

295  
13  
**Universidad Nacional Autónoma de México**

FACULTAD DE INGENIERIA



---

EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL  
RIO NAUTLA MEDIANTE INDICES DE CALIDAD

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
I N G E N I E R O C I V I L  
P R E S E N T A:

GERONIMO ARMIJO BURCIAGA

MEXICO, D. F.

1982



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-175

Señor GERONIMO ARMIJO BURCIAGA,  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Profr. Ing. Ernesto Murguía Vaca, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de Ingeniero CIVIL.

"EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RIO  
NAUTLA MEDIANTE INDICES DE CALIDAD"

Introducción.

- I. Descripción de la zona de estudio.
- II. Caracterización de las fuentes de contaminación.
- III. Caracterización de estaciones fluviales.
- IV. Evaluación de resultados.
- V. Conclusiones.

Bibliografía.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, 24 de mayo de 1982  
EL DIRECTOR

ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

JJE/OJH/ser

EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RIO NAUTLA  
MEDIANTE INDICES DE CALIDAD.

I N D I C E

INTRODUCCION.-

- I. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.
  - 1.1 Características socioeconómicas de la zona
  - 1.2 Descripción del sistema fluvial.
  - 1.3 Características de la calidad del agua.
  - 1.4 Objetivos.
  
- II. CARACTERIZACION DE LAS FUENTES DE CONTAMINACION.
  - 2.1 Fuentes de contaminación.
  - 2.2 Normas para descargas de aguas residuales.
  - 2.3 Resultados analíticos.
  - 2.4 Causas y efectos de los contaminantes.
  
- III. CARACTERIZACION DE ESTACIONES FLUVIALES.
  - 3.1 Sitios de muestreo.
  
- IV. EVALUACION DE RESULTADOS.
  - 4.1 Desarrollo del índice de calidad.
  - 4.2 Descripción de las escalas de Calificación individual.
  - 4.3 Escala de calificación general.
  - 4.4 Indices de calidad.
  
- V. CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFIA.

## I N T R O D U C C I O N

Uno de los problemas más preocupantes que enfrenta el país en la actualidad, es, sin lugar a dudas, el de la contaminación del agua elemento indispensable en la vida y el progreso de los pueblos. Buena parte de los ríos, lagos y otras corrientes y depósitos del preciado líquido han llegado al máximo de la contaminación tolerable, producida tanto por los desechos domésticos de una población en constante crecimiento, como por las descargas de aguas, a veces altamente contaminadas, de las empresas industriales.

## CAPITULO I

### DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La contaminación del agua en algunas zonas del país es palpable y sus efectos negativos ya se dejan sentir en la flora, fauna y el hombre mismo. Algunos ríos, al constituirse en conductores de contaminantes, además de deteriorar y empobrecer sus propios caudales, hacen extensiva la degradación a lagos, estuarios, y costas donde desembocan.

Dentro de este marco de referencia se encuentra el río Nautla, en donde, de un tiempo a la fecha, se han presentado episodios de mortandad de peces; tales sucesos son atribuidos a la contaminación del agua producida por las descargas industriales y municipales. Se ha visto, sin embargo, que dichos episodios, en algunos casos, fueron originados por la irresponsabilidad de los pescadores al utilizar procedimientos inadecuados

de pesca, como es el caso del empleo de barbasco y cal.

