en la calidad se debe al aumento de las Coliformes Fecales y Fosfatos.

03 JIBOA

Se ubica en el Cantón y caserío Concepción, municipio de Mercedes La Ceiba, cercano a antigua planta eléctrica el Chorreron. En este punto se tiene que el valor del "ICA" es de 47 lo que ocasiona el descenso a la clasificación de calidad de agua "MALA", este deterioro en la calidad del agua se debe principalmente al aumento de las Coliformes Fecales y Fosfatos por causa del Río El Jicaro el cual transporta las aguas negras del municipio de Cojutepeque además se observa el aumento en Sólidos disueltos Totales y la turbidez debido a la incorporación del Río El Desagüe el cual es explotado por una arenera. Por lo mencionado anteriormente el punto analizado muestra un aumento en su carga contaminante y caudal, lo que significa mayor velocidad del curso fluvial disminuyendo la capacidad de autodepuración del Río.

04 JIBOA

Este punto se ubica en el Cantón y caserío Los Zacatales, municipio de Paraíso de Osorio, aguas abajo de Río Chorreron. En este el valor encontrado para el "ICA" fue de 44 debido a que el tributario ayudo a poder diluir la concentración de los contaminantes sin embargo no fue lo suficiente pues la clasificación de la calidad sigue siendo "MALA".

Del punto anterior se puede observar que la incorporación de tributarios relativamente saludables como lo es El Río Chorreron contribuyen a la recuperación del canal principal del Río Jiboa.

Es importante mencionar que la turbidez a experimentado aumento con respecto a los puntos anteriores y esto no permite que mejore significativamente el valor del "ICA" a pesar de la contribución del Río Chorreron.

05 JIBOA

Punto localizado en el Cantón y caserío Los Zacatales a 1.5 km del punto anterior, antes de la confluencia del Río Petana en Jiboa, puede mencionarse que en este trayecto da lugar a la autodepuración del Río la cual se aprecia pues el canal principal experimenta un aumento en el valor del "ICA" a 50, que lamentablemente no es lo suficiente para escalar a la clasificación "REGULAR" y nuevamente es necesario clasificarla en "MALA", sin embargo es necesario hacer mención que las Coliformes Fecales han disminuido significativamente, no solo por la contribución del tributario (Río Chorreron) sino por la capacidad del Río de autorecuperarse, se ha observado que la tendencia del Río es a la mejora a medida que se da la ausencia de influencia humana y se limita a ser afectada únicamente por la composición geológica y pedológica de la cuenca.

06 JIBOA

Este punto se ubica en el Cantón y caserío Santa Rita Almendro, municipio de San Pedro Nonualco 20 m antes de la confluencia del Río Timiaya, la evaluación del caudal muestra un aumento del aproximadamente 64% respecto al caudal del punto anterior y un "ICA" de 48 clasificándose en el límite superior de la calidad de agua "MALA". Puede analizarse que en el transcurso del Río se da la incorporación de un buen número de tributarios de los cuales no todos se pudieron observar debido a la topografía accidentada de la región; sin embargo se menciona que entre ellos se encuentran: Río Petana, Río Amojapa, Río Frio, Río Lazareto y Río Sin Nombre. Los que favorecen de alguna manera al mantenimiento en la calidad del agua, pues Ríos como el Petana contribuyen a la dilución de contaminantes caso contrario al Río

amojapa debido a que en su recorrido en dicha municipalidad, la actividad antropogénica produce un deterioro en este, ocasionando algún impacto al desembocar en el Río Jiboa. No obstante a nivel global el curso en Canal Principal prosigue la tendencia hacia la mejora, pues la concentración no solamente de las Coliformes Fecales sino que los Fosfatos han experimentado una reducción en comparación a los 3 puntos anteriormente analizados.

Es muy probable que en este punto se focalicen varias observaciones pues la tendencia indica un posible ascenso en la clasificación del "ICA" de "MALA" a "REGULAR".

07 JIBOA

Este punto de muestreo se localiza en el Cantón y Caserío Tilapa, municipio de El Rosario, aproximadamente 15 m arriba de desembocadura de Río Tilapa en este lugar ya se han unido tributarios tales como: Río Timiaya el cual contribuye a la dilatación de contaminantes y el Río Chicomulingo el cual no se pudo observar en las distintas visitas a campo. Pese a estas aportaciones significativas con relación a la cantidad de agua, el caudal medido en este lugar presenta una reducción respecto al último punto analizado y esto es debido a que el Río es utilizado para los fines de riego en los inmuebles ribereños destinados al cultivo.

El valor calculado del "ICA" es de 41, rompiendo con la tendencia a la mejora anteriormente mencionada y asentándose categóricamente en la clasificación de calidad de agua "MALA".

Es importante hacer mención que las actividades de explotación del recurso hídrico tanto para usos agrícolas (riego específicamente) como para la extracción de materiales por parte de las areneras se ven intensificada desde esta localidad y es consecuente con el valor obtenido del "ICA", donde la mayor parte de sus parámetros (Coliformes Fecales, Turbidez, Fosfatos y

Sólidos disueltos Totales) que describen el deterioro en este valor, se relacionan directamente con las actividades antes mencionadas.

08 JIBOA

Este punto de muestreo se localiza en el Cantón y caserío El Pedregal, municipio El Rosario aproximadamente 150 metros aguas arriba de desembocadura del Río sepaquiapa el cual no aporta agua al río Jiboa en época seca. El valor que se calculo para el "ICA" es de 34 que es el mas bajo de todos, clasificándose en la calidad de agua "MALA" y de esta forma se observa que el canal principal del Río Jiboa prosigue su curso hasta la desembocadura con el mar.

En la visita a campo se pudo constatar que tanto el Río Tilapa como el Río Sepaquiapa no aportan caudal al Canal principal debido a su utilización para riego (aguas arriba), además de las fuertes actividades de extracción de materiales en el Río por parte de las areneras y un considerable aumento de la densidad poblacional contribuyen a que los parámetros de evaluación determinen que el potencial del agua se ha reducido drásticamente volviéndola poco factible para usos agrícolas e industriales por la necesidad de tratamientos intensivos.

3.9 ZONIFICACIÓN DEL CANAL PRINCIPAL DEL RÍO JIBOA SEGUN SUS USOS.

La zonificación del canal principal del Río Jiboa se ejecutará tomando como base criterios de categorías que permitirán delimitar las zonas para los usos adecuados. 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.

Existen multitud de categorizaciones elaboradas por diferentes organizaciones e instituciones internacionales. Ante la inexistencia de leyes nacionales sobre calidad del agua fluvial en El Salvador, se ha tomado como referencia la categorización abalada por la UNESCO, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP). Los valores se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3-5 Valores Que Pueden Adoptar Los Parámetros Para Definir Categorías Y Usos del Agua.

PARAMETROS	Unidades	Categorías			
		1	2	3	4
T Agua	° C	21.5	25	25	30
pH		6.5-8.5	6.5-8.5	6-8.5	6-9
Conductividad	mS/cm	1	1	1	2.5
OD	mg/L	7.1	6.7	3	2
DBO	mg/L	3	5	7	15
DQO	mg/L	30	30	30	60
Nitrógeno	mg/L	1	2	3	10
Fosfatos	mg/L	0.4	0.7	0.7	20
Coli. Fecales	NMP/100	20	200	2,000	10,000
Turbidez	UNT	40	100	100	> 100

(Fuente: "Water Quality Assessments. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring". Chapman & Hall, Londres, 1992.)
Para turbidez: Resolución CONAMA 20/86

Los usos para las categorías asignadas son los siguientes:

Categoría 1: Todos los usos exigentes: Fácil potabilización; vida piscícola exigente; posibles zonas de baño; regadíos exigentes; usos industriales exigentes; especial interés ecológico.

Categoría 2: Amplios usos, con precauciones: Potabilización con tratamientos intermedios; vida piscícola no tan exigente; algunas zonas de baño muy localizadas; regadíos no tan exigentes; usos industriales menos exigentes.

Categoría 3: Usos restringidos: Potabilización pero con tratamientos avanzados; posible vida piscícola de especies muy resistentes; regadíos poco exigentes; usos industriales poco exigentes.

Categoría 4: Usos mínimos: regadíos muy poco exigentes; usos industriales muy poco exigentes.

Las concentraciones están expresadas en términos de valor máximo admisible, excepto en:

pH: expresado en términos de valor mínimo y máximo.

OD: expresado en términos de valor mínimo.

Un parámetro puede tener las condiciones necesarias para pertenecer a varias categorías; es decir, si puede pertenecer a la primera de ellas (que es la más restrictiva) podrá pertenecer también al resto. Con lo que la categoría global de la calidad del agua en cada punto se verá determinada por la existencia de parámetros que se estén incluidos en una categoría menos restrictiva.

En base a estas categorías podemos partir para realizar una zonificación del canal principal del Río Jiboa. La zonificación permitirá conocer los posibles usos que se le puede dar al agua en cada tramo analizado, permitirá también determinar el impacto que ejerce la actividad humana en cada punto del río, es decir, que los usos actuales en los tramos del río pueden afectar de tal forma al río que podría desmejorar la calidad del agua, y de esta forma impedir un uso del agua para actividades importantes como lo es la agricultura.

A continuación se presenta una tabla en donde se encuentran las posibles categorías para uso del agua en cada punto de toma de muestra, las categorías se registran para cada parámetro y luego dependiendo de la restricción de las categorías se determina una global. (**Tabla 3-6**)

De acuerdo al análisis anterior, las zonas en el canal principal del Río Jiboa, son bien marcadas. En el primer punto de toma de muestra, la categoría del Río es de 4, lo cual indica que sus usos pueden ser para regadíos muy pocos

exigentes y para usos industriales muy pocos exigentes. Del punto 3 al punto 5 la zona presenta una degradación aun mayor, quedando el agua no apta para ningún tipo de uso, en el punto 6 y 7, la DQO presenta una recuperación logrando que en esta zona el agua vuelve a ser de categoría 4 y por ultimo vuelve a quedar inutilizable. Se puede observar como la presencia alta de fosfatos, se mantuvo siempre en la categoría 4, esto se debe a las áreas de cultivos a la orilla del canal, que incorporan al río residuos de pesticidas órgano fosforados y de fertilizantes.

Tabla 3-6 Posibles usos del Canal Principal del Río Jiboa

PARAMETRO	PUNTOS DE MUESTREO							
	01 JIBOA	02 JIBOA	03 JIBOA	04 JIBOA	05 JIBOA	06 JIBOA	07 JIBOA	08 JIBOA
T Agua	2,3	4	ningún uso	4	4	4	ningún uso	ningún uso
pH	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Conductividad	1,2,3,	1,2,3,	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
OD	3	3	2	1	1	1	1	3
DBO	1	1	1	1	1	1	1	2
DQO	1,2,3	1,2,3	ningún uso	ningún uso	ningún uso	4	1,2,3	ningún uso
Nitrógeno	4	1	2	2	2	2	1	3
Fosfatos	4	4	4	4	4	4	4	4
Coli. Fecales	3	2	4	3	3	3	4	ningún uso
Turbidez	1	1	2	4	4	4	4	4
Categoría	4	4	ningún uso	ningún uso	ningún uso	4	4	ningún uso

Los valores de los parámetros obtenidos en el muestreo se presentan en el **Anexo 3-6**.

Por lo tanto se reconocen 2 zonas, una que posee categoría 4 y la otra que se clasificó como: "ningún uso" de esta última se selecciono como *zona critica* el tramo que inicia en la confluencia con el río El Desagüe pasando por 10 municipios de la región hasta llegar a la desembocadura del cause.

4. PROPUESTAS DE MITIGACIÓN PARA EL CANAL PRINCIPAL DEL RÍO JIBOA.

La calidad del canal principal del Río Jiboa según los análisis del ICA y de la zonificación en base a usos (efectuado en el capítulo 3), se encuentra en una situación de alto deterioro. Los Valores del ICA para el canal principal del Río Jiboa, están dentro de un rango de 64 a 32 (Regular y mala) y en base a los usos del agua lo clasifican entre la categoría 4 (que son para usos mínimos) y para ningún usos en los puntos mas críticos. Según los resultados obtenidos en los 8 puntos de muestreo, se pude observar que el deterioro en el canal principal del Río Jiboa es debido principalmente a la explotación desmedida para la extracción de arena, los análisis de laboratorio en los ocho puntos revela el aumento de los sólidos suspendidos, lo cual coincide con la observación en campo de la presencia de areneras. El aumento de sólidos suspendidos, totales y disueltos, también se debe a la existencia de áreas altamente deforestadas que contribuye en gran medida al arrastre de sedimento.

En el presente capítulo se exponen propuestas de mitigación dirigidas en gran parte a la reducción de la incorporación de sedimento en el Río Jiboa, se considera también, que debe existir un mayor conocimiento del grado de toxicidad que posee el sólido incorporado por esto mismo, se sugiere un estudio de evaluación de contaminación por sedimento. Otras propuestas tienen como objetivo la reducción de compuestos contaminantes incorporados por la actividad agrícola en la zona de estudio.

En el siguiente cuadro se hace un resumen de las propuestas de mitigación enfatizando las ventajas que implica llevarlas a cabo.

Tabla 4-1 Medidas de mitigación para el canal principal del Río jiboa.

Problema	Medidas	Ventajas de la medida
Escorrentía de los suelos y sedimentación.	Construcción de Barreras vivas y/o muertas.	Reducción de la incorporación de suelo al río por escorrentía. Reducción de contaminantes adheridos al suelo.
Uso de pesticidas.	Reducción de los efectos negativos de los productos químicos agrícolas mediante la utilización de sistemas de manejo integrado de plagas.	Disminución del uso de productos químicos.
Alta Concentración de fósforo.	Análisis de concentración de fósforo en el suelo. Construcción de letrinas. Construcción de lavaderos comunales.	Evita el uso excesivo de fertilizantes. Disminuye la concentración de fósforo en las aguas superficiales.
Desconocimiento del grado de toxicidad que poseen los sedimentos	Evaluación Del Grado De Contaminación En Sedimentos.	Mayor conocimiento de la calidad de agua del canal principal del Río Jiboa.
Industrias que explotan el recurso fluvial	Tratamiento De Las Aguas Descargadas Por Las Areneras.	Reducción de la incorporación de sólidos en el Río.

4.1 PROPUESTAS AGRÍCOLAS⁴⁴

Como es bien sabido, la agricultura es el principal usuario de recursos de agua dulce, ya que utiliza un promedio mundial del 70 por ciento de todos los suministros hídricos superficiales. Si se exceptúa el agua perdida mediante evapotranspiración, el agua utilizada en la agricultura se recicla de nuevo en forma de agua superficial y/o subterránea. No obstante, la agricultura es al mismo tiempo causa y víctima de la contaminación de los recursos hídricos. Es causa, por la descarga de contaminantes y sedimentos en las aguas superficiales, por la pérdida neta de suelo como resultado de prácticas agrícolas desacertadas y por la salinización e inundación de las tierras de regadío. Es víctima, por el uso de aguas residuales y aguas superficiales y subterráneas contaminadas, que contaminan a su vez los cultivos y transmiten enfermedades a los consumidores y trabajadores agrícolas. La agricultura se desarrolla en una simbiosis de tierras y aguas, como se señala claramente en el documento FAO (1990a), "... deben adoptarse las medidas adecuadas para evitar que las actividades agrícolas deterioren la calidad del agua e impidan

⁴⁴ *Estudio de la Calidad de las aguas superficiales de los Principales Ríos del Área de Influencia del PRODAP II.*

posteriores usos de ésta para otros fines". Las propuestas agrícolas presentadas a continuación fueron desarrolladas con base a las medidas de acción que deberán adoptarse en la agricultura en lo que respecta a la calidad del agua según la FAO.

4.1.1 CONSTRUCCIÓN DE BARRERAS MUERTAS Y/O VIVAS

Las barreras vivas son líneas de vegetación densa sembradas a curvas de nivel para reducir la velocidad de la escorrentía superficial y retener los sedimentos. Si la especie vegetal sembrada también sirve como forraje, entonces la barrera cumple una doble función: controlar la escorrentía y alimentar el ganado. Son una opción factible de ser implementada por el pequeño productor para reducir la erosión causada por el agua de escorrentía, aumentar la disponibilidad de forraje e la época seca y reducir la presión sobre el uso de los rastrojos. Las barreras muertas, son muros a nivel, contruidos con piedras superficiales de tamaños manejables presentes en el terreno. En las laderas, las barreras deben ser contruidas sobre una pequeña base aplanada para darles mayor sustentación y no sobrepasar una altura de 50 cm. La ventaja de éste tipo de obra es que se aumenta el área útil de los terrenos y al limpiarlo de piedras se facilitan las labores agrícolas.

4.1.2 REDUCCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS AGRÍCOLAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS.

El manejo integrado de plagas consiste en medidas que pueden implementarse en técnicas agrícolas, con el fin de disminuir la aplicación de productos químicos que contaminan el suelo, y posteriormente los ríos por la incorporación de sólidos contaminados.

Las medidas más comunes son las siguientes:

Variedades a sembrar.

Es apropiado seleccionar las variedades de cultivos a sembrar para obtener resultados favorables, tomando en cuenta la susceptibilidad de estas a las plagas y enfermedades, que es potencialmente traducido a una mayor aplicación de agroquímicos.

Monitoreos del cultivo.

El monitoreo del cultivo se realiza con el fin de determinar si hay necesidad de la aplicación de agroquímicos, e identificar el momento mas oportuno para realizar dicha aplicación.

Plantas trampa.

Estas plantas son sembradas cercanas al área de cultivo, esta medida es efectiva ya que se puede combatir la plaga en la "planta trampa" que carece de valor comercial, disminuyendo así la aplicación de agroquímicos en el cultivo de interés y confinando la aplicación de este en un área en específico.

Siembra.

Si el clima lo permite, puede elegirse una fecha adecuada en la que se realice la siembra, conviene pues cultivar en aquellas épocas en que la plaga este ausente o su nivel de propagación sean mínima.

Control de malezas.

Es recomendable mantener el área de cultivo libre de malezas antes de la siembra y durante el desarrollo del cultivo, ya que las malezas además de competir por nutrientes del suelo, pueden albergar insectos patógenos que luego se convierten en plaga.

Rotación de cultivos.

La alternación de diferentes tipos de cultivos en el suelo permite alterar el proceso de desarrollo de las plagas y enfermedades que atacan a los cultivos.

4.1.3 REDUCCIÓN DE FUENTES DE FOSFATOS ⁴⁵.

Los fosfatos presentes en el agua pueden provenir de distintas fuentes tales como: desechos humanos y animales, residuos industriales, arrastre de residuos de fertilizantes, detergentes, etc.

Durante el estudio de campo no se pudo constatar algún tipo de efluente industrial específico de esta naturaleza, sin embargo se pueden identificar varias fuentes dispersas: residuos de agroquímicos aplicados a cultivos, heces fecales humanas y animales y detergentes, por lo cual se recomiendan tomar las siguientes medidas con respecto a cada una de las posibles fuentes de contaminación.

Estudio de la composición de Fósforo en el suelo.

Es recomendable, previo a la siembra, el realizar un análisis del suelo para estimar los requerimientos de fertilizante en el suelo con el fin de evitar una aplicación desmedida e innecesaria de estos.

Los nutrientes aplicados al fertilizar pueden clasificarse según su modo de reaccionar con el suelo en "móviles" o "inmóviles". Los primeros, tal el caso del nitrógeno, reaccionan muy poco con el suelo luego de su aplicación y se mueven en forma relativamente "libre" a través del perfil del suelo en general en la dirección de movimiento del agua. Los nutrientes "inmóviles" son aquellos que luego de aplicados reaccionan con el suelo en tal manera que se mueven muy poco desde su sitio en el que entran en contacto con el suelo porque se producen reacciones cuyos productos presentan una solubilidad menor a la presente en el fertilizante.

En general, los cultivos no captan mas del 15 - 25 % del P aplicado anualmente siendo la cantidad no disponible (fijada) dependiente de la acidez

⁴⁵ <http://www.fertilizar.org.ar/articulos/Manejo%20del%20Fosforo%20en%20Sistemas%20de%20Siembra%20Directa.htm>

y la mineralogía del suelo. La mayor disponibilidad se logra en condiciones de pH entre 6 y 7, por debajo de 6 aumenta la formación de productos con hierro o aluminio y por sobre pH 7 - 7.5 los productos son dominados por calcio.