#### I.1 CARACTERISTICAS SOCIOECONOMICAS DE LA ZONA.

##### DIVISION MUNICIPAL.-

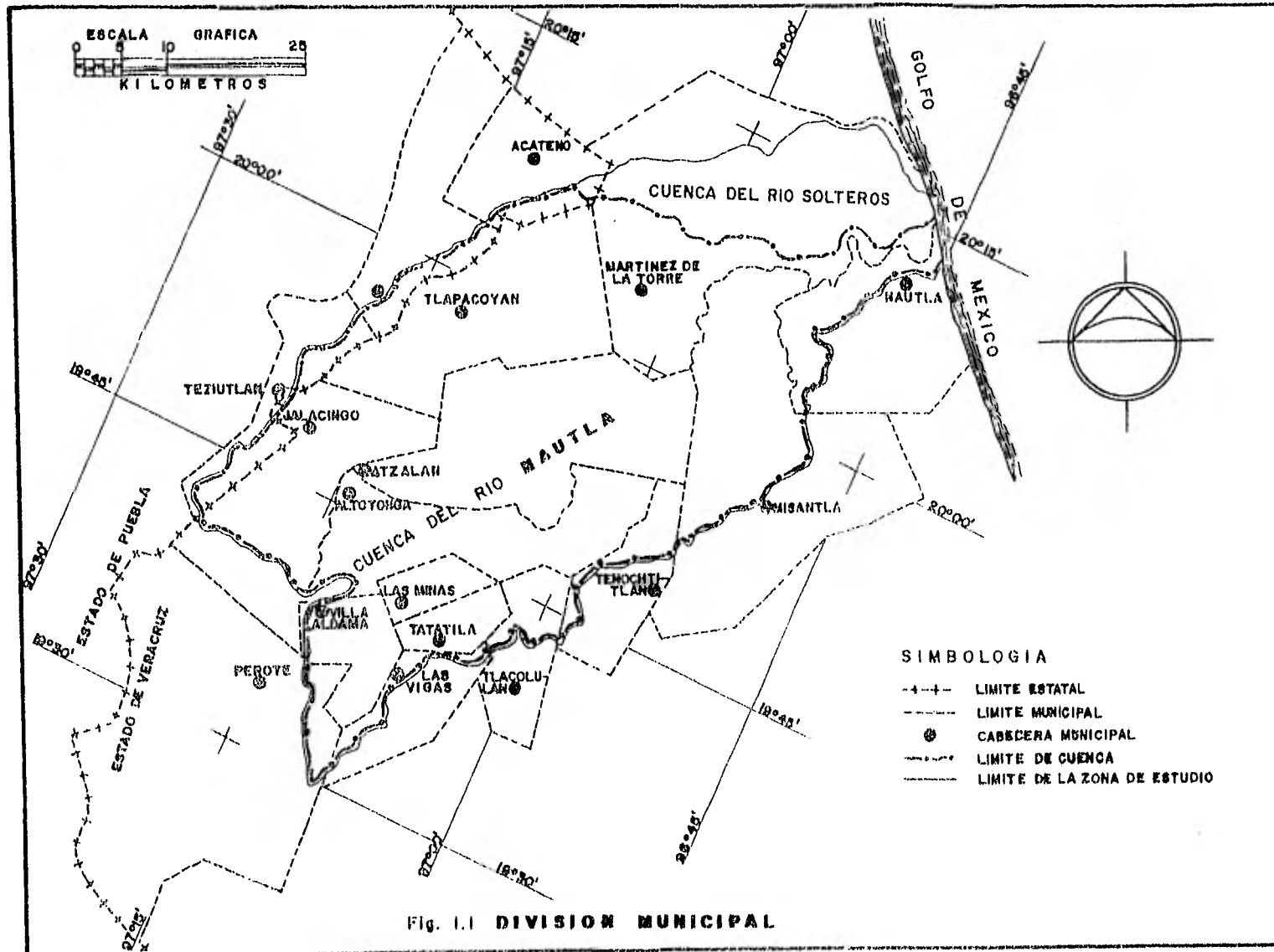
La zona de estudio comprende 14 municipios del estado de Veracruz y 3 municipios del estado de Puebla. Abarca en su totalidad a la cuenca del río Nautla e incluye una porción de la cuenca del río Solteros donde se ubica el estero Tres Encinos.

La superficie total tiene una extensión aproximada de 2700 Km<sup>2</sup>, de la cual el 96.2 % pertenece al estado de Veracruz. Por lo que respecta a la cuenca del río Solteros, se han considerado 320 Km<sup>2</sup> que representan el 12 % de la zona de estudio.

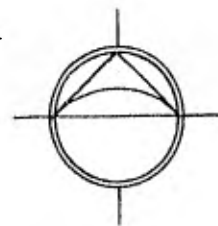
Los municipios de Altotonga, Atzalán, Las Minas, Tatatila y Tlapacoyan, pertenecientes al estado de Veracruz, quedan comprendidos en su totalidad y el resto de los municipios en forma parcial, tal como se indica en la figura 1.1.

##### DEMOGRAFIA.-

El crecimiento de la población en los municipios considerados presenta diferentes características. Los municipios localizados en la parte alta de la cuenca como Altotonga, Jalacingo, Las Minas, Tatatila, Tenochtitlán y Villa Aldama, con la excepción de Perote, tienen características esencialmente de



ESCALA GRAFICA  
0 10 25  
KILOMETROS



- SIMBOLOGIA**
- +--+ LIMITE ESTATAL
  - - - LIMITE MUNICIPAL
  - CABECERA MUNICIPAL
  - LIMITE DE CUENCA
  - — — LIMITE DE LA ZONA DE ESTUDIO

**Fig. 1.1 DIVISION MUNICIPAL**



poblaciones rurales desde el punto de vista demográfico, sus tasas de crecimiento son en general las más bajas con respecto a los municipios localizados en la parte media y baja de la cuenca del río Nautla.