Los riesgos de pérdida de P por lavado (lixiviación) son mínimos y ocurren luego de la saturación de los sitios de fijación, como en el caso de suelos arenosos con altas aplicaciones de estiércol u otros productos ricos en P. El transporte superficial de P es factible como consecuencia de la pérdida de suelo por procesos erosivos que generen el transporte de partículas minerales finas (materia orgánica, arcillas) sobre las que se encuentran retenidos los fosfatos.

Construcción de letrinas.

Otro de los factores que contribuyen a la contaminación de los ríos con fosfatos son los residuos de heces fecales tanto humanas como animales, que son transportadas hacia estos cuerpos por escorrentías, vientos o vertido directo ; una de las alternativas para contrarrestar la contaminación por heces fecales humanas es la construcción de letrinas que son infraestructuras adecuadas para la captación de los residuos humanos en aquellas áreas en las que no se tiene acceso a un sistema de alcantarillado que canaliza adecuadamente estos desechos.

Construcción de lavaderos comunales.

Algunos detergentes de uso común contienen en alguna medida polifosfatos o fosfatos que son agentes químicos utilizados para fijar los iones calcio y magnesio presente en aguas duras y también favorecen la capacidad emulsionante del detergente ; es así, que de manera cotidiana con el lavado de ropa, utensilios de cocina, etc. en el río, se da un aporte a la contaminación por fosfatos, y considerando la necesidad de la población cercana a las riveras de los ríos a continuar con esta acción es que debe adoptarse alguna medida para la mitigación de la contaminación por fosfatos de esta actividad.

La construcción estratégica de infraestructura dedicada a las actividades de lavado “lavaderos” aunado a un sistema de tratamiento de las aguas residuales podría no solo mitigar el aporte de fosfatos a las aguas del Río, sino también otros componentes contaminantes resultantes de dicha actividad, para llevar acabo dicha propuesta se requiere inicialmente la determinación de aquellos puntos estratégicos a lo largo del canal principal del Río Jiboa, en donde su ubicación satisfaga tanto a los requerimiento de la población como a resultados esperados medioambientalmente, específicamente con respecto al saneamiento del agua residual de lavado.

4.2 EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN EN SEDIMENTOS⁴⁶.

La propuesta consiste en la evaluación de la presencia de contaminantes en los sedimentos, ya que estos pueden representar un peligro de toxicidad en las aguas del río. La toxicidad de los Contaminantes presentes en los sedimentos depende de la biodisponibilidad de este, es decir del grado de migración que el contaminante pueda presentar hacia el cuerpo de agua.

4.2.1 CONTAMINACIÓN POR SEDIMENTOS.

Regularmente el término sedimentos, involucra en la bibliografía consultada, al material suspendido que está en la columna de agua y al depositado en el lecho de ríos, estuarios y cuerpos lacustres.

El sedimento juega un importante rol en el mantenimiento de la calidad del agua, debido a la capacidad asimilativa de los mismos para ligar, inmovilizando en ocasiones en forma casi permanente a metales pesados, herbicidas y plaguicidas.

Por otro lado, cuando se alteran ciertas condiciones físico químicas, provocadas por efectos mecánicos (ejemplo: dragado / construcción de puentes, canalizaciones) o se generan procesos biológicos en el fondo de los

⁴⁶ Manual de evaluación y manejo de sustancias tóxicas en aguas superficiales (sección 4), CEPIS.

cuerpos hídricos, estos compuestos tóxicos y otros convencionales suelen liberarse, tanto desde los sólidos suspendidos como desde el sedimento en el fondo del cuerpo de agua. Algunos de ellos solo ejercen demanda de oxígeno para su estabilización, otros más tóxicos afectan más a la biota, alterando la ecología del medio circundante al deteriorar la calidad de la columna de agua circundante, generando riesgos para la salud humana y aprovechamiento integral del recurso.

El efecto contaminante de la mayoría de los compuestos que pasan de un estado disuelto en la columna de agua ligados a partículas en suspensión y / o acumulados en el lodo o sedimentos del lecho del río, varían su incidencia ambiental según su concentración y estado de biodisponibilidad predominante.

La existencia de barros contaminados afecta prioritariamente a los organismos acuáticos que allí viven, que se nutren o requieren ese hábitat para su reproducción, por ejemplo: los peces.

Estos últimos y el bentos⁴⁷, se convierten ahora en bioacumuladores de tóxicos y en casos extremos de contaminación, el barro inhibe el crecimiento y hasta llegar a producir la muerte de los organismos bentónicos, limitando la supervivencia de los organismos superiores que se nutren de ellos.

Se consideró importante brindar información sobre fenómenos químicos que se presentan en los sedimento con el fin de conocer un poco sobre la complejidad que implica un estudio completo sobre el grado de toxicidad de un determinado compuesto orgánico o metálico en el cuerpo de agua. Los criterios utilizados para la evaluación de toxicidad de compuestos orgánicos y metálicos presentes en sedimentos se presentan en el **anexo XIX**

⁴⁷ Organismos que buscan se sustento alimenticio sobre o dentro del lodo y el lógamo constituyen los bentos.

4.3 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS DESCARGADAS POR LAS ARENERAS⁴⁸

Las industrias areneras representan la mayor fuente de contaminación puntual para el Río Jiboa. Los problemas causados por la incorporación de la arena son notables en la claridad del agua, que físicamente podemos cuantificarla por la turbidez, sólidos totales y sólidos suspendidos. Sin embargo como ya se mencionó en el apartado anterior, los sedimentos pueden aportar contaminantes ya sea orgánicos o metales pesados. Es decir, que aminorando la incorporación de los sólidos, también podríamos estar aportando a la reducción de otros contaminantes que producen toxicidad en las aguas.

En este apartado se hace una propuesta de tratamiento de las aguas producidas por las areneras.

Para reducir la cantidad de sólidos volcada al río, se propone la construcción de una planta de Tratamientos de agua que tenga como objetivo, lograr la sedimentación de las partículas de arenas. Para esto es necesario pruebas de laboratorio, tales como tiempo de sedimentación de las partículas, estudio de granulometría y determinación de los caudales producidos en un tiempo determinado en el desarrollo del proceso de extracción de la arena.

Las arenas consisten en arena, grava, cenizas y otros materiales pesados con pesos específicos o velocidades de sedimentación considerablemente superiores a los de los sólidos orgánicos putrescibles. Para caracterizar a las arenas, se suele emplear una densidad global de 1600 kg/m^3 .

Como el objetivo es solo la reducción de sólidos, se propone que el tratamiento consista en un previo, seguido de un tratamiento primario.

⁴⁸ Ingeniería De Las Aguas Residuales, Metcalf y Eddy

4.3.1 DESARENADORES.

La eliminación de arenas se puede llevar a cabo en desarenadores. Estos se colocan antes de los tanques de sedimentación primaria.

El desarenador mas utilizado es el de tipo rectangular de flujo horizontal. Estas unidades se proyectan de modo que mantenga una velocidad lo mas cercana posible, a 0.3 m/s, y que proporcione suficiente tiempo como para que sedimenten en el fondo del canal las partículas de arena.

El proyecto de desarenadores de flujo horizontal deberá realizarse de tal forma que bajo las condiciones mas adversas posibles, la partícula de arena más ligera alcance el fondo de canal antes de llegar al extremo del mismo. Normalmente, los desarenadores se proyectan para eliminar todas las partículas de arena que quedan retenidas en un tamiz de malla 65 (diámetro de 0.21mm).

4.3.2 TANQUES DE DECANTACIÓN PRIMARIA.

Siempre que un líquido contenga sólidos en suspensión se encuentre en estado de relativo reposo, los sólidos de peso específico superior al del líquido tienen tendencia a depositarse, y los de menor peso específico tienden a ascender.

Estos principios básicos se emplean para el proyecto de los tanques de decantación para el tratamiento de las aguas residuales (Figura 4-1). La finalidad del tratamiento por sedimentación es eliminar los sólidos fácilmente sedimentables y del material flotante y, por lo tanto, reducir el contenido de sólidos en suspensión del agua.

Los tanques de sedimentación primaria bien dimensionados y explotados con eficiencia eliminan entre el 50 y el 75 % de los sólidos suspendidos y entre el 25 y el 40% de la DBO.

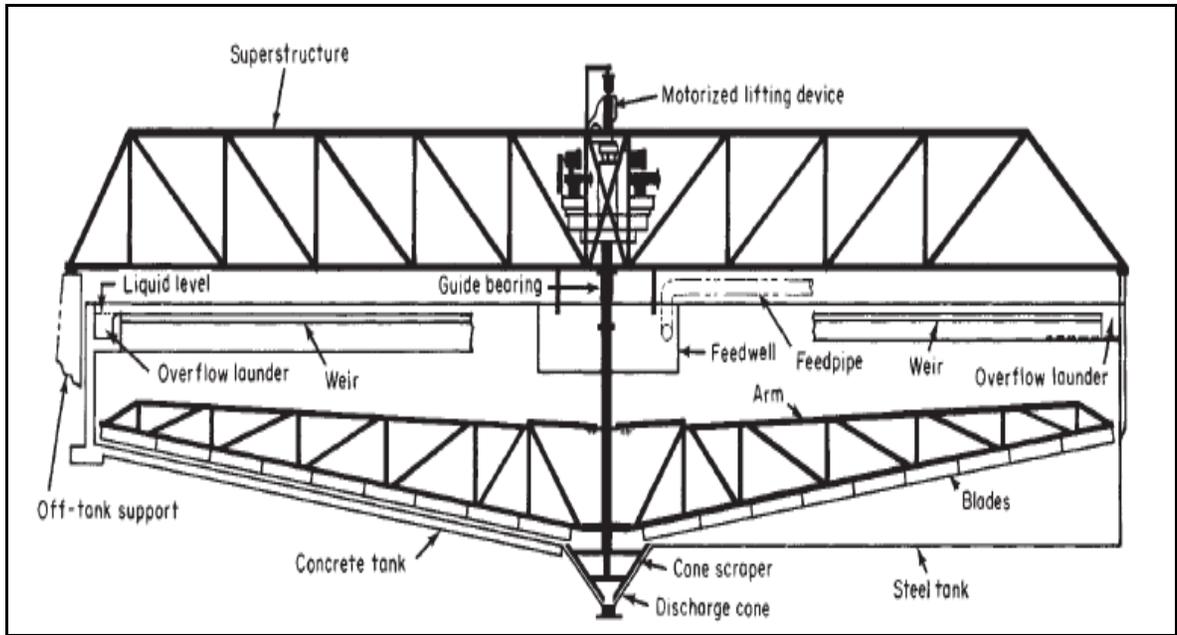


Figura 4-1 Sedimentador Primario para tratamiento de aguas.

Fuente: Manual del Ingeniero Químico (Perry).

4.4 APLICACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LAS LEYES DEL MEDIO AMBIENTE

Se propone INTEGRAR la Gestión del Recurso Hídrico, lo que incluye uniformar y armonizar el aspecto normativo, de tal forma que pueda orientarse y promoverse coherentemente el manejo y desarrollo coordinado del agua, con el fin de maximizar el bienestar social y económico sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales.

También se ha hablado de que el problema no es la carencia de una legislación adecuada, sino la carencia de una voluntad política de recursos y medios para llevar a cabo la aplicación, incluso coercitiva de las normas existentes. Y efectivamente, mientras la INTEGRACIÓN de la GESTION DEL AGUA, tanto legal como institucional no sea una realidad clara y concreta, plasmada a la manera establecida por la Constitución en el proceso de creación de la Ley o leyes que al efecto deberían de nacer a la vida jurídica para hacer concreto tal objetivo, toda conducta o actividad, relacionada con la gestión del Recurso

Hídrico seguirá siendo regulada y normada por esa dispersidad de Leyes, que es menester integrar, a fin de que las mismas puedan ser aplicadas de tal forma que produzcan efectos positivos, aún con todos los defectos, obstáculos e inconvenientes que esto pueda conllevar.⁴⁹

⁴⁹ "CONCIENTIZACION Y EDUCACION AMBIENTAL INTEGRAL EN EL AMBITO LOCAL Y CUENCASSELECCIONADAS EN EL SALVADOR" PROCEDAMO

CONCLUSIONES

1. Según el "ICA", la calidad del agua en el canal principal del río Jiboa presenta valores aguas arriba que la clasifican como "REGULAR"; sin embargo, en su recorrido aguas abajo sufre cambios debido a factores antropogénicos que modifican su composición provocando el descenso a la clasificación de calidad de agua "MALA".
2. De acuerdo a la investigación realizada se encontró que los principales factores que modifican la calidad de agua del Río son: La confluencia del río el Desagüe, el mal manejo de las parcelas agrícolas y la explotación de material pétreo en la cuenca del Jiboa.
3. Los contenidos de Fosfatos en el canal principal del Río Jiboa poseen valores que lo ubican en los rangos de usos mínimos del agua (categorización 4 según UNESCO, OMS y UNEP), la incorporación de estos es debida en su mayor parte a los uso de agroquímicos.
4. La implementación de iniciativas y propuestas en el contexto legal y normativo respecto a la gestión de los recursos hídricos, enfrentan no sólo problemas de aceptación social y política, sino también las limitaciones debido a la escasa capacidad financiera y técnica en las instituciones encargadas de velar por la permanencia de esfuerzos sistemáticos de monitoreo y cumplimiento de la normatividad ya existente.

RECOMENDACIONES

1. La explotación del material pétreo trae consigo una excesiva incorporación de sólidos al Río Jiboa, sin embargo existe la manera de amortiguar este impacto utilizando los principios del proceso unitario llamado sedimentación. Hay muchas maneras de aplicar los procesos físicos y químicos para disminuir considerablemente la masa de sólido en una corriente de agua, muchos de estos tratamientos son sencillos y no requieren de una alta inversión, por lo que es viable y necesaria la aplicación de dichas tecnologías para la mitigación del impacto.
2. Es necesario que en la región del río Jiboa se trabaje bajo desarrollo sostenible entre la agricultura y la preservación del agua; esto se puede lograr con la implementación de medidas encaminadas a reducir (e incluso en algunos casos a eliminar) el uso de sustancias tóxicas que contaminan las aguas.
3. Establecer y consolidar un mecanismo de coordinación y acción entre las Organizaciones de la comunidad, Centros escolares, Unidades de salud y Gobiernos locales, para la conservación de la Región del río Jiboa.
4. El Ministerio de Agricultura, como ente responsable de las áreas destinadas a usos agrícolas, debe preocuparse por elaborar un inventario de empresas o personas que están haciendo uso de las tierras en los Distritos de Riego pertenecientes a la región y al mismo tiempo determinar que la distribución de agua se haga conforme a su disponibilidad.

5. Como medida para minimizar el deterioro del río Jiboa es necesario que las entidades encargadas de la preservación del recurso, agilicen los instrumentos legales hacia las empresas que no han presentado el estudio de impacto ambiental; dejando en evidencia la falta de viabilidad de su proyecto respecto al medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS

BALAIRÓ PÉREZ, Luis. "Gestión De Los Recursos Hídricos". Barcelona Ediciones UPC. 2000

CEPIS, "*Manual de Evaluación y Manejo de Susutancias Tóxicas en Aguas Superficiales*" Diciembre 1988.

HELMER Richchard; HESPANHOL Ivanildo. "*Guía Para La Aplicación De Principios Relacionados Con La Calidad Del Agua*", CEPIS, OPS, OMS 1999.

FAIR-GEYER, "Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas residuales". LIMUSA, México 1994.

GUZMÁN, Anastasio. "*Ingeniería Sanitaria: Agua, Subestructura - Composición - Análisis*". Escuela Nacional de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México. México, 1977.

METCALF & EDDY, "*Ingeniería de Aguas Residuales*". Departamento de Ingeniería de Procesos. 2a Edición. Editorial McGraw-Hill. Tomo III México, 1997

PRODIA, "*Diseño de redes de monitoreo, estadísticas, precisión de las determinaciones analíticas, control de calidad*", Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente (Argentina), Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental.

PRODIA, "*Monitoreo de agua y sedimentos en cursos superficiales y de suelos afectados por contaminantes de origen industrial*", Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente (Argentina), Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY, "*Manual De Campo Interinstitucional Para La Recolección De Datos Sobre La Calidad Del Agua*", traducción en Español 2004.

URRUTIA PÉREZ Roberto; PARRA BARRIENTOS Oscar; ACUÑA CARMONA Adolfo, "*Los Recursos Hídricos. Una perspectiva global e integral*", INET y GTZ GmbH. ARGENTINA. 2003

TESIS

ARMERO DURÁN, Dora Alicia. "*Evaluación Del Efecto Agrícola Sobre La Calidad Del Agua Del Río Sucio*". Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, 2003.

Henríquez Lorenzano A. A.; Arriaza Granado J. A. "*Estudio hidrológico aplicado a la prevención de inundaciones en la parte baja del Río Jibia*". UTLA, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Agosto 1997.

HERCULES ORELLANA, Ingrid Jeannette; MERLOS ZAMORA, Deisi Lilian. "*Evaluación De Contaminación Del Río Talnique Y El Efecto De Sus Afluentes Mediante La Aplicación De Índices De Calidad De Agua*". Universidad de El Salvador. Facultad de Química y Farmacia, 2003.

ESTUDIOS

Biotec S.A de C.V, "*Estudio de la Calidad de las aguas superficiales de los Principales Ríos del Área de Influencia del PRODAP II.*" Informe final. 2004

CESTA; MS; GAIA, "*Diagnostico Y Plan De Manejo Comunitario De La Cuenca Del Rio Los Milagros Sonsonate*", El Salvador 1997

DIGESTIC, *Censos Nacionales V de población y IV de Vivienda Monografías de los Municipios:* El Rosario, Jerusalén, Mercedes La Ceiba, Paraíso de Osorio, San Antonio Masahuat, San Juan Tepezontes, San Pedro Masahuat, San Pedro Nonualco, Santa Maria Ostuma, San Cristóbal, San Rafael Cedros, San Ramon, Santa Cruz Analquito, Santo Domingo, Verapaz, San Francisco, San Emigdio, Tapalhuaca, San Miguel Tepezontes, San Luis Talpa, San Juan Tepezontes, San Juan Nonualco, San pedro Perulapan, Santa Cruz Michapa, Candelaria, Cojutepeque, El carmen, Nuevo Tepetitàn, Guadalupe, San martín, Ilopango, Soyapango, San Marcos, Santo Tomas, Santiago Texacuangos. 1992.

Dirección General Del Medio Ambiente De La Comisión Europea y La Dirección del agua del Ministerio de la Ecología y Desarrollo Sostenible y las Agencias del Agua "*Guía Procesos Extensivos De Depuración De Las Aguas Residuales. Adaptadas A Las Pequeñas Y Medias Colectividades (500-5.000 H.E.)*". Oficina Internacional del Agua, 2001.

Kokusai Kogyo Co., LTD.; MAG *Desarrollo Agrícola Integrado de la Cuenca del Río Jiboa En La República de El Salvador*, 1997.

LOBOS, José E. "*Monitoreo de la Contaminación Hídrica de los Afluentes del Embalse del Cerrón Grande*". Informe Final-Fase I de Consultoría. San Salvador. 2000.

PLAMDARH, *"Plan maestro de desarrollo y aprovechamiento de los recursos hídricos. Documento Básico No1, Recursos y demandas potenciales en la región F"*, noviembre de 1980.

PLAN NACIONAL DE ORDENAMIENTO Y DESARROLLO TERRITORIAL (PNODT), *Sistema biofísico*. Gobierno de El Salvador, 2002.

REDES; COMURES; CARE/El Salvador, *"Plan De Ordenamiento Territorial Y Desarrollo Territorial De La Micro Región Sur – Cuscatlán"*, El Salvador, 2004

REVISTAS

Artiga Raúl- Molina Hugo, *"Recursos de información sobre el agua en El Salvador: Situación actual y desafíos"*, PRISMA, 1999

Nelson Cuellar, *"La contaminación del agua en El Salvador: Desafíos y respuestas institucionales"*, Artículo PRISMA Nos. 43, 2001.

Gómez Ileana- García Margarita, *"Formas de gestión y uso de recursos en la cuenca del río Paz en El Salvador"*, Documento de Trabajo PRISMA, 2002.

INTERNET y MULTIMEDIA

<http://www.fao.org>
Visitada el 3-3-2004

http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap_iqa.asp
Visitada el 19-6-2004

<http://bcn.boulder.co.us/basin/data/COBWQ/index.html>
Visitada el 22-6-2004

<http://bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqhome.html>

Visitada el 22-6-2004

<http://kancrn.org/stream/cp4wqi.cfm>

Visitada el 30-6-2004

<http://www.arrakis.es>

Visitada el 30-6-2004

<http://www.fertilizar.org.ar>

Visitada el 10-7-2004

CEPIS EPA- OPS/OMS, *Biblioteca electrónica de calidad de agua. Honduras- El salvador- Nicaragua, 2002.*

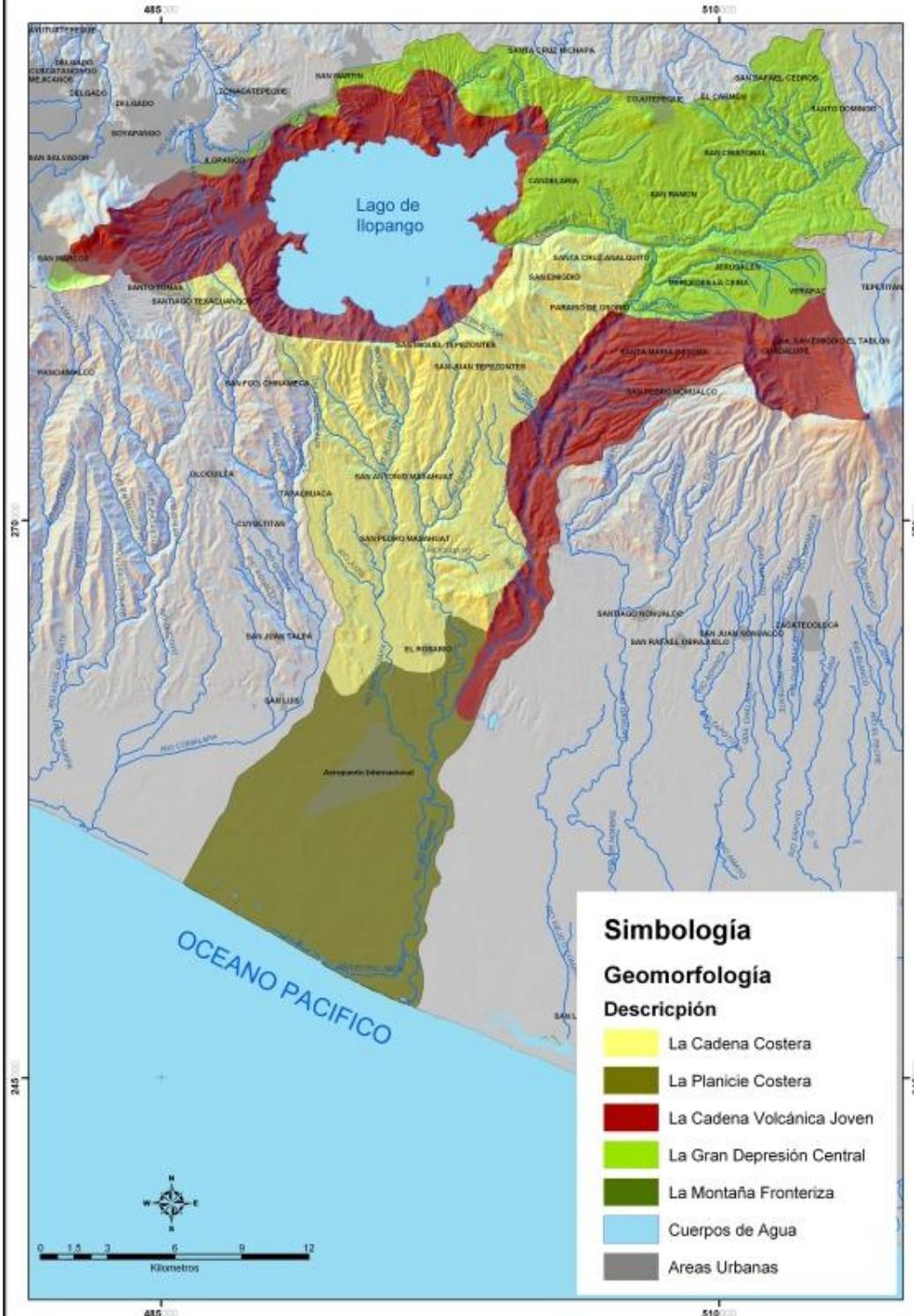
MARN; *Sistema de Información Ambiental*, CD-2 Medio Ambiente 2000.

ANEXOS

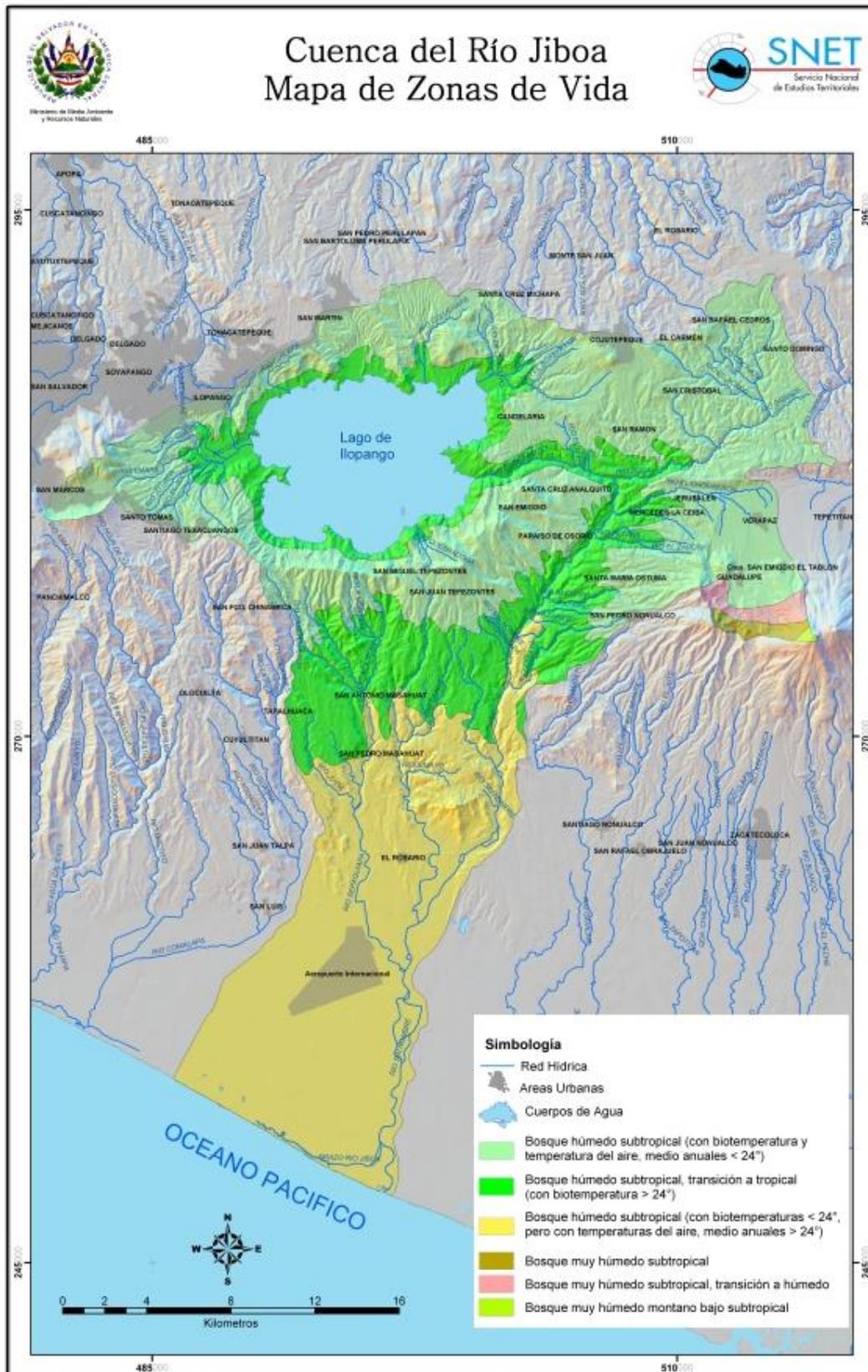
Anexo I REGIONES MORFOLOGICAS



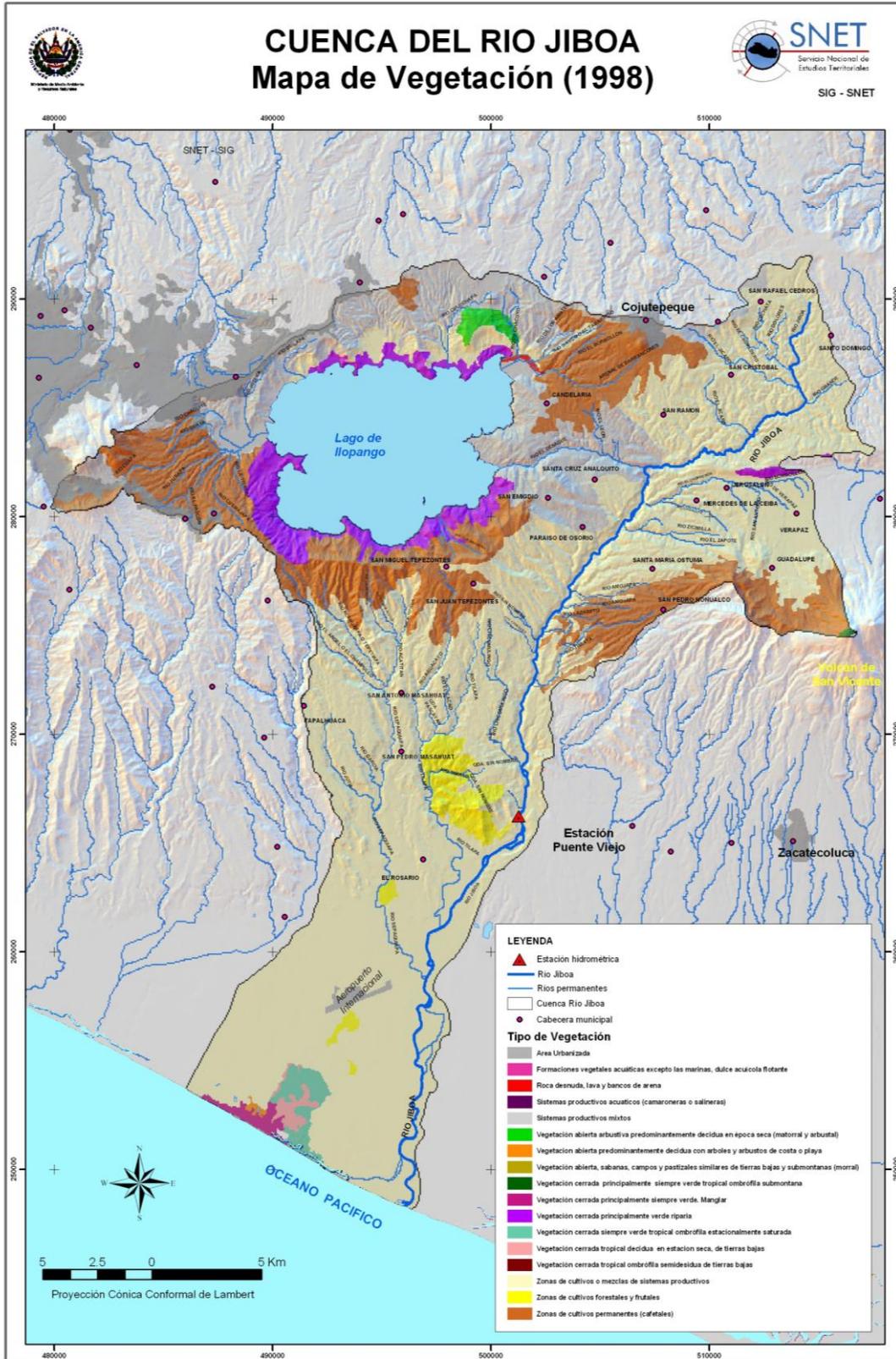
Cuenca del Río Jiboa Geomorfología



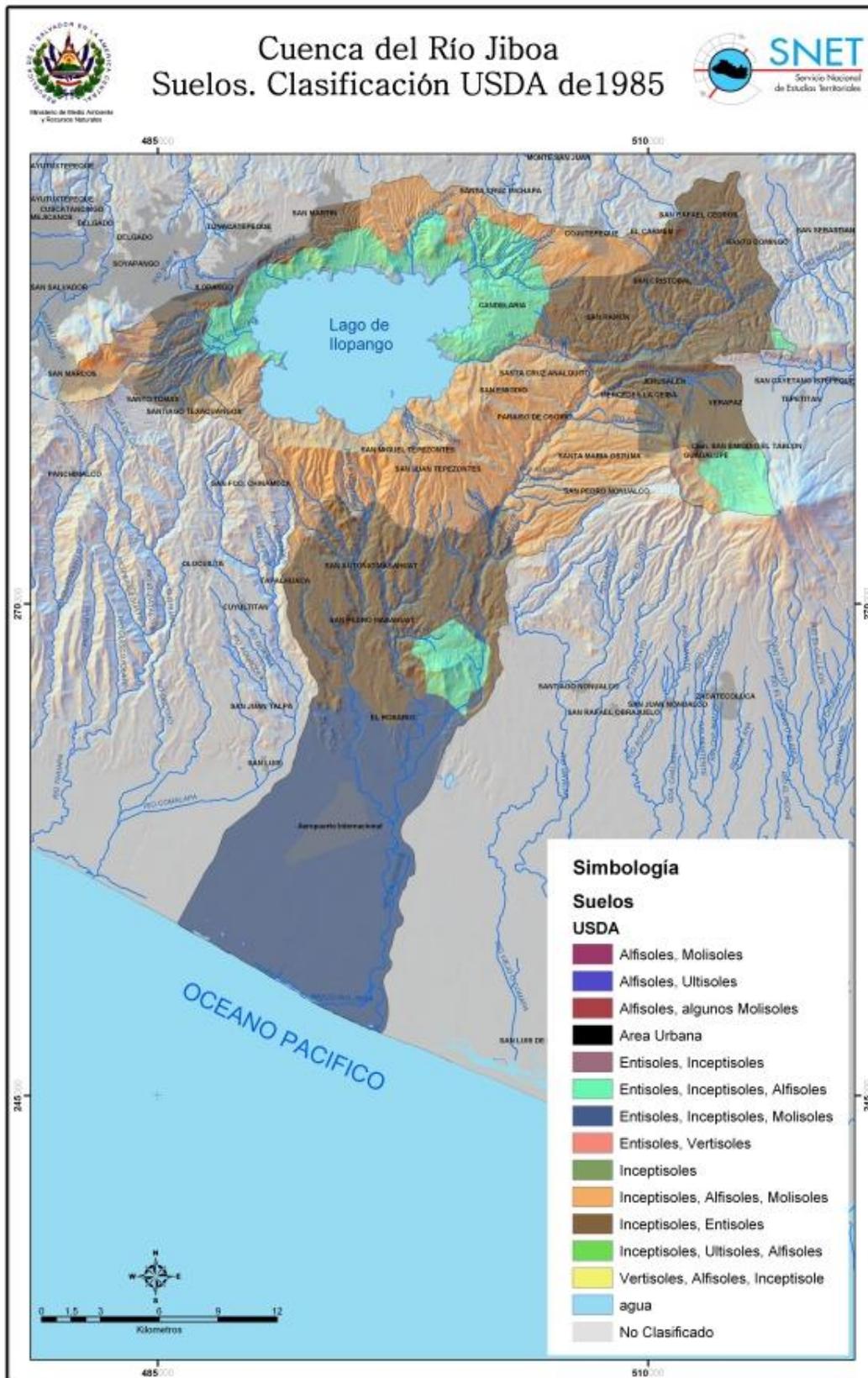
Anexo III ECOSISTEMAS BOSCOSOS TERRESTRES LA CUENCA DEL RÍO JIBOA



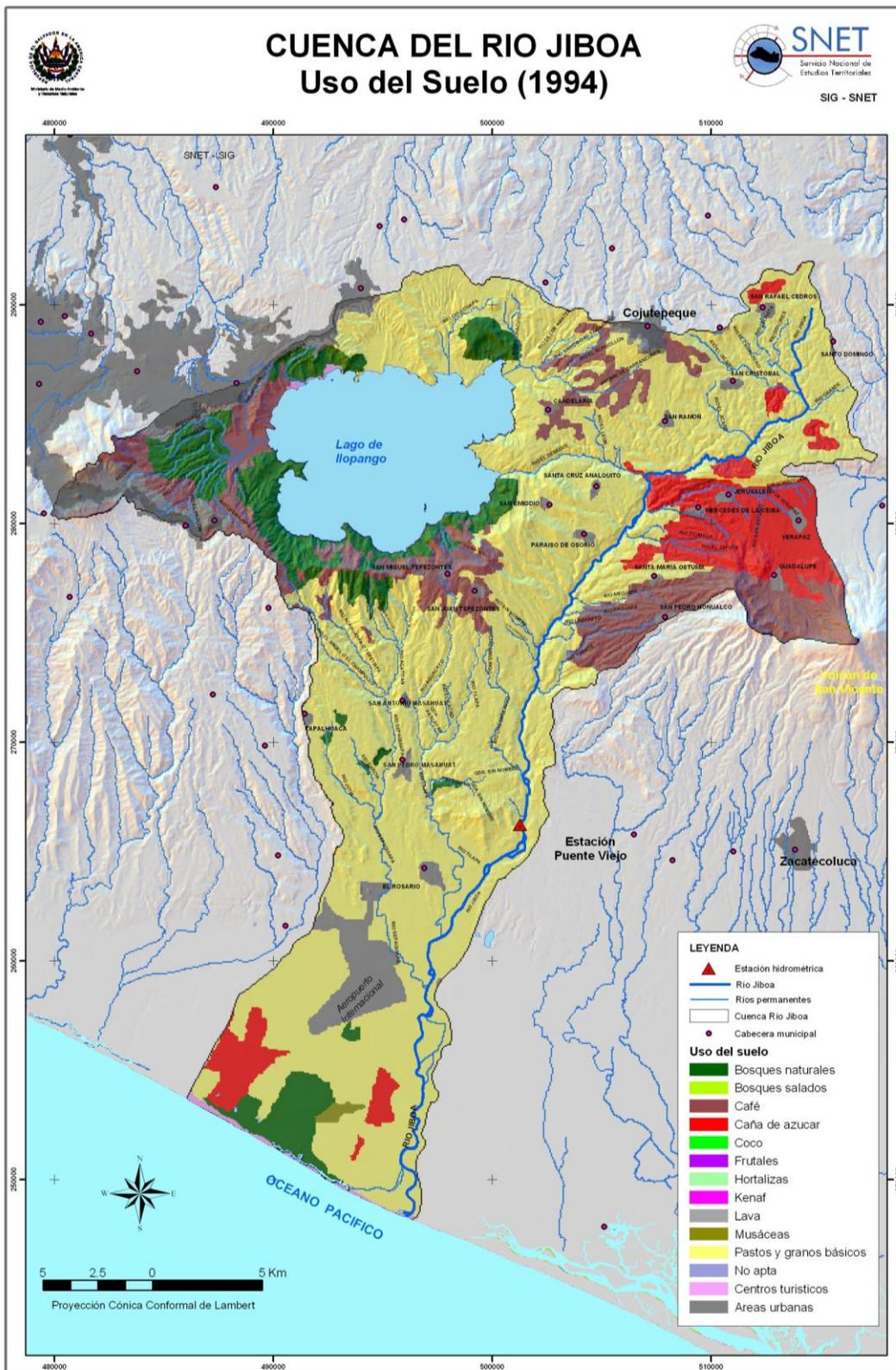
Anexo IV MAPA DE VEGETACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES



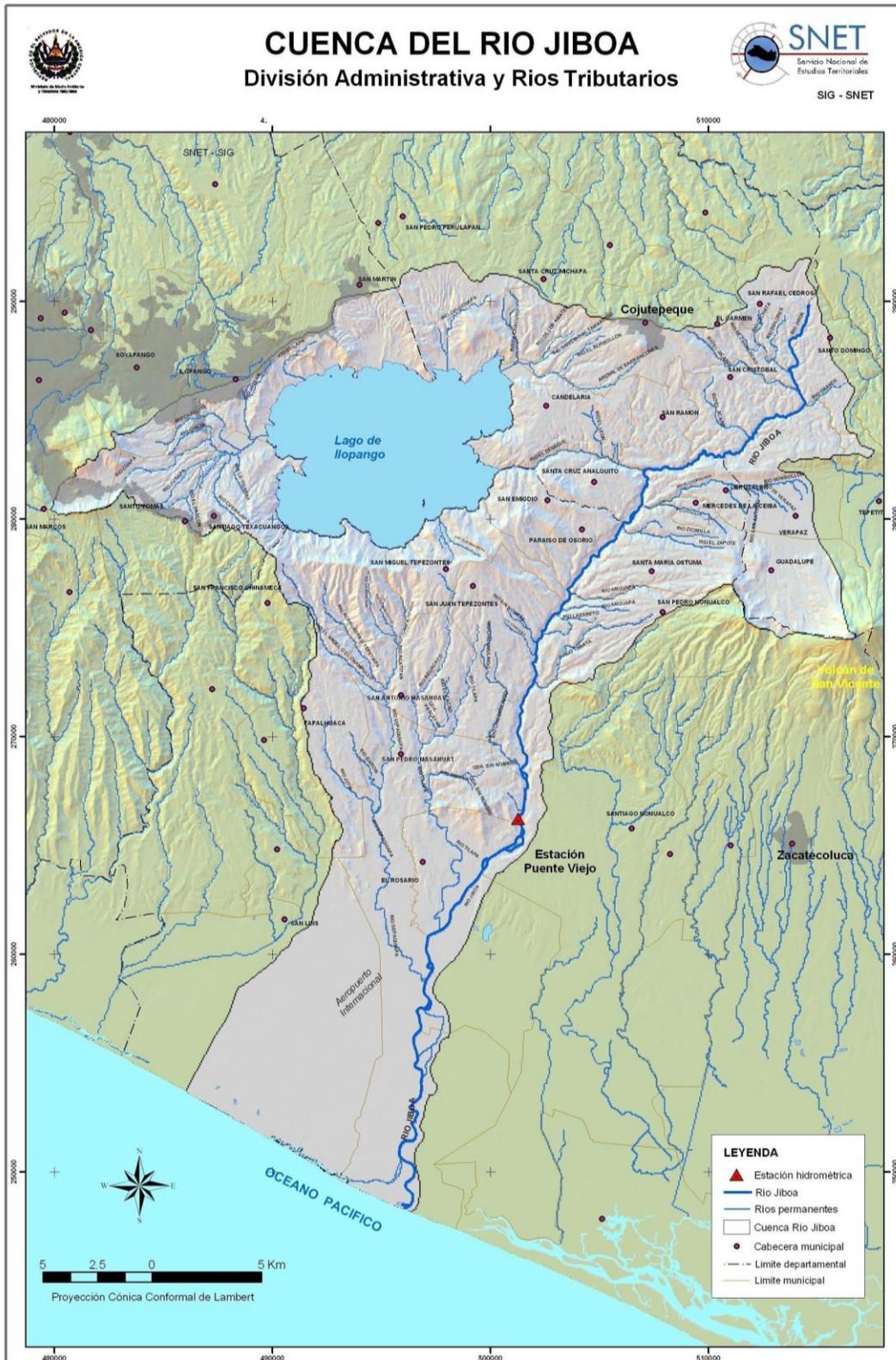
Anexo V MAPA PEDOLÓGICO PARA LA CUENCA DEL RÍO JIBOA



Anexo VI USO DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RIO JIBOA



Anexo VII DIVISION ADMINISTRATIVA Y RIOS TRIBUTARIOS DE LA CUENCA



Anexo VIII GENERALIDADES DE LA POBLACIÓN EN LOS MUNICIPIOS DE INTERES

Municipio	Población	Hab 1992	Densidad Poblacional (Hab./Km ²)	Vivienda	Casas	Población genero	Hab. 1992	Hab. 2000 ⁵⁰
SAN CRISTOBAL	Urbana	725	391	Urbana	145	Hombres	3501	8,311
	Rural	6405		Rural	1066	Mujeres	3629	
	Incremento poblacional anual (%)	2.86						
San Antonio Masahuat	Urbana	1614	140	Urbana	380	Hombres	3501	5,200
	Rural	2433		Rural	441	Mujeres	3629	
	Incremento poblacional anual (%)	0.42						
El Rosario	Urbana	4184	215	Urbana	857	Hombres	4737	16,450
	Rural	5613		Rural	1047	Mujeres	5060	
	Incremento poblacional anual (%)	2.67						
Mercedes La Ceiba	Urbana	302	58	Urbana	80	Hombres	334	1,200
	Rural	318		Rural	68	Mujeres	286	
	Incremento poblacional anual (%)	0.33						
Sn Pedro Masahuat	Urbana	2158	178	Urbana	611	Hombres	10519	26,915
	Rural	19435		Rural	4023	Mujeres	11074	
	Incremento poblacional anual (%)	2.6						
Santa Cruz Analquito	Urbana	1597	192	Urbana	204	Hombres	1096	4,800
	Rural	674		Rural	290	Mujeres	1175	
	Incremento poblacional anual (%)	1.66						
Sn. Ramón	Urbana	1349	295	Urbana	150	Hombres	2165	6,000
	Rural	3285		Rural	690	Mujeres	2469	
	Incremento poblacional anual (%)	1.42						
Verapaz	Urbana	2374	260	Urbana	350	Hombres	3117	8,640
	Rural	3941		Rural	837	Mujeres	3198	
	Incremento poblacional anual (%)	0.97						
Sto. Domingo	Urbana	2400	383	Urbana	313	Hombres	3026	7,621
	Rural	3882		Rural	960	Mujeres	3256	
	Incremento poblacional anual (%)	2.5						
Paraíso de Osorio	Urbana	2229	407	Urbana	539	Hombres	1413	4,500
	Rural	704		Rural	141	Mujeres	1520	
	Incremento poblacional anual (%)	2.25						
San Rafael Cedros	Urbana	2528	401	Urbana	521	Hombres	5701	14,089
	Rural	9207		Rural	1634	Mujeres	6034	
	Incremento poblacional anual (%)	2.9						
San Pedro Nonualco	Urbana	4011	342	Urbana	--	Hombres	4635	10,029
	Rural	5419		Rural	--	Mujeres	4795	
	Incremento poblacional anual (%)	0.48						
Santiago Nonualco	Urbana	7119	268	Urbana	--	Hombres	15880	37,030
	Rural	25427		Rural	--	Mujeres	16666	
	Incremento poblacional anual (%)	1.38						
Santa María Ostuma	Urbana	1439	235	Urbana	371	Hombres	2849	7,000
	Rural	4221		Rural	819	Mujeres	2811	
	Incremento poblacional anual (%)	0.3						
Jerusalén	Urbana	517	314	Urbana	128	Hombres	993	3,014
	Rural	1526		Rural	313	Mujeres	1050	
	Incremento poblacional anual (%)	0.76						
San Juan Tepezontes	Urbana	1415	169	Urbana	369	Hombres	1485	5,000
	Rural	1622		Rural	307	Mujeres	1552	
	Incremento poblacional anual (%)	-0.04						
TOTAL	URBANA	35961	245.52	URBANA	5018	Hombres	63404	165,799
	RURAL	94112		RURAL	12636	Mujeres	66669	
	TOTAL	130073		TOTAL	17654	TOTAL	130073	

⁵⁰ Población Total Estimada por Municipio al 30 de Junio/2000, según Estimaciones de Alcaldías Municipales, de Autor y de Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC)

Anexo IX GENERALIDADES DE LA POBLACIÓN EN EL RESTO DE LOS MUNICIPIOS

Municipio	Población	Hab 1992	Densidad Poblacional (Hab./Km ²)	Vivienda	Casas	Población genero	Hab. 1992	Hab. 2000 ⁵¹
San Francisco	Urbana	2056	153	Urbana	537	Hombres	3026	6,679
	Rural	750		Rural	893	Mujeres	316	
	Incremento poblacional anual (%)	0.68						
San Emigdio	Urbana	1398	271	Urbana	399	Hombres	1284	3,214
	Rural	1291		Rural	244	Mujeres	1405	
	Incremento poblacional anual (%)	2.02						
Tapalhuaca	Urbana	937	252	Urbana	328	Hombres	1807	3,849
	Rural	2675		Rural	688	Mujeres	1805	
	Incremento poblacional anual (%)	0.51						
San Miguel Tepezontes	Urbana	2912	100	Urbana	824	Hombres	2202	5,426
	Rural	1717		Rural	329	Mujeres	2427	
	Incremento poblacional anual (%)	1.76						
San Luis Talpa	Urbana	3075	234	Urbana	883	Hombres	7659	23,993
	Rural	12335		Rural	3052	Mujeres	7751	
	Incremento poblacional anual (%)	5.56						
San Juan Tepezontes	Urbana	1415	169	Urbana	450	Hombres	1485	3,265
	Rural	1622		Rural	384	Mujeres	1552	
	Incremento poblacional anual (%)	0.04						
San Juan Nonualco	Urbana	3835	183	Urbana	991	Hombres	5223	11,948
	Rural	7092		Rural	1506	Mujeres	5704	
	Incremento poblacional anual (%)	0.79						
San Pedro Perulapan	Urbana	1542	288	Urbana	287	Hombres	12811	27,465
	Rural	24505		Rural	5503	Mujeres	13236	
	Incremento poblacional anual (%)	0.40						
Santa Cruz Michapa	Urbana	1105	347	Urbana	568	Hombres	4822	2,487
	Rural	8837		Rural	1711	Mujeres	5120	
	Incremento poblacional anual (%)	3.95						
Candelaria	Urbana	1721	262	Urbana	386	Hombres	4725	10,190
	Rural	7913		Rural	1704	Mujeres	4909	
	Incremento poblacional anual (%)	1.83						
Cojutepeque	Urbana	34179	1451	Urbana	8689	Hombres	21286	53,122
	Rural	11422		Rural	1594	Mujeres	24315	
	Incremento poblacional anual (%)	2.77						
El Carmen	Urbana	803	2040	Urbana	191	Hombres	6055	15,714
	Rural	11647		Rural	2297	Mujeres	6401	
	Incremento poblacional anual (%)	3.29						
Nuevo Tepetitán	Urbana	1236	2298	Urbana	295	Hombres	1846	4,486
	Rural	2577		Rural	556	Mujeres	1967	
	Incremento poblacional anual (%)	1.89						
Guadalupe	Urbana	2457	260	Urbana	596	Hombres	2661	6,143
	Rural	3128		Rural	705	Mujeres	2924	
	Incremento poblacional anual (%)	1.01						
San Martín	Urbana	56530	1012	Urbana	8653	Hombres	27515	107,202
	Rural			Rural	5467	Mujeres	29015	
	Incremento poblacional anual (%)	6.72						

⁵¹ Población Total Estimada por Municipio al 30 de Junio/2000, según Estimaciones de Alcaldías Municipales, de Autor y de Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC)

Municipio	Población	Hab 1992	Densidad Poblacional (Hab./Km ²)	Vivienda	Casas	Población genero	Hab. 1992	Hab. 2000 ⁵²
Ilopango	Urbana	80577	2617	Urbana	21374	Hombres	43235	132,231
	Rural	10057		Rural	3001	Mujeres	47399	
	Incremento poblacional anual (%)	6.51						
Soyapango	Urbana	261122	8786	Urbana	69090	Hombres	123922	285,286
	Rural			Rural		Mujeres	137200	
	Incremento poblacional anual (%)	8.85						
San Marcos	Urbana	39468	4073	Urbana	10278	Hombres	29243	70,610
	Rural	20445		Rural	3713	Mujeres	30670	
	Incremento poblacional anual (%)	3.57						
Santo Tomas	Urbana	1226	882	Urbana	2604	Hombres	10387	31,969
	Rural	20222		Rural	2220	Mujeres	11061	
	Incremento poblacional anual (%)	3.45						
Santiago texacuangos	Urbana	5585	534	Urbana	757	Hombres	8012	23,212
	Rural	10710		Rural	3045	Mujeres	8283	
	Incremento poblacional anual (%)	2.84						
TOTAL	URBANA			URBANA		Hombres		828,491
	RURAL			RURAL		Mujeres		
	TOTAL			TOTAL		TOTAL	665504	

⁵² Población Total Estimada por Municipio al 30 de Junio/2000, según Estimaciones de Alcaldías Municipales, de Autor y de Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC)

Anexo X CERTIFICADO DEL LABORATORIO DEL SNET



Servicio Nacional de Estudios Territoriales



San Salvador, 30 de abril de 2004.

SNET/SH/23.2004

Ingeniero
Fernando Ramírez
Director de Escuela de Ingeniería Química
Universidad de El Salvador

Estimado Ing. Ramírez:

Anexo a la presente los resultados para el primer muestreo realizado en la cuenca del Río Jiboa con los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Química que realizan el "Diagnóstico de la calidad de agua en época seca en el canal principal del Río Jiboa y propuesta de mitigación de fuentes contaminantes, en una zona crítica", según el siguiente detalle:

Tabla No. 1 Resultados de DBO₅ y Caudal para los tributarios del Río Jiboa.

FUNTO DE MUESTREO	DBO ₅ (mg/L)	CAUDAL (m ³ /seg)
01JIBOA	2	0,062
02GRAND	1	0,010
03DESAG	5	0,039
04CHORR	1	0,202
05CHACA	NR	0,048
06PETAN	1	0,033
07TIMIA	ND	0,023

ND: No detectable

NR: No realizado

Sin otro particular, me despido cordialmente

Lic. Zulma Esperanza Meza
Investigadora en Contaminación
Servicio Hidrológico Nacional
cc. Ing. Ana Daisy López (Directora del SHN)
Archivo

Kilómetro 5½ Carretera a Nueva San Salvador, Calle Las Mercedes, frente a Circolo Militar
y contiguo a Parque de Fútbol. San Salvador, El Salvador, Centro América.

Teléfono: (503) 223-7791

www.snet.gob.sv

Anexo XI DETERMINACIÓN DEL CAUDAL

El caudal, o flujo de agua, se define como el volumen por unidad de tiempo. Las Unidades típicas de medida se hacen en pies cúbicos por segundo (p^3/s); galones por minuto (gal/min); litros por segundo (l/s) y metros cúbicos por segundo (m^3/s).

El caudal puede medirse o determinarse en cualquier punto de un canal natural o artificial. Sin embargo, es importante que el punto o sección transversal para medir el flujo sea seleccionado cuidadosamente, de acuerdo a los criterios descritos más adelante.

Medidores Para Determinar Caudal

Los medidores o molinetes de aforo típicos para medir velocidad de la corriente se basan en la relación entre la velocidad del agua y la rotación del instrumento en torno a un eje central. Cuando se coloca un medidor de flujo en un punto del río o quebrada, éste rotará en proporción a la velocidad del agua. Si contamos el número de revoluciones en un período de tiempo definido (usualmente de 40 a 60 segundos), puede determinarse la velocidad del agua en el punto de observación.

Las revoluciones pueden determinarse de varios modos:

1. Visualmente, si el agua es transparente y marcando un punto de referencia en el rotor del instrumento.
2. Eléctricamente a través de un circuito que se cierra cada vez que el rotor completa una revolución, los puntos de contacto en la cámara del rotor completan el circuito eléctrico en cada revolución (algunos instrumentos vienen adaptados: para que el circuito se complete cada 5 revoluciones).

El cierre del circuito puede determinarse a través de un sistema de audífonos conectados al instrumento. El número de revoluciones en el tiempo deseado puede contarse mentalmente o grabarse en un instrumento electrónico. El tiempo transcurrido se mide con un cronómetro.

Existen dos categorías generales de medidores de flujo a base de la posición del eje del rotor: verticales y horizontales.

Medidor vertical: El modelo más común de medidor de flujo vertical es el "Price". Existen dos submodelos dentro de la categoría Price, de los cuales el más común es el Price AA .

El Medidor Price AA tiene un rotor de 3 pulgadas (7.62 cm) de diámetro y un eje de 2 pulgadas (5.0 cm) de alto. El rotor se compone de seis capachos de forma cónica que giran en torno al eje central, apoyadas por una cajuela de almohadillas de acero. Una cámara de contacto sobre el rotor contiene el alambre de contacto que permite contar eléctricamente las revoluciones (ilustración A-1). El Price AA además tiene en la cámara de contacto un reductor de revoluciones que permite el cierre del circuito eléctrico cada cinco revoluciones. Una "cola" o aleta metálica ayuda a mantener el medidor orientado en paralelo a la dirección del flujo.

El Price AA también es manufacturado en un modelo para velocidades bajas, menores de 1.0 p/s (0.3 m/s). Dicho modelo no contiene el contacto de cinco revoluciones, eliminando gran parte de la fricción del instrumento a velocidades bajas.

Los medidores Price no son precisos cuando se colocan a una distancia de pocas pulgadas de una pared vertical, cerca de la superficie, o cerca del fondo del canal. El aforador (persona que mide flujos de agua) normalmente evita utilizar el medidor en esas circunstancias.



(a)



(b)

(c)

Ilustración A-1: a) Conos que hacen girar al rotor; b) y c) Se muestran las aletas que permiten mantener el medidor orientado

Selección de secciones transversales

El primer paso para obtener el caudal de un río o quebrada es la selección de la sección transversal. La precisión del aforo depende en gran parte de la selección de la mejor sección transversal posible en el tramo del río investigado. Si el río es profundo, la selección se limita al uso de puentes o cables suspendidos. Aunque el uso de botes es otra alternativa, esa técnica no se considera en esta guía.

En aquellos casos que el aforo puede complementarse a vado, el aforador trata de escoger una sección transversal que reúna la mayor parte de los siguientes requisitos:

1. La sección está localizada en un tramo recto del río o quebrada. La presencia de curvatura en el cauce afecta la distribución de velocidades.
2. El fondo del cauce es relativamente uniforme y libre de rocas, plantas acuáticas, troncos u otras obstrucciones que afecten la distribución horizontal de la velocidad.
3. El flujo es relativamente uniforme; no existen puntos turbulentos, ni puntos de poca o ninguna velocidad.
4. Las velocidades exceden 0.5 p/s (0.15 m/s) y las profundidades exceden 0.5 p (0 15 m).
5. En el caso de que exista una estación de medida de caudal continua (utilizando un medidor automático de profundidad), la sección debe estar localizada a una distancia corta de la estación. Esto evitará que flujos no incluidos en las determinaciones del medidor automático afecten el aforo.

Aforación.

En la determinación del caudal a vado (una vez seleccionada la sección transversal), el siguiente procedimiento simplifica el trabajo:

1. Determinación del ancho de la sección: El aforador utiliza una línea o cinta calibrada para medir el ancho de la sección. La cinta se fija a una de las riberas del cauce por medio de un espolón, tornillo agudizado, o una estaca de madera.

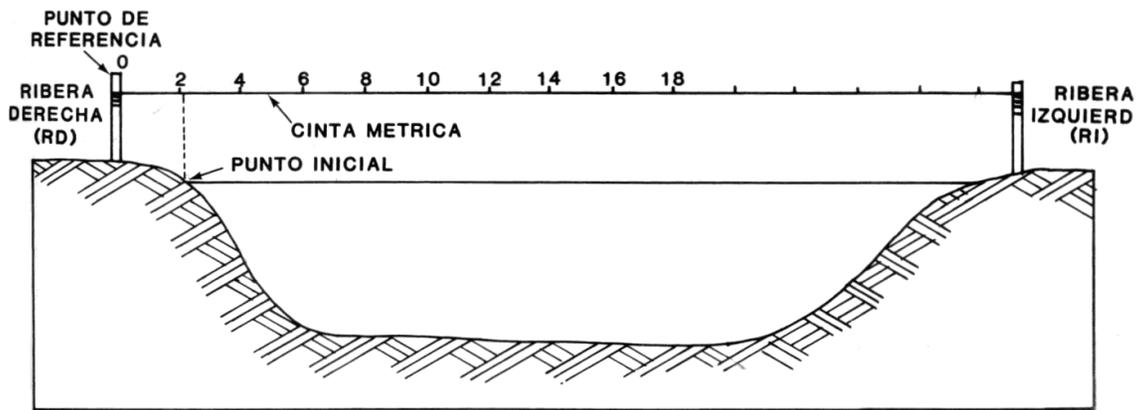


Ilustración A-2 Técnica para medir el ancho de una sección transversal

Se procede entonces a extender la línea o cinta a lo ancho del cauce. Un aforador experimentado siempre comienza desde el lado opuesto a la localización de su equipo, o estación. Esta medida previsor le permitirá regresar al lado correcto del río en la eventualidad de un aumento considerable en el caudal cuando el aforo está avanzado. La línea se coloca perpendicular al flujo del río. Una técnica para estimar el ángulo aproximado correcto consiste en extender ambas manos en direcciones opuestas paralelas a la dirección del flujo. El aforador se coloca de lado y luego junta los brazos al centro del tórax apuntando con éstos extendidos en dirección a la ribera. Si la cinta es colocada en una posición que no es perpendicular al flujo, las medidas de velocidad incluirán un pequeño error de ángulo que será necesario corregir (ilustración A-3).

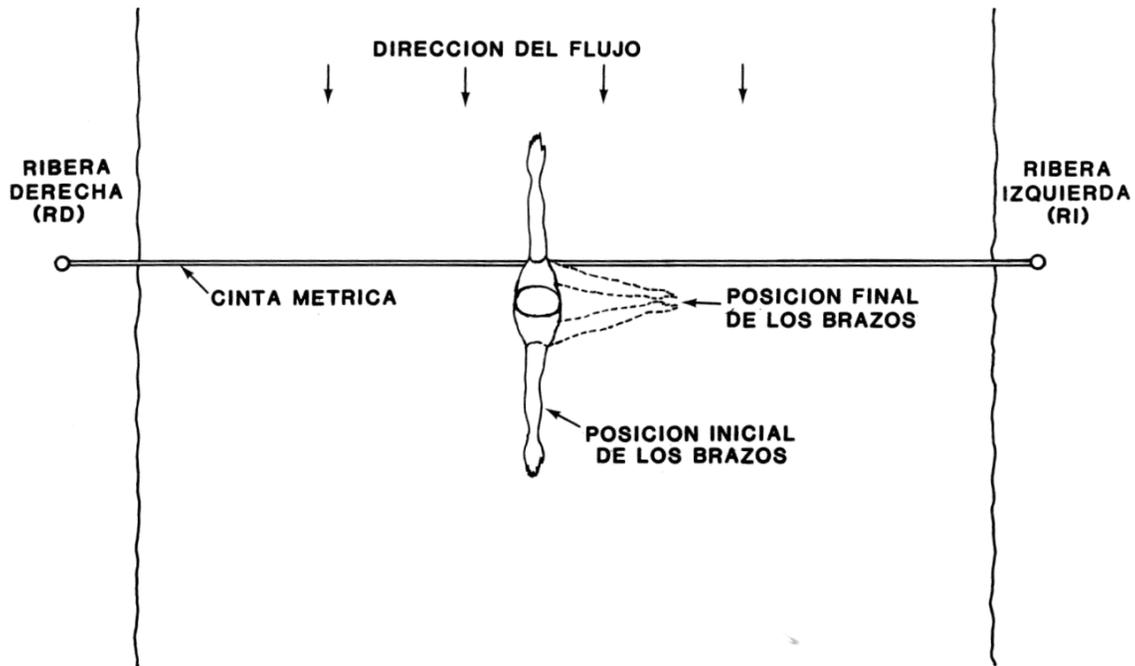


Ilustración A-3 Forma de estimar el ángulo

2. Determinación del número de subsecciones: Un buen aforo no contiene más del cinco (5) por ciento del total de la esorrentía en ninguna de las subsecciones. Esto se puede lograr asegurándose que (en una sección razonablemente uniforme) se tomen entre 25 y 30 subsecciones. El aforador también puede estimar el número de subsecciones si estima el caudal en el cauce. Asuman que el aforador estime un caudal de $100 \text{ p}^3 / \text{s}$. Ninguna subsección deberá contener más de $5 \text{ p}^3 / \text{s}$. Si la profundidad promedio es de 2 p y la velocidad aproximada es 1.0 p/s (las que se estiman al vadear el río para colocar la cinta métrica), el ancho de ninguna subsección deberá exceder 2.5 p (el flujo de $5 \text{ p}^3 / \text{s} = 2.5 \text{ p}$ ancho \times 1.0 p/s velocidad \times 2 p profundidad).

Normalmente, el ancho de las subsecciones no es uniforme, Si la velocidad varía a través de la sección, en las áreas de mayor velocidad la distancia entre subsecciones será menor. El aforador con experiencia utiliza aforos previos para obtener una idea del número de subsecciones a utilizar. Es conveniente llevar un

diario de cada estación que se visita resumiendo las características de los aforos previos.

3. Preparación del equipo de aforo: El próximo paso consiste en preparar el equipo para aforar. El medidor Price se instala en la varilla de suspensión, cerciorándose de que el conector del circuito eléctrico esté debidamente asegurado. Esto se prueba haciendo girar el medidor manualmente mientras se escucha por los audífonos hasta obtener un impulso claro del contacto de rotación. Se prepara el cronómetro asegurándose de que responda a los controles de comienzo, cese y devolución. También se asegura de que esté embobinado totalmente (que se le haya dado cuerda). Finalmente, el aforador se asegura de que sus botas a prueba de agua estén ajustadas debidamente y de que lleva consigo un destornillador pequeño (para ajustes del medidor Price) y bolígrafos adicionales de tinta indeleble.

4. Preparación de las notas del aforo: Antes de comenzar, el aforador anota la siguiente información en el formulario de aforo.

a. Nombre y localización del río, quebrada, o canal.

b. Fecha del aforo y nombre del aforador.

c. Hora en que se comenzó el aforo y la ribera en que se comenzó (derecha o izquierda). (Mirando en dirección al flujo, se denomina ribera derecha (RD) la que está en la mano derecha del aforador, siendo la ribera izquierda (RI) la opuesta. La localización de la ribera es importante, en caso de que por alguna razón no pudiera completarse el aforo. La información de aforos previos y conocimiento del flujo y la sección transversal podrían utilizarse en este caso para estimar el flujo total.

d. Características de la sección transversal: uniformidad, características del fondo (arena, grava, rocas, etc.), naturaleza de las riberas (verticales, llanas, con vegetación), localización relativa a alguna estación de flujo continuo.

e. En caso de que el aforo se lleve a cabo en la vecindad de una estación continúa de aforo, las condiciones de control que mantiene la relación entre profundidad y caudal.

f. Características físicas y químicas del agua, cuando sean medidas (temperatura, acidez, alcalinidad, conductividad específica, etc.).

Durante el tiempo que toma llevar a cabo el aforo, se anota la hora a intervalos frecuentes (de 5, 10, 15, o 30 minutos, dependiendo si el nivel del agua cambia). Estas anotaciones de tiempo son importantes en caso de que sea necesario determinar una elevación promedio para el aforo (cuando la profundidad cambia durante el aforo).

En este punto, el aforador está listo para comenzar las determinaciones de velocidad en la sección transversal seleccionada.

5. El aforo: Los formularios de anotaciones uniformes facilitan el trabajo del aforo. Inicialmente parecerá un poco complicado, pero con experiencia el aforador procederá sin dificultades. Se procede del siguiente modo:

a. Se determina la profundidad (P) en la orilla del agua (puede ser cero) y la distancia (D) del punto de referencia en la ribera según lo indicado en la cinta métrica. La P y D se anotan en el formulario en las dos primeras columnas

b. Una vez determinada la profundidad (P), el aforador utiliza este valor para decidir si la observación de velocidad se tomará usando el método de 6 décimas o el de dos puntos (0.2, 0.8).

e. Utilizando el ajustador automático en la varilla de suspensión, se desliza el medidor Price a la profundidad correspondiente, cuidando de mantener la varilla fija en el punto observado.

d. El aforador se coloca con el brazo extendido y ofreciendo la menor resistencia al flujo del agua para minimizar interferencia con las observaciones.

e. Luego de 10 a 15 segundos (para permitir al Price ajustarse a la velocidad del agua), el aforador comienza a observar la velocidad. El número de revoluciones que el Price completa en un período de entre 40 y 70 segundos se determina utilizando el audífono. El cronómetro se activa cuando el rotor hace contacto. Es importante considerar que el conteo de revoluciones no comienza hasta el segundo

contacto del rotor, ya que el primero es el punto de partida. El número de revoluciones contadas se escoge convenientemente para que coincida con uno de los números en las tablas de calibración del medidor Price (usualmente 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80 o 100 revoluciones).

f. Una vez determinadas las revoluciones (R) y el tiempo (T), se anotan éstos en el formulario de aforos.

g. Se procede a repetir el proceso en cada una de las subsecciones siguientes hasta completar el vado en la ribera opuesta.

Al terminar de anotar la última observación de tiempo (T), se anota la hora y ribera en que se terminó el aforo.

h. Es importante determinar si existe algún ángulo de inclinación entre el flujo y la sección transversal orientada por la cinta métrica. De ocurrir algún ángulo, será necesario corregir las velocidades obtenidas, ya que el componente de velocidad correcta debe ser normal a la sección transversal. El componente correcto se obtiene multiplicando la velocidad observada por el coseno del ángulo entre el flujo y la sección.

Ver formulario de "AFORO DE CORRIENTES POR MOLINETE"

Los métodos más comunes para determinar velocidad en la vertical incluyen: 6 décimas (0.6) para dos puntos, Tres Puntos; 2 décimas (0.2); Velocidad Superficial; Curva de Velocidad Vertical.

Método de 6 Décimas: El método de 6 décimas es comúnmente utilizado en ríos que no exceden 2.5 p (0.76 m) de profundidad.

Datos experimentales indican que la velocidad promedio está representada a una profundidad de 6 décimas bajo la superficie (en ríos poco profundos). El aforador suspende el medidor de velocidad a una profundidad equivalente a 6 décimas del total (desde la superficie). En ese punto, hace las observaciones de velocidad.

El método de 6 décimas también puede utilizarse bajo las siguientes condiciones:

1. cuando la profundidad excede los 2.5 p (0.76ru) y el río transporta cerca de la superficie abrojos, troncos, u otro material que impida observaciones a 2 décimas bajo la superficie.
2. Cuando el nivel en el río está cambiando rápidamente, y es necesario obtener la velocidad con rapidez.

Aforos basados en observaciones en tiempo limitado deben ser cotejados con sumo cuidado. Un comentario indicando las circunstancias del aforo debe aparecer en las anotaciones.

Método de Dos (2) Puntos: El método de dos puntos utiliza el promedio de velocidad obtenido a 2 y 8 décimas de la profundidad total bajo la superficie. Investigaciones previas han demostrado que el método de dos puntos es el que más consistentemente produce velocidades reales de campo (el promedio en una sección vertical).

El método de dos puntos no se utiliza cuando la profundidad es menor de 2.5 p (0.76 m). El molinete Price estaría muy cerca del fondo o de la superficie y los resultados se desviarían de lo correcto. En situaciones donde objetos sumergidos (rocas, árboles) afectan la distribución vertical de la velocidad, el método de dos puntos tampoco es confiable.

Método de Dos (2) Décimas: En el método de 2 décimas, la velocidad se obtiene únicamente a 2 décimas de la profundidad total desde la superficie. Se aplica un coeficiente como corrección a la observación a 2 décimas. El método de 2 décimas se utiliza cuando la velocidad es vertiginosa e impide observaciones a mayores profundidades.

El método de 2 décimas es menos confiable y más impreciso que cualquiera de los métodos anteriormente descritos. El aforador con experiencia lo utiliza únicamente cuando las condiciones en el campo le impiden utilizar métodos más precisos.

Cálculo Del caudal

El caudal obtenido en un aforo es la suma de los productos del área de cada subsección y la velocidad promedio en la subsección respectiva.

Se utiliza la fórmula general siguiente para calcular descargas individuales en cada subsección:

$$q_i = V_i \left[\frac{d_{(i+1)} - d_{(i-1)}}{2} \right] * p_i$$

qi = descarga en la subsección.

Vi= Velocidad promedio

d = distancia del punto inicial

pi= profundidad de cada sub- sección

La sumatoria de cada descarga nos dará el caudal de toda la sección.

Las velocidades obtenidas por el aforador vienen dadas en Rev/s, se realiza una calibración por medio de tablas para transformarlas en m/seg.

TABLA DE DATOS ESTANDAR PARA MEDIDOR DE VELOCIDAD PRICE "TIPO AA" (6/99)

10

$V=(67.202R+0.543)/100$

R=G/t

G=Giros

t=40 seg.

VELOCIDADES EN METROS POR SEGUNDO

GURLEY 622

Oct-01

1	0.0222	41	0.6943	81	1.3663	121	2.0383	161	2.7103	201	3.3823
2	0.0390	42	0.7111	82	1.3831	122	2.0551	162	2.7271	202	3.3991
3	0.0558	43	0.7279	83	1.3999	123	2.0719	163	2.7439	203	3.4159
4	0.0726	44	0.7447	84	1.4167	124	2.0887	164	2.7607	204	3.4327
5	0.0894	45	0.7615	85	1.4335	125	2.1055	165	2.7775	205	3.4495
6	0.1062	46	0.7783	86	1.4503	126	2.1223	166	2.7943	206	3.4663
7	0.1230	47	0.7951	87	1.4671	127	2.1391	167	2.8111	207	3.4831
8	0.1398	48	0.8119	88	1.4839	128	2.1559	168	2.8279	208	3.4999
9	0.1566	49	0.8287	89	1.5007	129	2.1727	169	2.8447	209	3.5167
10	0.1734	50	0.8455	90	1.5175	130	2.1895	170	2.8615	210	3.5335
11	0.1902	51	0.8623	91	1.5343	131	2.2063	171	2.8783	211	3.5503
12	0.2070	52	0.8791	92	1.5511	132	2.2231	172	2.8951	212	3.5671
13	0.2238	53	0.8959	93	1.5679	133	2.2399	173	2.9119	213	3.5839
14	0.2406	54	0.9127	94	1.5847	134	2.2567	174	2.9287	214	3.6007
15	0.2574	55	0.9295	95	1.6015	135	2.2735	175	2.9455	215	3.6175
16	0.2742	56	0.9463	96	1.6183	136	2.2903	176	2.9623	216	3.6343
17	0.2910	57	0.9631	97	1.6351	137	2.3071	177	2.9791	217	3.6511
18	0.3078	58	0.9799	98	1.6519	138	2.3239	178	2.9959	218	3.6679
19	0.3246	59	0.9967	99	1.6687	139	2.3407	179	3.0127	219	3.6847
20	0.3414	60	1.0135	100	1.6855	140	2.3575	180	3.0295	220	3.7015
21	0.3582	61	1.0303	101	1.7023	141	2.3743	181	3.0463	221	3.7183
22	0.3750	62	1.0471	102	1.7191	142	2.3911	182	3.0631	222	3.7351
23	0.3918	63	1.0639	103	1.7359	143	2.4079	183	3.0799	223	3.7519
24	0.4086	64	1.0807	104	1.7527	144	2.4247	184	3.0967	224	3.7687
25	0.4254	65	1.0975	105	1.7695	145	2.4415	185	3.1135	225	3.7855
26	0.4422	66	1.1143	106	1.7863	146	2.4583	186	3.1303	226	3.8023
27	0.4590	67	1.1311	107	1.8031	147	2.4751	187	3.1471	227	3.8191
28	0.4758	68	1.1479	108	1.8199	148	2.4919	188	3.1639	228	3.8359
29	0.4926	69	1.1647	109	1.8367	149	2.5087	189	3.1807	229	3.8527
30	0.5094	70	1.1815	110	1.8535	150	2.5255	190	3.1975	230	3.8695
31	0.5262	71	1.1983	111	1.8703	151	2.5423	191	3.2143	231	3.8863
32	0.5430	72	1.2151	112	1.8871	152	2.5591	192	3.2311	232	3.9031
33	0.5598	73	1.2319	113	1.9039	153	2.5759	193	3.2479	233	3.9199
34	0.5766	74	1.2487	114	1.9207	154	2.5927	194	3.2647	234	3.9367
35	0.5934	75	1.2655	115	1.9375	155	2.6095	195	3.2815	235	3.9535
36	0.6102	76	1.2823	116	1.9543	156	2.6263	196	3.2983	236	3.9703
37	0.6270	77	1.2991	117	1.9711	157	2.6431	197	3.3151	237	3.9871
38	0.6438	78	1.3159	118	1.9879	158	2.6599	198	3.3319	238	4.0039
39	0.6606	79	1.3327	119	2.0047	159	2.6767	199	3.3487	239	4.0207
40	0.6775	80	1.3495	120	2.0215	160	2.6935	200	3.3655	240	4.0376

AFORO DE CORRIENTES POR MOLINETE 26

ESTABLE SURENDO BAUANDO ESTADO DEL RIO
 LIMPIO TURBIO MUY TURBIO

SONDRO: M. Estrada CALCHUO: _____ REGISTRO: _____
 OBSERVO: _____ REVISO: _____ GRAFICO: _____

FECHA: _____ FECHA: _____

CORRIENTE: 03 STCRU CUENCA: Jiboa FECHA DE AFORO: 6-Mayo-2004
 ESTACION: Cauce rio Jiboa, (±) 1 km. aguas abajo
desemboc. de "Pasajue".

COMIENZO: 10:16 ESC. INTERNA: _____ ESC. EXTERNA: _____
 TERMINO: 10:27 No. CONTARV. 1 ESC. INTERNA: _____ ESC. EXTERNA: _____

MOLINETE NO: 622 MARCA: Gurley CONTRAPESO: _____ TIPO DE SUSPENS. CABLE VARILLA

DIST. DEL PUNTO INICIAL	ANGULO VERTICAL	PROF. OBSER. VADA	CORREC. DE AIRE	PROF. CORRE GIDA P	VELOCIDAD												ANCHO DEL TRAMO CONS. DERADO	CAUDAL PARCIAL	AREAS PARCIALES	DATOS
					0.2		0.6		0.8		V PROMEDIO		V x P							
					m	G/S	V	m	G/S	V	m	G/S		V	m	G/S				
0.00		0.00	1		Sup. 22															
0.50		0.10	3		11	23														
1.00		0.09	3		11	21														
2.00		0.09	4		11	23														
3.00		0.09	5		11	23														
4.00		0.09	6		11	22														
5.00		0.10	7		11	20														
6.50		0.10	7		11	20														
7.00		0.09	5		11	18														
7.45		0.00																		

OBSERVACIONES: tiempo = 40 seg.
* acceso por Paraiso de Osorio.
* (±) 500 mts. aguas arriba rio & chorreron.

Anexo XII USO DEL HORIBA U-10

INTRODUCCIÓN

El medidor de calidad de agua U-10 es un instrumento que se utiliza para medir parámetros simultáneos de calidad de agua. El equipo mide seis diferentes parámetros en muestras de agua: pH, conductividad, turbidez, Oxígeno Disuelto, Temperatura y Salinidad.

Las lecturas son hechas simplemente por inmersión de la probeta en la muestra de agua. Es muy útil para ser utilizado en mediciones de campo, para medir descargas procedentes de las fábricas hacia los drenajes urbanos, agua de ríos, lagos y ciénagas, tanques de colonias acuáticas, suministros de agua para la agricultura, y agua de mar.

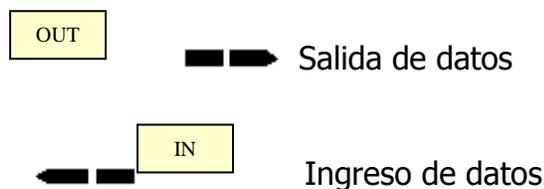
FUNCIÓN DE LAS LECTURAS

Las lecturas tienen dos funciones principales:

1. la pantalla muestra los resultados de las mediciones y
2. Sirve como mensaje para mostrar el estatus de operación del equipo.

La información que el U-10 presenta en la pantalla es la siguiente:

1- Ingreso y salida de los resultados



2- Modos MEAS y MAINT

El equipo puede ser utilizado en dos modos:

MEAS para realizar las mediciones ó el modo de mantenimiento

MEAS: El equipo está listo para realizar las mediciones de los 6 parámetros.

MAINT: El equipo está listo para otras operaciones, por ejemplo: calibración, ingreso de datos, ó selección de la salinidad.

3-Datos mostrados en la pantalla en el modo MEAS

- Resultados de los seis parámetros: pH, conductividad, turbidez, oxígeno disuelto, temperatura y salinidad.
- El valor designado para la salinidad
- Códigos de error.

4-Parámetros medidos

El valor mostrado en la pantalla es iluminado por un cursor en la parte superior.

pH	pH
COND	Conductividad
TURB	Turbidez
DO	Oxígeno Disuelto
TEMP	Temperatura
SAL	Salinidad

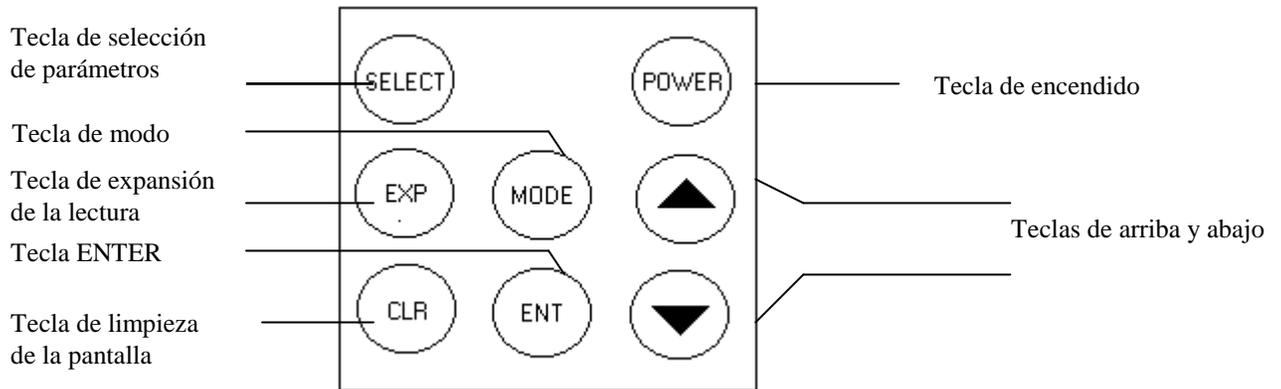
5-Sub Modos MAINT

Uno de los siguientes sub-modos seleccionados es iluminado por un cursor en la parte inferior.

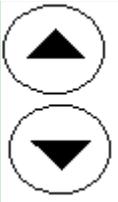
AUTO	Calibración automática de 1 punto
ZERO	Calibración manual de cero
SPAN	Calibración manual span
IN	Ingreso de datos
OUT	Salida de datos (rellamada)
S.SET	Corrección de salinidad fijada

TECLADO

El equipo es operado por medio de un teclado de la unidad principal, el cual tiene ocho botones como se muestra a continuación.



	<p>Tecla de encendido. Enciende y apaga el menú principal. Cuando se presiona la tecla se enciende el equipo, la lectura aparece en modo MEAS, mostrando en la pantalla el último parámetro medido. Si el equipo es dejado sin presionarle una tecla durante 30 minutos, se apagará automáticamente.</p>
	<p>Tecla de selección de parámetros. Usar esta tecla para mover el cursor de la parte superior del parámetro medido que se desea que sea mostrado en la pantalla. Esta pasa a través de los seis parámetros en orden.</p> <pre> graph LR pH --> COND --> TURB --> DO --> TEMP --> SAL --> pH </pre>
	<p>Tecla de Modo (MODE). Sirve para cambiar entre modo MEAS y MAINT. Cuando se encuentra en modo MAINT, esta tecla mueve el cursor de la parte inferior a través de los seis sub-modos de mantenimiento.</p> <pre> graph LR AUTO --> ZERO --> SPAN --> IN --> OUT --> S.SET --> AUTO </pre>
	<p>Tecla de Expansión de la Lectura (EXP) Esta tecla cambia entre</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El valor estándar de lectura, y 2. Lectura expandida, para mayor resolución, con el punto decimal movido un dígito hacia la izquierda.
	<p>Tecla ENTER (ENT) Esta actúa como una tecla de retorno ó una tecla ENTER de una computadora. En el equipo esta tecla tiene cuatro funciones, dependiendo en qué modo se encuentra la unidad.</p>

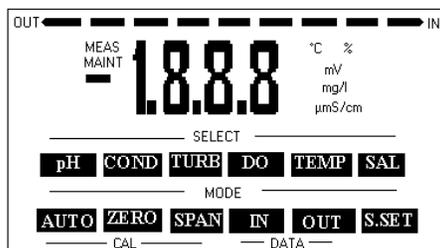
	<ol style="list-style-type: none"> 1. En el Sub-Modo AUTO: Presionar esta tecla para comenzar la calibración automática. 2. En cualquiera de los sub-modos ZERO ó SPAN: Usado en el manual para calibración para fijar el valor del estándar que está siendo usado. 3. En el sub-modo IN: Ingresa a la memoria los datos que están siendo medidos. 4. En el sub-modo OUT: Llama los valores de uno de los 20 Datos-Set-Nos que es mostrado en la lectura. Imprime los datos cuando se conecta un impresor.
	<p>Tecla de limpieza (CLR) Esta tecla actúa como la tecla de ESCAPE de una computadora. Tiene tres funciones principales, dependiendo del modo en el que se encuentra la unidad.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. En el Sub-Modo AUTO: Abandona la autocalibración que se encuentra en progreso. 2. En el Sub-modo IN: Borra los datos de la memoria. 3. Cuando la lectura muestra un código de error: Limpia el error de la lectura.
	<p>Teclas de subir y bajar. Usar estas teclas para seleccionar los valores cuando se encuentra en el sub-modo MAINT. Tienen dos funciones principales.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. En cualquiera de los sub-modos ZERO ó SPAN: Usar estas teclas para seleccionar el valor de la solución estándar. 2. En el modo OUT: Usado para desplazarse a través de los 20 datos almacenados, para seleccionar uno de ellos que se desea recordar.

COMO HACER MEDICIONES

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encender el equipo 2. Suavemente colocar la probeta en la muestra de agua <p>PRECAUCION Nunca dejar caer o tirar la probeta en el agua. Este es un instrumento de precisión que contiene cinco sensores delicados, que pueden dañarse y que posteriormente tendrán que repararse por mala manipulación.</p>
---	--

LECTURA INICIAL

	<p>Cuando el equipo se enciende por primera vez, será en el modo MEAS, la lectura la lectura se observará de la siguiente manera, con todos los segmentos activados.</p>
---	--



Después de aproximadamente dos segundos, la pantalla cambiará hasta mostrar que una nueva lectura está siendo hecha. La pantalla mostrará que el último

parámetro en el que se encontraba el cursor de la parte superior cuando fue realizada la última medición, como se ilustra a continuación:

El punto decimal mostrado en el modo de lectura, también estará en el mismo formato que fue seleccionado con la tecla EXP en la medición previa.

MEDICION DE AGUA FRESCA

	<p>1. Primero, utilizar la tecla MODE para poner el equipo en modo MAINT. Mantener presionada la tecla MODE para cambiar al cursor de la parte de abajo al Sub-modo S. SET.</p>
 	<p>2. Una vez se está en el Sub-Modo S.SET, usar las teclas de arriba y abajo para seleccionar el valor de salinidad. Para agua fresca e valor fijado para salinidad es 0.0%.</p>
	<p>3. Finalmente presionar la tecla ENT para completar la fijación de la salinidad mientras está en el Sub-modo S.SET.</p>
	<p>4. Cuando ha sido hecha la fijación de la salinidad, regresar al modo MEAS presionando la tecla MODE</p>



Ilustración A-4 HORIBA U-10 Se muestra la forma de uso del equipo utilizado para mediciones realizadas

PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN ESTÁNDAR PARA LA CALIBRACIÓN SPAN PARA CONDUCTIVIDAD

El reactivo utilizado para preparar esta solución es Cloruro de Potasio. Para obtener mayor exactitud, la solución debería de ser preparada cada vez. Si es inevitable usar solución almacenada, asegurarse de guardarla bien tapada y en un bote de polietileno o de vidrio duro. La vida útil de esta solución es de seis meses. Colocar la fecha de preparación en la botella. Nunca usar solución de Cloruro de Potasio que haya sido almacenada por más de seis meses.

Procedimiento

Secar el polvo de Cloruro de potasio durante 2 horas a 105 °C y enfriarlo a temperatura ambiente, en un desecador. Pesar la cantidad apropiada de acuerdo a la tabla que se muestra a continuación:

Concentración de la solución de KCl	Peso de KCl gramos	Conductividad mS/cm	Rango a ser calibrado mS/cm
0.005 N	0.373	0.718	0 – 1
0.05 N	3.73	6.67	1 – 10
0.5 N	37.28	58.7	10 - 100

Para preparar la solución estándar, usar un frasco volumétrico de 1 litro. Primero disolver el KCl en una pequeña cantidad de agua desionizada ó destilada. Posteriormente llenar el frasco con agua desionizada o destilada hasta la marca de 1 litro. Finalmente, agitar la solución para mezclar.

CALIBRACIÓN DEL CERO

Esta calibración es realizada con el aire atmosférico y no se necesita solución.

Preparación

Lavar la probeta 2 a 3 veces, usando agua desionizada ó destilada. Agitar la probeta para remover las burbujas de agua del sensor de conductividad. Después permitir que se seque por la exposición al aire fresco.

Operación

	1. Usar la tecla MODE para moverse con el cursor de la parte de abajo hacia ZERO.
	2. Usar las teclas SELECT para mover el cursor de la parte superior hacia COND
 	3. Usar las teclas de arriba y abajo para fijar la lectura en cero. (.000).
	4. Presionar la tecla ENT. Esto completa la calibración del cero para conductividad.

CALIBRACIÓN SPAN

Este procedimiento usa la solución estándar de Cloruro de potasio. Para mejores resultados, utilizar un lote de solución nueva preparada cada vez que se realiza la calibración.

Preparación

Lavar la probeta 2 a tres veces usando agua desionizada ó destilada. Siguiendo esto, lavar lo 2 a 3 veces con la solución estándar de Cloruro de Potasio preparada. Posteriormente colocar la probeta en un beaker de la solución de KCl mantenida a la temperatura de $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Operación

	1. Usar la tecla MODE para moverse con el cursor de la parte de abajo hacia SPAN.
 	2. Después de que se estabilizan las lecturas, como se hizo para la calibración del pH, usar las teclas de arriba y abajo para seleccionar el valor de la solución estándar de KCl, de acuerdo a la tabla de concentraciones.
	3. Presionar la tecla ENT para completar la calibración SPAN para el rango de conductividad.
	4. Repetir este procedimiento para los tres rangos, usando cada uno de los tres valores de las soluciones estándar de KCl..

CALIBRACIÓN DE LA TURBIDEZ

Usar agua desionizada de buena calidad que pueda considerarse que tiene cero de turbidez. Si esto no es posible utilizar agua destilada en su lugar. Cuando se está haciendo la calibración del cero de turbidez, es de suma importancia que se limpie la probeta completamente. Nunca utilizar una probeta sucia; de otra manera la calibración no será válida.

Preparación de la solución estándar para la calibración span de turbidez

1. Pesar 5.0 g de Sulfato de hidracina.
2. Disolver esa cantidad en 400 ml de agua desionizada o destilada.
3. Posteriormente pesar 50 g de hexametilentetramina, y disolverla en 400 mL de agua destilada o desionizada.
4. Mezclar esas dos soluciones, agregar suficiente agua desionizada o destilada para llevar la mezcla a 1 litro, y agitar para mezclar completamente.
5. Permitir que esta solución permanezca 24 horas a temperatura ambiental de $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

La turbidez de esta solución es equivalente a 4000 NTU. La vida útil de esta solución es de 6 meses. Cada vez que se haga la calibración, es necesario diluir la solución estándar para preparar una solución de 800 NTU para la calibración. Para hacer esto medir 50 ml de solución de 4000 NTU y diluirlo a 250 ml en un frasco volumétrico. La solución estándar utilizada aquí precipita con facilidad. Por lo tanto, asegurarse de agitar la solución completamente antes de usarla.

CALIBRACIÓN DEL CERO.

Preparación

Lavar la probeta completamente 2 a 3 veces usando agua desionizada o destilada. Sacudir el exceso de gotas de agua, y posteriormente colocarla en un beaker con agua destilada o desionizada.

Operación

	1. Usar la tecla MODE para mover el cursor de la parte de abajo a ZERO.
	2. Usar la tecla SELECT para mover el cursor de la parte superior a TURB.
	3. Después que la lectura se ha estabilizado, fijar el valor de 0.0, utilizando las teclas de hacia arriba y abajo.
	Presionar la tecla ENT para completar la calibración del cero de turbidez.

CALIBRACIÓN SPAN DE TURBIDEZ

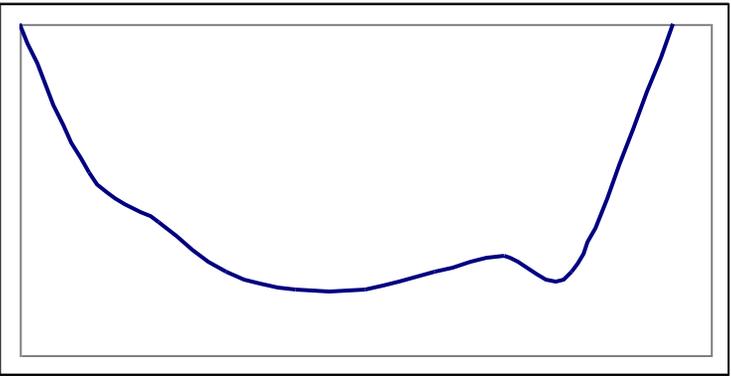
Preparación

Lavar la probeta completamente, usando agua desionizada o destilada, Sacudir el exceso de gotas de agua. Colocar la probeta en un beaker que contenga la solución preparada de 800 NTU.

Operación

	1. Agitar la solución de 800 NTU completamente.
	2. Usar la tecla MODE para mover el cursor de la parte de abajo hacia SPAN.
	Después de que la lectura se ha estabilizado, fijar el valor de 800 NTU, el cual es el valor de esa solución estándar.
	3. Presionar la tecla ENT para completar la calibración SPAN para la turbidez.

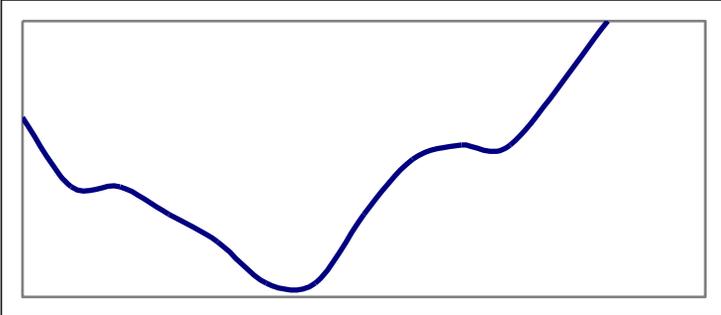
Anexo XIII FICHAS DE PUNTOS DE TOMA DE MUESTRA

FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE MUESTREO:	RIO JIBOA	
CODIGO:	01 JIBOA	
CLASIFICACION:	CANAL PRINCIPAL	
TIPO DE PUNTO DE MONITOREO:	Calidad del Agua	
DATOS GENERALES DE LA ESTACION		
DIRECCION	Cantón y caserío los Rodríguez , municipio de Santo Domingo, departamento de San Vicente , aproximadamente 30 metros antes de la desembocadura del río grande	
DEPARTAMENTO	San Vicente	
COORDENADAS DE UBICACIÓN	N 13°41'23.9" W 088°51'54.9"	
ANCHO DE LA SECCION TRANSVERSAL	4.72 m	
PROFUNDIDAD MEDIA	0.112 m	
CAUDAL (m³/s)	0.059 (m ³ /s)	
FORMA DE LA SECCION TRANSVERSAL		

FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA

PUNTO DE MUESTREO:	RIO JIBOA	
CODIGO:	02 JIBOA	
CLASIFICACION:	CANAL PRINCIPAL	
TIPO DE PUNTO DE MONITOREO:	Calidad del Agua	

DATOS GENERALES DE LA ESTACION

DIRECCION	Cantón y caserío San Antonio , municipio de San Cristóbal , departamento de cuscatlan rumbo oriente.
DEPARTAMENTO	Cuscatlan
COORDENADAS DE UBICACIÓN	N 13°40'29.6" W 088°53'20.3"
ANCHO DE LA SECCION TRANSVERSAL	6.00 m
PROFUNDIDAD MEDIA	0.12 m
CAUDAL (m³/s)	0.087 (m ³ /s)
FORMA DE LA SECCION TRANSVERSAL	

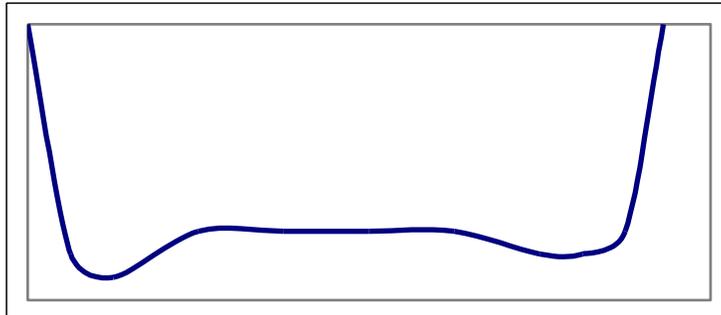
FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA

PUNTO DE MUESTREO:	RIO JIBOA	
CODIGO:	03 JIBOA	
CLASIFICACION:	CANAL PRINCIPAL	
TIPO DE PUNTO DE MONITOREO:	Calidad del Agua	

DATOS GENERALES DE LA ESTACION

DIRECCION	Cantón y caserío concepción , municipio de mercedes la Ceiba , cercano a antigua planta eléctrica el Chorreron , aproximadamente 1 Km. aguas debajo de desembocadura río el desagüe y 500 m arriba de río El Chorreron, acceso por el municipio de Paraíso de Osorio departamento de Cuscatlan.
DEPARTAMENTO	Cuscatlan - La Paz
COORDENADAS DE UBICACIÓN	N 13°39'15.1" W 088°56'12.8"
ANCHO DE LA SECCION TRANSVERSAL	7.45 m
PROFUNDIDAD MEDIA	0.08 m
CAUDAL (m³/s)	0.221 (m ³ /s)

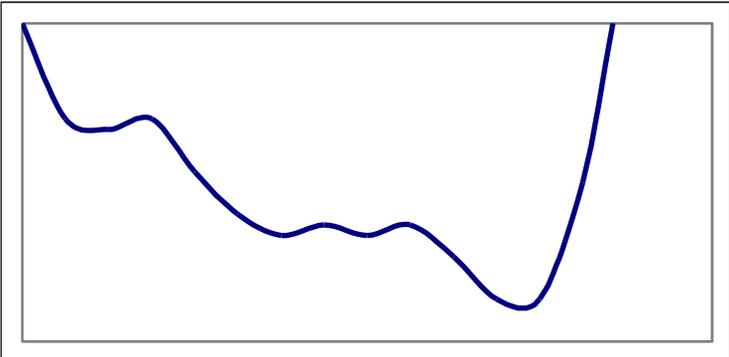
FORMA DE LA SECCION TRANSVERSAL



FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA

PUNTO DE MUESTREO:	RIO JIBOA	
CODIGO:	04 JIBOA	
CLASIFICACION:	CANAL PRINCIPAL	
TIPO DE PUNTO DE MONITOREO:	Calidad del Agua	

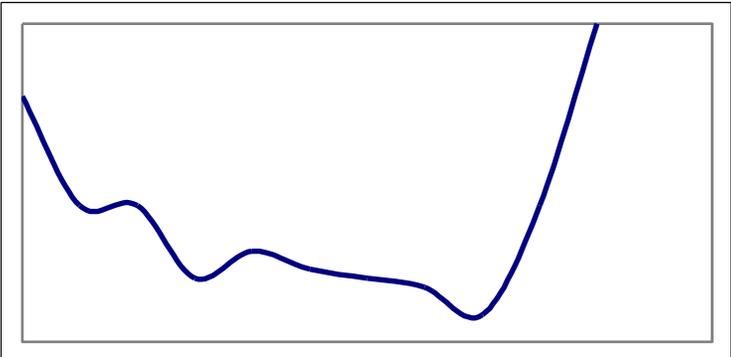
DATOS GENERALES DE LA ESTACION

DIRECCION	Canton y caserío Los Zacatales , municipio de Paraíso de Osorio , departamento de la Paz , aguas debajo de río Chorreron , enfrente de cerro la ceiba del municipio de Santa cruz Analquito , departamento de Cuscatlan , acceso por paraíso de Osorio.	
DEPARTAMENTO	Cuscatlan - La Paz	
COORDENADAS DE UBICACIÓN	N 13°38'24.3" W 088°56'26.5"	
ANCHO DE LA SECCION TRANSVERSAL	6.25 m	
PROFUNDIDAD MEDIA	0.15 m	
CAUDAL (m³/s)	0.430 (m ³ /s)	
FORMA DE LA SECCION TRANSVERSAL		

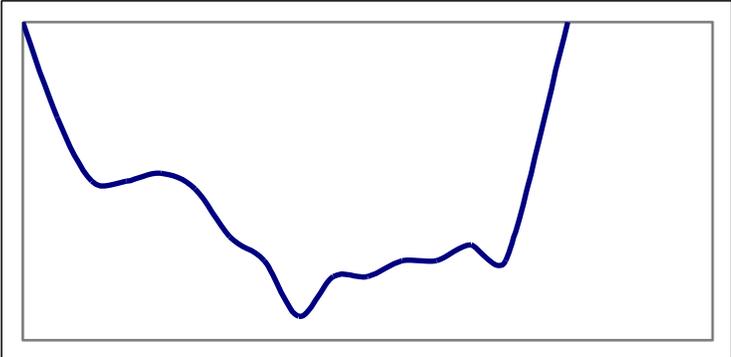
FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA

PUNTO DE MUESTREO:	RIO JIBOA	
CODIGO:	05 JIBOA	
CLASIFICACION:	CANAL PRINCIPAL	
TIPO DE PUNTO DE MONITOREO:	Calidad del Agua	

DATOS GENERALES DE LA ESTACION

DIRECCION	Cantón y caserío Los Zacatales, antes de desembocadura de río petana en Jiboa , acceso por paraíso de Osorio.
DEPARTAMENTO	La Paz
COORDENADAS DE UBICACIÓN	N 13°38'19.4" W 088°56'39"
ANCHO DE LA SECCION TRANSVERSAL	5.00 m
PROFUNDIDAD MEDIA	0.22 m
CAUDAL (m³/s)	0.568 (m ³ /s)
FORMA DE LA SECCION TRANSVERSAL	

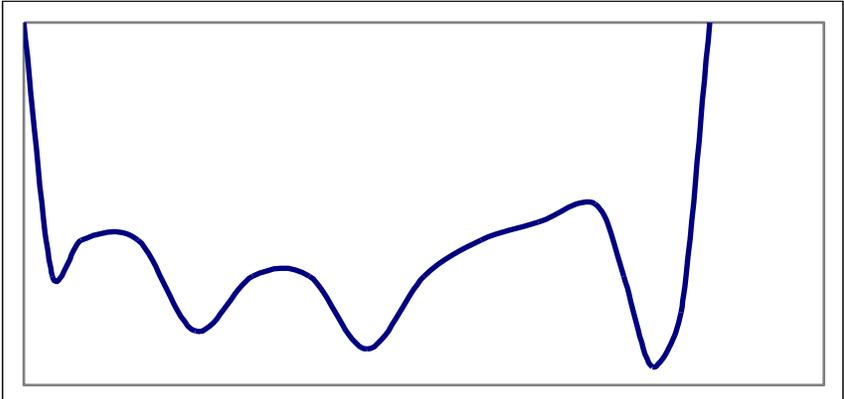
FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA

PUNTO DE MUESTREO:	RIO JIBOA	
CODIGO:	06 JIBOA	
CLASIFICACION:	CANAL PRINCIPAL	
TIPO DE PUNTO DE MONITOREO:	Calidad del Agua	
DATOS GENERALES DE LA ESTACION		
DIRECCION	Cantón y caserío Santa Rita Almendro , municipio de San Pedro Nonualco , Departamento de la Paz , aproximadamente 20 metros arriba de río Timiaya	
DEPARTAMENTO	La Paz	
COORDENADAS DE UBICACIÓN	N 13°34'23.6" W 088°58'55.8"	
ANCHO DE LA SECCION TRANSVERSAL	7.90 m	
PROFUNDIDAD MEDIA	0.23 m	
CAUDAL (m³/s)	0.930 (m ³ /s)	
FORMA DE LA SECCION TRANSVERSAL		

FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA

PUNTO DE MUESTREO:	RIO JIBOA	
CODIGO:	07 JIBOA	
CLASIFICACION:	CANAL PRINCIPAL	
TIPO DE PUNTO DE MONITOREO:	Calidad del Agua	

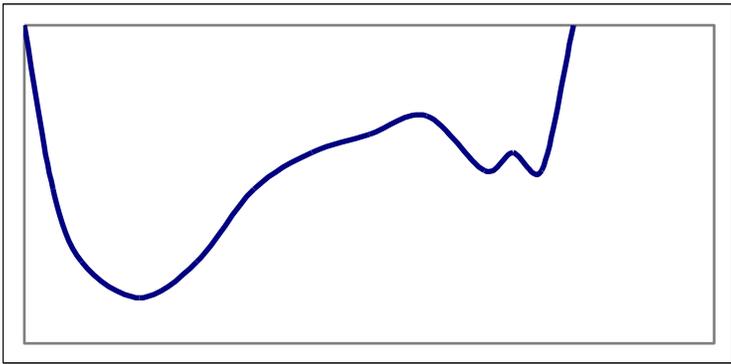
DATOS GENERALES DE LA ESTACION

DIRECCION	Cantón y Caserío Tilapa , municipio el Rosario , aproximadamente 15 metros arriba de desembocadura de río Tilapa , el cual no aporta agua al río Jiboa en época seca.
DEPARTAMENTO	La Paz
COORDENADAS DE UBICACIÓN	N 13°28'15.2" W 089°01'13.6"
ANCHO DE LA SECCION TRANSVERSAL	12.0 m
PROFUNDIDAD MEDIA	0.12 m
CAUDAL (m³/s)	0.593 (m ³ /s)
FORMA DE LA SECCION TRANSVERSAL	

FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA

PUNTO DE MUESTREO:	RIO JIBOA	
CODIGO:	08 JIBOA	
CLASIFICACION:	CANAL PRINCIPAL	
TIPO DE PUNTO DE MONITOREO:	Calidad del Agua	

DATOS GENERALES DE LA ESTACION

DIRECCION	Cantón y caserío El Pedregal , municipio El Rosario ,departamento de la Paz aproximadamente 150 metros aguas arriba de desembocadura de río sepaquiapa el cual no aporta agua al río Jiboa en época seca.
DEPARTAMENTO	La Paz
COORDENADAS DE UBICACIÓN	N 13°26'51.6" W 089°01'41.5"
ANCHO DE LA SECCION TRANSVERSAL	9.55 m
PROFUNDIDAD MEDIA	0.15 m
CAUDAL (m³/s)	0.587 (m ³ /s)
FORMA DE LA SECCION TRANSVERSAL	

Anexo XIV METODOLOGÍA DE MUESTREO PARA EL CANAL PRINCIPAL DEL RÍO JIBOA

Parámetro a analizar	Material del recipiente	Capacidad del recipiente (ml)	preservación	Tiempo de preservación	Procedimiento
Sólidos suspendidos	Plástico	1000	Temperatura baja	7 días	Etiquetar los recipientes en los que se tomaran las muestras , identificando para cada uno : <ul style="list-style-type: none"> • el sitio de muestreo • la fecha y hora de recolección de muestras • el análisis para el que será destinada la muestra.
DBO	Plástico	1000	Temperatura baja	48 horas	
Detergentes	Vidrio Ámbar	1000	Temperatura baja		
Sólidos totales	Garrafa plástica	5000	Temperatura baja	7 días	Antes de realizar el muestreo se debe enjuagar con la misma agua del río el recipiente en que será tomada la muestra tres veces y luego se procede a tomar la muestra.
Boro	Plástico	1000	Temperatura baja	6 meses	
Cromo	Vidrio ámbar	1000	Temperatura baja	24 horas	Quien realice el muestreo debe estar en posición contracorriente al flujo del agua del río y realizar este lejos de la orilla en la corriente principal . Si el nivel de agua del río es poco profundo se debe tener cuidado de remover en lo mas mínimo posible los sedimentos del fondo para que estos no acompañen la muestra de agua. Tomadas las consideraciones anteriores se procede a tomar las muestras, teniendo en cuenta que todas las muestras deben ser almacenadas a una temperatura de 4 0C o menos y el tipo de material del recipiente que se debe usar según el tipo de análisis a realizar ; a la vez se considera si es necesario tener cuidado de no dejar aire atrapado en el recipiente y si es necesario preservar la muestra con agentes químicos, no se debe llenar completamente el recipiente con el objetivo de proporcionar espacio para la adición y una adecuada homogenización de estos . Para una adecuada documentación del procedimiento de muestreo e identificar fielmente los puntos seleccionados se determinaran las coordenadas geográficas del punto por medio de mapas o utilizando un sistema electrónico de georeferencia (GPS) y se tomaran fotografías en dichos puntos procurando el incluir puntos de referencia como árboles , Rocas , cercos, etc. a la vez quien este realizando el muestro
OD	Vidrio	300	1 ml de azida + 1 ml de MnSO ₄	Lo más pronto posible.	
DQO, fenoles	Plástico	500	2 ml de H ₂ SO ₄	28 días	
NTK	Plástico	500	2 ml de H ₂ SO ₄	24 horas	
Dureza	Plástico	500	2 ml de HNO ₃	48 horas	
Zinc	Plástico	500	2 ml de HNO ₃	6 meses	
Grasas y aceites	Vidrio Ámbar	1000	4 ml de HCL 1:1	28 días	Se utilizan bolsas especiales que permiten un cierre ajustado. La bolsa se sumerge en dirección contraria al flujo del río, sosteniéndola de los alambres que se extienden sobre la parte superior, al llenarse la bolsa, esta se hace girar hacia dentro hasta que la bolsa quede bien cerrada
Coliformes	Bolsa plástica		Temperatura baja	Lo mas pronto	

Anexo XV METODOLOGÍAS UTILIZADAS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARAMETROS EN LABORATORIO

PARÁMETRO	METODOLOGÍA
Color	Platino-Cobalto
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Reflujo Cerrado, Colorimétrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (DBO5)	Estándar
Nitrógeno de Nitratos	Reducción con Cadmio
Nitrógeno de Nitritos	Diazotización
Nitrógeno Amoniacal	Nessler
Fósforo de Ortofosfatos	Ácido Ascórbico
Fósforo Total	Digestión Ácida con Persulfato
Detergentes	Violeta Cristal
Cloruros	Mohr
Alcalinidad Total	Titrimétrico
Dureza	Valoración con EDTA
Sólidos Totales	Gravimétrico
Sólidos Disueltos	Gravimétrico
Sólidos Suspendidos	Gravimétrico
Sólidos Sedimentables a 10 minutos y a 2 horas	Conos Imhoff
Grasas y Aceites	Extracción con benceno
Coliformes Fecales y Totales	Técnica de Fermentación de Tubos Múltiples, según BAM (Bacteriological Analytical Manual)
Nitrógeno Total	Método Kjeldhal

Fuente : Metodología ocupada por SNET

Anexo XVI RESULTADOS DE ANÁLISIS IN SITU.

PARAMETRO	EXPRESADO	PUNTOS DE MUESTREO							
		01 JIBOA	02SNCRI	03 STCRO	04 PMCHA	05 PMPET	06 PMTIM	07 PMTIL	08 PMSEP
pH	Unidades	8.15	8.55	7.82	8.61	8.62	8.7	8.92	7.95
TEMPERATURA MUESTRA	° C	25.05	29.05	30.6	29.7	29.1	25.3	32.97	32.96
TEMPERATURA AMBIENTAL	° C	29.0	32	32	32	32	30.5	36.5	36.5
DIFERENCIA ENTRE TEMPERATURAS	° C	3.95	2.950	1.40	2.30	2.90	5.20	3.530	3.540
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	μS/Cm	160	170	410	315.7	314.7	279.0	324.5	324.5

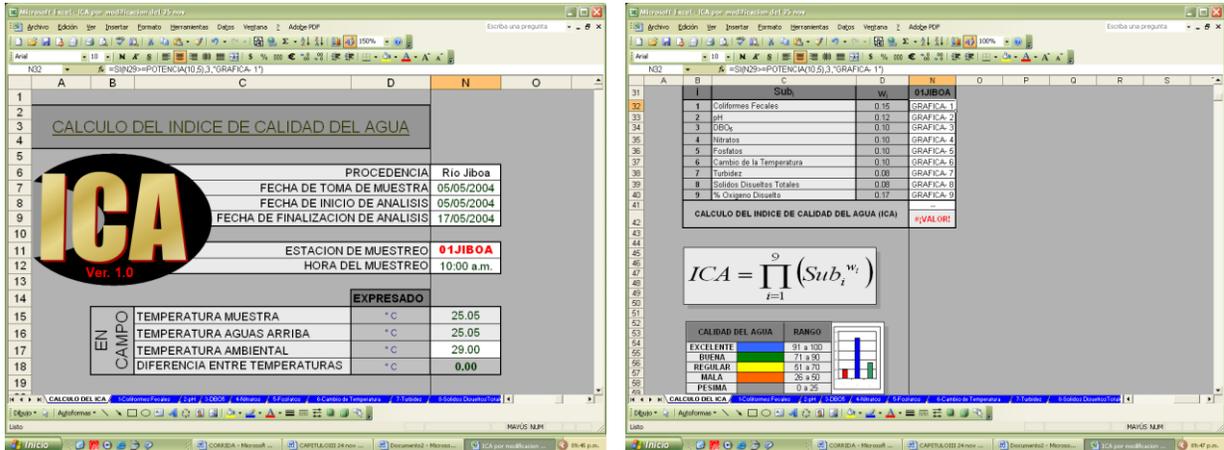
Anexo XVII RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO.

PARAMETRO	EXPRESADO	PUNTOS DE MUESTREO							
		01 JIBOA	02SNCRI	03 STCRO	04 PMCHA	05 PMPET	06 PMTIM	07 PMTIL	08 PMSEP
pH	UNIDADES	8.05	8.22	8.29	8.12	8.04	8.4	8.47	7.37
OXIGENO DISUELTO	ppm O ₂	6.1	6.2	6.9	7.7	7.0	7.9	7.3	4.9
Saturación de OD	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TURBIDEZ	Unidades FAU	12.5	31.0	61.0	467.5	476.0	137.0	316.5	162.5
ALCALINIDAD TOTAL	ppm CaCO ₃	68.83	98.65	181.25	149.13	151.42	135.36	137.66	142.24
DUREZA TOTAL	ppm CaCO ₃	64.22	73.39	197.25	146.79	139.9	142.2	144.5	133.03
SULFUROS	ppm S ⁼	0.0045	0.008	0.008	0.008	0.0105	0.001	0.004	0.0075
NITRITOS	ppm NO ₂ ⁻	0.031	0.030	0.233	0.163	0.153	0.0565	0.082	0.1655
NITROGENO AMONIACAL	ppm NH ₃	0.235	0.28	0.44	0.43	0.49	0.16	0.28	1.28
NITRATOS	ppm NO ₃ ⁻	6.75	6.45	16.25	20.45	16.2	34.65	14.45	35.45
FOSFATOS	ppm PO ₄	1.77	1.67	1.51	0.995	0.87	0.825	0.80	1.275
FOSFORO TOTAL	ppm PO ₄	1.84	1.925	3.835	2.08	2.18	1.515	1.42	2.49
CLORUROS	ppm Cl ⁻	3.89	1.94	7.77	3.89	5.83	5.83	7.77	9.71
COLOR APARENTE	Unidades Pt-Co	43.0	59.5	2312.5	1005.0	1067.5	415.0	457.0	825.0
COLOR VERDADERO	Unidades Pt-Co	27.0	52	37.5	69.0	27.0	31.5	19.0	34.0
ACEITES Y GRASAS	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SOLIDOS TOTALES	ppm	330.0	316.0	1534.0	848.0	778.0	512.0	450.0	582.0
SOLIDOS TOTALES FIJOS	ppm	258.0	254.0	1392.0	714.0	666.0	456.0	416.0	504.0
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	72.0	62.0	142.0	134.0	112.0	56.0	34.0	78.0
SOLIDOS SEDIMENTABLES 10 Min	mL/L	ND	ND	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
SOLIDOS SEDIMENTABLES 2 hr	mL/L	0.2	0.1	0.5	0.3	0.5	0.3	0.2	0.5
SOLIDOS DISUELTOS	mL/L	320.00	226.00	546.00	490.00	458.00	230.00	232.00	228.00
PARAMETRO	EXPRESADO	PUNTOS DE MUESTREO							

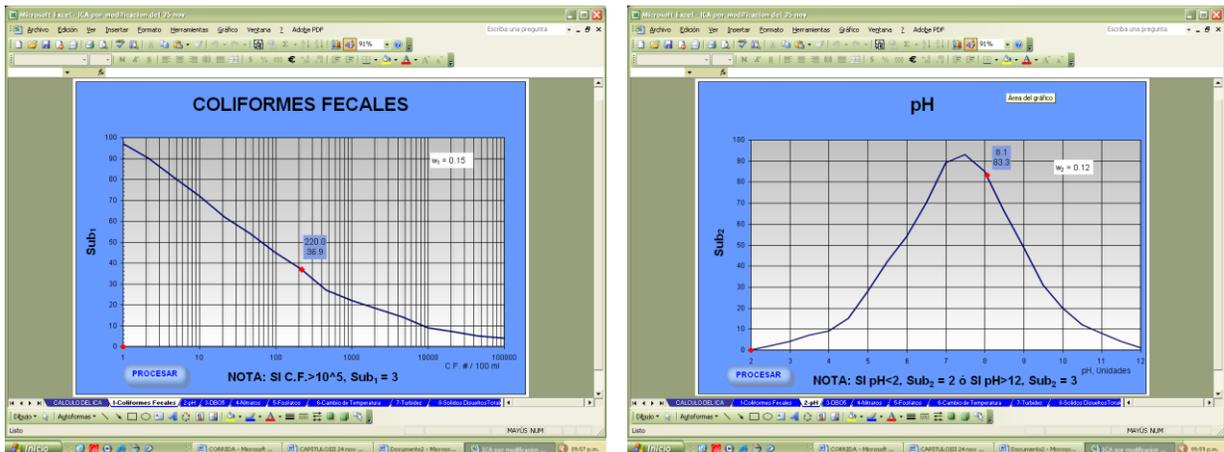
		01 JIBOA	02SNCRI	03 STCRO	04 PMCHA	05 PMPET	06 PMTIM	07 PMTIL	08 PMSEP
FENOLES	ppm Fenol	7.5	7.5	10.0	10.0	15.0	15.0	2.5	3.75
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	ppm O ₂	8.57	2.34	150.0	71.48	63.28	23.44	23.44	75.0
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	ppm O ₂	ND	ND	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0	5.0
ZINC	ppm Zn	0.04	0.01	0.04	0.01	0.09	0.095	0.025	0.03

Anexo XVIII EJEMPLO DE CALCULO PARA EL PUNTO 01JIBOA

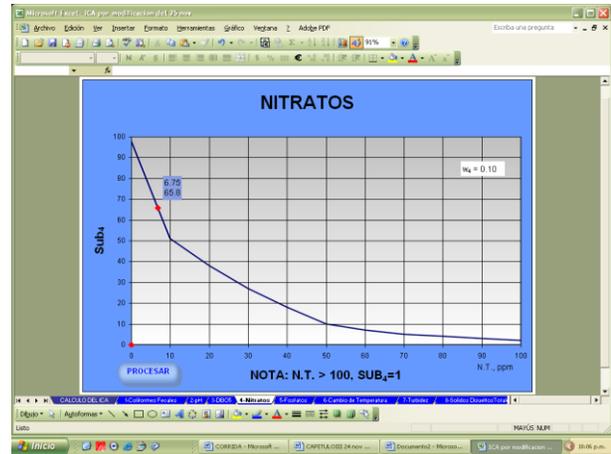
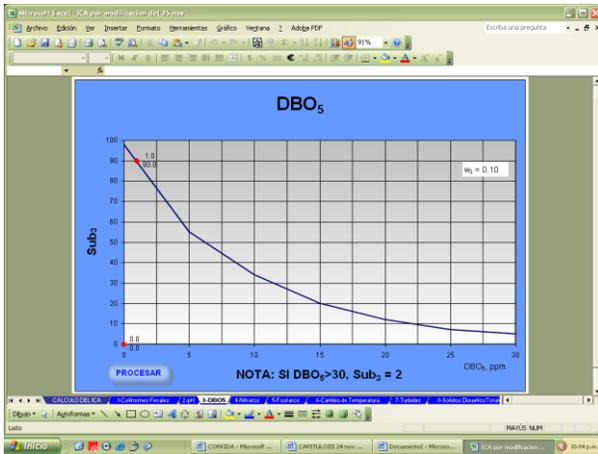
Utilizando el Programa "ICA"/ver-1.0 se llenan los campos que son los resultados de los parámetros y posteriormente se interactúa con el programa para obtener los valores Sub_i para los 9 parámetros estipulados, automáticamente se calcula el valor del "ICA_m" el cual es de 64 y su clasificación que es REGULAR.



- Hoja principal del programa la cual tiene que completarse y los campos de fondo gris son indispensables para el calculo del "ICA".
- Una vez llenos los campos de la hoja principal es necesario dar "clic" en las celdas donde aparece la palabra GRAFICA-i donde $i=[1,9]$ y se realizaran las interpolaciones respectivas.

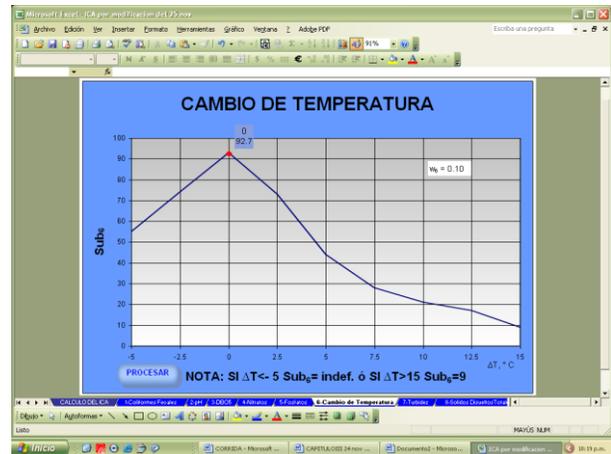
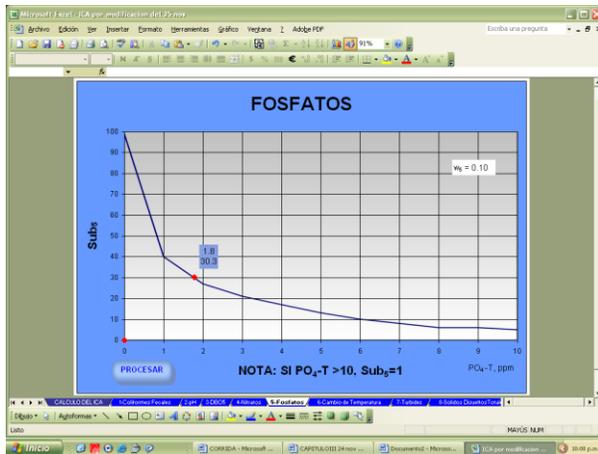


- La interpolación se realiza desplazando el punto rojo en el eje "y" pues el programa lo fija en el eje "x" a buscar.
- La interpolación para cada parámetro se realiza de la misma forma para cada grafica y al terminar se da "clic" en el botón PROCESAR.



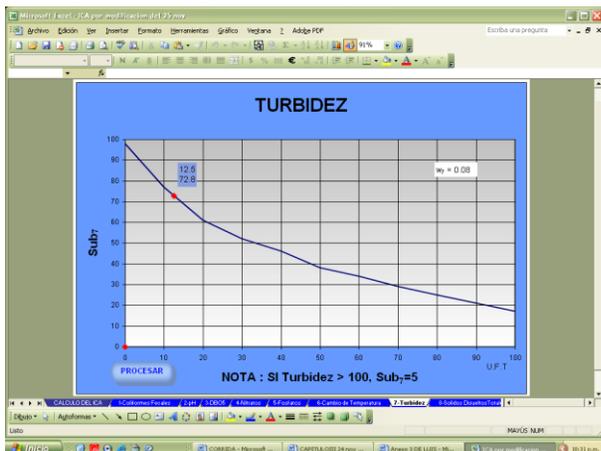
e.) La curva para la interpolación de la DBO_5 y no olvidar dar "clic" a el botón PROCESAR.

f.) La curva para la interpolación del Nitrógeno Total y no olvidar dar "clic" a el botón PROCESAR.



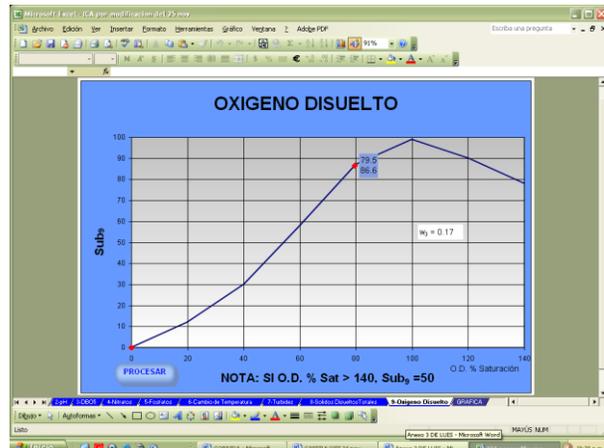
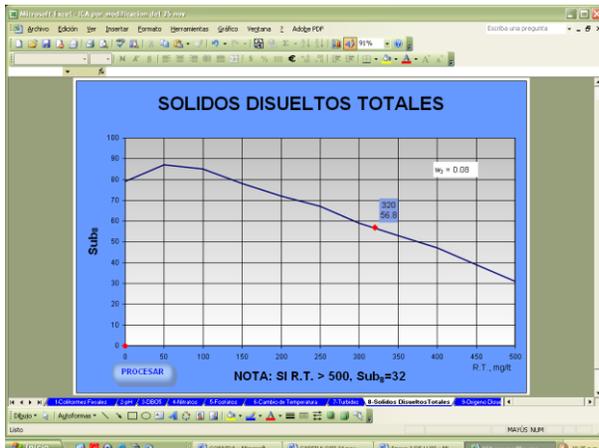
g.) La curva para la interpolación del Fósforo Total y no olvidar dar "clic" a el botón PROCESAR.

h.) La curva para la interpolación de la Temperatura y no olvidar dar "clic" a el botón PROCESAR.



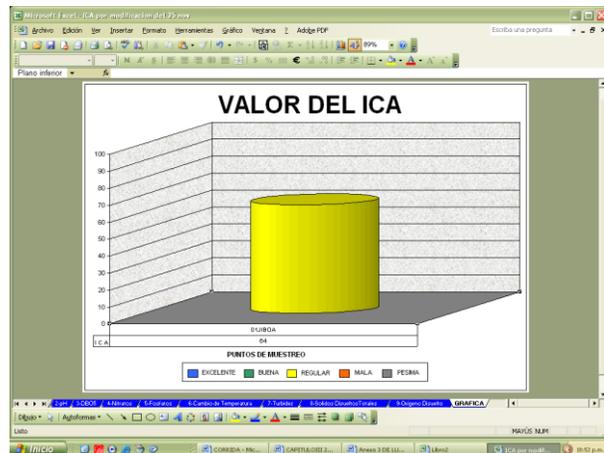
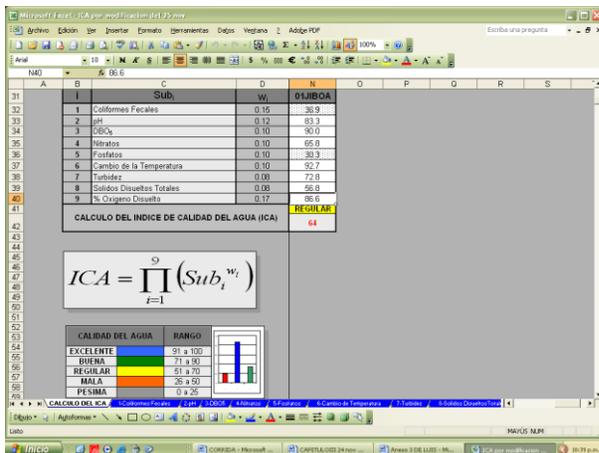
i.) La curva para la interpolación de la Turbidez y no olvidar dar "clic" a el botón PROCESAR.

j.) La curva para la interpolación del Residuo Total y no olvidar dar "clic" a el botón PROCESAR.



k.) La curva para la interpolación del Oxígeno Disuelto y no olvidar dar "clic" a el botón PROCESAR.

l.) Hoja principal en donde se resumen los datos obtenidos para reportar el valor del "ICA".



m.) Al dar "clic" en el Icono  se realiza una grafica que resume el valor y la clasificación del punto de muestreo en el Río Jiboa según el "ICA".

Hoja para el cálculo del "ICA" en un punto determinado

Parámetro	Valor	Unidades	Sub _i	w _i	Total
1 Coliformes Fecales	220.0	NMP/100 ml	36.9	0.15	1.72
2 pH	8.05	UNIDADES pH	83.3	0.12	1.70
3 DBO ₅	1.0*	Ppm O ₂	90.0	0.10	1.57
4 Nitrógeno total	8.85	Ppm NTK	65.8	0.10	1.52
5 Fósforo total	1.84	Ppm PO ₄	30.3	0.10	1.41
6 Cambio de la Temperatura	0	C	92.7	0.10	1.57
7 Turbidez	12.50	Unidades FAU	72.8	0.08	1.41
8 Sólidos totales	330	Ppm	56.8	0.08	1.38
9 Porcentaje de Saturación	74.07	%	86.6	0.17	2.13
Valor del "ICA"			$\sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$		64

*El valor de la DBO₅ se asumió como mínimo debido a que no se pudo detectar

Anexo XIX EVALUACION DE TOXICIDAD PRESENTE EN SEDIMENTO

Criterio de calidad de sedimentos en función de su contenido en compuestos tóxicos orgánicos.

El aporte de este tipo de contaminantes puede o no generar riesgos al ecosistema en función del estado en que se halla en el sedimento, el que está compuesto de una fase líquida en los intersticios existentes entre los gránulos, además de su fase sólida (en el lecho del cuerpo de agua).

La llegada de estos compuestos al sedimento a través de procesos tales como adsorción y partición (migración del contaminante) son naturales para ligarlos al mismo, en particular el de partición para los orgánicos no iónicos. Este fenómeno es dependiente de la solubilidad y en consecuencia es reversible, o sea que en condiciones de equilibrio la partición del compuesto orgánico es función de su solubilidad en agua.

Coeficientes de partición.

El enfoque que a través del concepto equilibrio de partición se hace sobre el tema, asume las siguientes hipótesis:

Los compuestos químicos adsorbidos en el sedimento logran luego de un período apropiado, un equilibrio termodinámico que permite correlacionar el nivel de concentración del contaminante en el sedimento con el existente en el agua de poro.

El coeficiente de partición (K_p) es la división de la sustancia química presente en la fase sólida (Sedimento) entre la concentración de la sustancia química disuelta en el agua (Fase disuelta), es decir: (μg de Compuesto Orgánico / Kg de sedimento) vs C_w (μg de Compuesto Orgánico disuelto / L de solución). De esta forma puede conocerse la masa del compuesto químico presente en una fase a partir del dato de la otra.

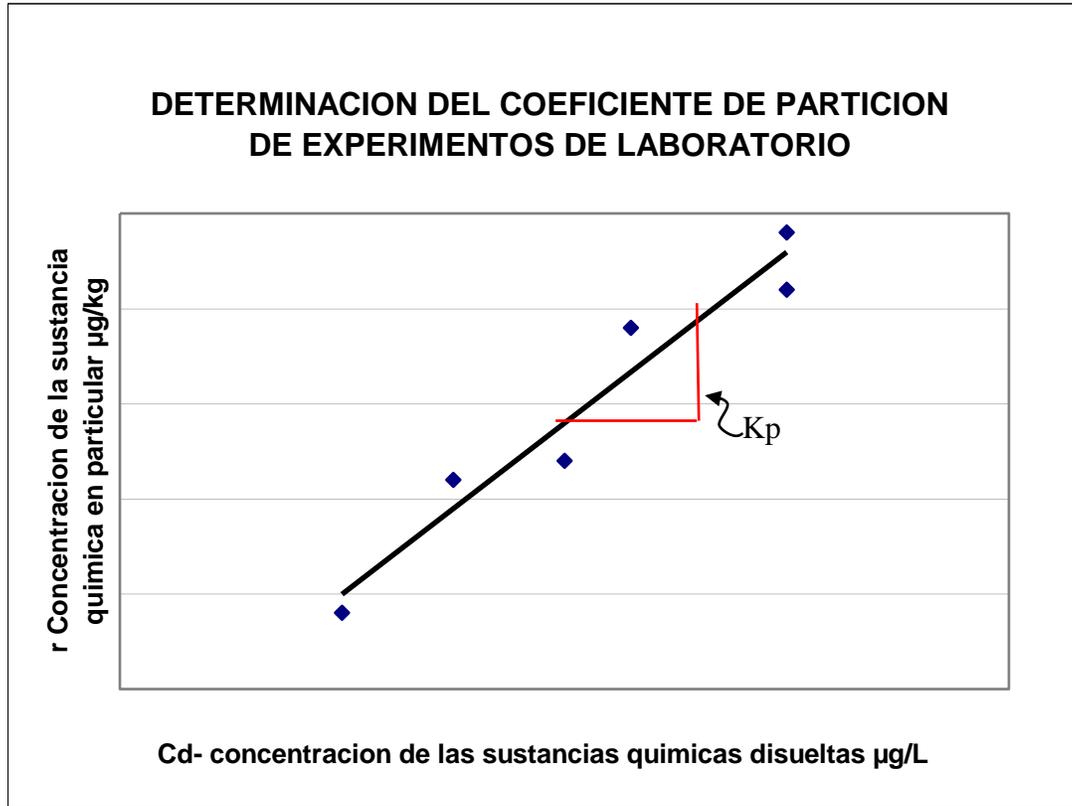


Figura A-5 Curva de equilibrio térmico para un contaminante orgánico

La afinidad de un producto químico orgánico hacia las partículas se describe en función de su coeficiente de partición octanol-agua (K_{OW}). Este coeficiente se conoce bastante bien en la mayor parte de los productos químicos (Tabla A-1) y es la base para prever el destino ambiental de los productos químicos orgánicos. Los productos químicos con bajos valores de K_{OW} son fácilmente solubles, mientras que los que tienen valores altos de K_{OW} se califican como "hidrofóbicos" y suelen estar asociados con partículas. Los compuestos clorados, como el DDT y otros plaguicidas, son muy hidrofóbicos y, por consiguiente, no se analizan fácilmente en las muestras de agua debido a la muy baja solubilidad del producto químico. En los productos químicos orgánicos, el componente más importante de la carga de sedimentos parece ser la parte de carbono orgánico en partículas transportada en el sedimento. Los científicos han perfeccionado el coeficiente de partición para describir la asociación con la parte de carbono orgánico (KOC).

Proporción de algunos plaguicidas que se encuentran en asociación con sedimentos en suspensión (Según Ongley et al., 1992).

Tabla A-1 Proporción de algunos plaguicidas que se encuentran en asociación con sedimentos en suspensión (Según Ongley et al., 1992).

Plaguicida	log K _{ow}	% de carga química con diferentes concentraciones (mg/l) de sedimentos en suspensión			
		mg/l = 10	mg/l = 100	mg/l = 1000	mg/l = 10000
Aldrina	5,5	15	55	90	100
Atrazina	2,6	0	0	2	20
Coldrán	6,0	30	75	95	100
DDT	5,8	20	67	93	100
Dieldrina	5,5	15	55	90	100
Endrina	5,6	18	57	90	100
Endosulfán	3,6	0	0	21	57
Heptacloro	5,4	13	48	88	100
Lindano	3,9	0	2	30	80
Mirex	6,9	75	95	100	100
Toxafeno ¹	3,3	0	0	12	47
Trifluoralina	5,3	12	45	87	100
2,4-D	2,0 ²	0	0	0	4

Fuente OPS

Relación entre los coeficientes.

Karickhoff demostró que la sorción de las sustancias químicas orgánicas a los sólidos del sedimento, es función de la fracción en peso del carbono orgánico del sedimento. El coeficiente de partición del carbono Orgánico es por lo tanto definido como K_{oc} (μg de Compuesto Orgánico / Kg de compuesto carbono orgánico) vs C_w (μg de Compuesto Orgánico disuelto / L de solución). Karichoff (1979), obtuvo una relación lineal entre K_{oc} y K_{ow}:

$$K_p = [K_{oc}] \cdot [X_{oc}]$$

También se tiene que:

$$K_{oc} = 0.617 \cdot K_{ow}$$

K_p: Coeficiente de partición que vincula al soluto y solvente a través de isothermas de adsorción lineales, curvas que tienen como ordenada el valor (μg de Compuesto Orgánico / Kg de sedimento) vs C_w (μg de Compuesto Orgánico disuelto / l de solución).

K_{oc}: Coeficiente de partición expresado en base al contenido de C orgánico del sedimento. (μg de Compuesto Orgánico/ Kg de compuesto carbono orgánico) vs C_w (μg de Compuesto Orgánico disuelto / l de solución).

X_{oc}: Fracción de masa de Carbono orgánico en el sedimento (μg de carbono Orgánico / masa del sólido).

K_{ow}: es el coeficiente de partición Octanol / Agua.

Combinando estas dos ecuaciones tenemos lo siguiente:

$$K_p = 0.617 \cdot X_{oc} \cdot K_{ow}$$

Estos principios, permiten estimar la biodisponibilidad de los compuestos no iónicos adsorbidos en el sedimento, que como ya enunciamos es la clave para determinar el potencial tóxico de los mismos en dicho medio.

Teniendo valores de K_{ow} para cada compuesto orgánico (ver anexo 4-1), podemos conocer fácilmente las concentraciones del contaminante en cada fase de un manera fácil correlacionando las ecuaciones antes presentadas.

Criterio de calidad de los sedimentos en función de su contenido en contaminantes metálicos.

Para estimar la toxicidad asociada a una determinada concentración de un metal pesado en el sedimento, es necesario también estimar la biodisponibilidad del mismo. Trabajos efectuados en los laboratorios de US EPA mostraban diferente nivel de toxicidad, pese a estar utilizando sedimentos que tenían igual nivel de Metales totales. Si bien se sabe que estos metales pueden formar sulfuros insolubles, no es muy conocida su función de actuar como sistema reactivo de fase sólida sulfurada, que está disponible para atrapar los metales, convirtiéndolos en no aptos para degradar ni utilizar por la biota, o sea no tóxicos.

La presencia de sulfuros es algo común en los sedimentos marinos y en aguas superficiales, siendo este compuesto la forma predominante del azufre en los sedimentos anóxicos.

Para los metales se tiende a utilizar a los llamados sulfuros ácidos volátiles (SAV) para normalizar el nivel de concentraciones tóxicas. Diversos ensayos han demostrado que no existe mortalidad significativa para los organismos bentónicos testeados (anfípodos, oligoquetos, gusanos, etc.), si la concentración molar de los sulfuros ácidos volátiles (SAV) en el sedimento, es mayor que la concentración molar de los metales extraídos en forma simultánea del mismo sedimento.

Los SAV compiten en el sedimento por los metales libres en las aguas sobrenadantes, determinando la biodisponibilidad de estos contaminantes en el sedimento.

Formulaciones propuestas para normalizar la concentración de metales pesados en sedimentos.

Las experiencias realizadas para determinar la toxicidad aguda del cadmio y níquel en sedimentos y la incidencia de los SAV en este proceso, permitieron llegar a las siguientes conclusiones, extrapolables para el caso de otros metales:

El equilibrio termodinámico que define la distribución de las especies químicas en la fase sólida y disuelta del sedimento se alcanza rápidamente, en la escala de minutos a horas.

Si los sulfuros en dicho sistema están predominantemente en fase acuosa, la reactividad es mayor. El producto de solubilidad de los sulfuros metálicos formados es tan pequeño que la actividad del metal en el sistema: agua intersticial / sedimento, está muy por debajo de la que genera mortandad en los organismos allí expuestos.

La principal reserva de sulfuros está constituida por el sulfuro de hierro (SFe) y el de manganeso y no todas las fuentes poseen igual reactividad.

Se puede inferir, acorde a las últimas investigaciones sobre esta temática, que esta reducción de la actividad metálica y la toxicidad que esta genera en el sistema agua intersticial / sedimento, se da para todos aquellos metales que forman sulfuros más insolubles que el SFe.

Esto explica la baja toxicidad reportada por sedimentos con alta concentración de metales, regulada ahora por la baja solubilidad de los complejos metal - sulfuro, que hacen que la concentración en el agua de poro / o intersticial del sedimento no llegue a superar el umbral tóxico.

Los sulfuros y estos metales son extraídos del sedimento utilizando la técnica del ácido clorhídrico frío, la fase sólida de sedimentos sulfatados que es soluble en HCl frío, es

convencionalmente llamada sulfuros ácidos volátiles (SAV) y la concentración de metal que es simultáneamente extraída en dicho proceso se llama metal presente en el sedimento MPS.

No se observa toxicidad para la biota en el sedimento, cuando los metales están ligados al sedimento y cuando medidos acorde a concentraciones molares, el valor para los SAV es mayor que la suma de las concentraciones molares de los metales ligados al sulfuro.

Las investigaciones indican que la biodisponibilidad de los metales en el sedimento depende de la actividad química del metal en el sistema: Sedimento / Agua intersticial, en consecuencia las propiedades del sedimento que determinan la actividad del metal en dicho sistema, también determinan la fracción de metal biodisponible y potencialmente tóxica, el indicador utilizado es la concentración de SAV.

Para valores de MPS / SAV menores que 1 no se manifiesta toxicidad aguda (mortalidad mayor del 50%), para valores mayores la mortalidad de las especies sensitivas aumenta.