Es interesante observar que los municipios con más población y localizadas en la parte media y baja de la cuenca son, Atzalán, Martínez de la Torre, Misantla y Tlapacoyan. Además de que estos municipios indican altas tasas de crecimiento, presentan mayores cambios entre 1960 y 1970, como puede apreciarse en la Tabla 1.1.

La población total asentada en todos los municipios representa aproximadamente el 9.1 %, 9.4 % y 8.9 % de la población del estado de Veracruz en los años de 1950, 1960 y 1970 respectivamente.

#### AGRICULTURA.-

Una de las actividades de mayor importancia en la cuenca del río Nautla es la agricultura. La región cuenta, incluyendo la totalidad de los municipios relacionados con la cuenca, con una superficie de aproximadamente 131,000 Has., dedicadas a esta actividad. El área bajo riego representa el 32.4 %, la de jugo o humedad el 30.9 % y la temporal el 36.7 %. Por lo que respecta a la participación de esta región en las actividades agrícolas del estado de Veracruz, la superficie bajo riego representa el 18.9 %, la de jugo o humedad el 17.5 % y la de temporal el 5.0 %.

MUNICIPIO Y ESTADO	1 9 5 0		1 9 6 0		1 9 7 0		Tasa anual - de crecimien to. % 1950-1970
	POB.TOTAL	% RURAL	POB.TOTAL	% RURAL	POB.TOTAL	% RURAL	
<u>Edo.de Vera-- CRUZ.</u>							
Altotonga	12,038	81.8	26,056	78.5	30,851	78.1	4.8
Atzalán	20,269	100.0	24,858	100.0	32,311	100.0	2.4
Jalacingo	12,089	77.8	14,042	79.8	16,139	57.6	1.5
Mtz.de la Torre	24,567	78.2	37,111	52.0	64,180	51.3	4.9
Las Minás	2,624	100.0	2,689	100.0	2,915	100.0	0.5
Misantla	22,552	78.3	37,302	75.3	44,283	80.1	3.4
Nautla	6,167	100.0	7,410	100.0	9,536	100.0	2.2
Perote	13,105	59.9	20,020	50.8	24,409	47.8	3.2
Prof.Rafael Rmz.	6,622	48.0	7,014	32.1	8,182	34.8	1.1
Tatatila	3,546	100.0	4,549	100.0	4,751	100.0	1.5
Tenochtitlán	3,193	100.0	4,119	100.0	4,459	100.0	1.7
Tlacolulan	5,757	100.0	6,190	100.0	6,790	85.8	0.8
Tlapacoyan	12,215	48.3	15,161	43.4	24,034	45.2	3.4
Villa Aldama	2,252	100.0	2,757	100.0	3,647	100.0	2.4
<u>Edo. de Puebla</u>							
Acateno	5,198	100.0	6,230	100.0	7,625	100.0	1.9
Hueytamalco	7,713	100.0	10,430	100.0	13,911	100.0	3.0
Teziutlán	25,172	46.2	30,776	43.5	40,742	41.2	2.4
TOTAL (1)	185,079	83.4	256,714	79.7	338,765	77.8	2.4
Edo.de Veracruz	2,040,231	66.7	2,727,899	60.4	3,815,422	56.1	3.2

(1) Se considera la totalidad de los municipios relacionados con la zona de estudio.

FUENTE: Censos Generales de Población.

TABLA 1.1 POBLACION TOTAL Y PORCENTAJE DE POBLACION RURAL EN LA CUENCA DEL RIO NAUTLA.

Los principales cultivos son el café, naranja, ciruela, plátano, manzana, aguacate, guayaba y durazno.

En lo que se refiere al valor de la producción agrícola anual, éste ascendió a 450 millones de pesos en 1970, representando el 12.1 % del valor de la producción en el estado de Veracruz.

#### GANADERIA.-

Otra actividad relevante en la región, es la ganadería, contándose en la actualidad con un promedio de 290,000 cabezas de ganado mayor y 130,000 cabezas de ganado menor. En este concepto destacan los municipios de Martínez de la Torre, Atzacán y Tlapacoyan.

#### PESCA.-

La actividad pesquera en la cuenca se desarrolla principalmente en la región de la desembocadura del río y en el estero Tres Encinos. Entre las especies marinas capturadas destacan el Pez Sierra, cazón, jurel, lebreña y huachinango. Entre los crustáceos se encuentran el camarón de estero, la jaiba y el langostino. En cuanto al valor de la producción; ésta ocupa un 1.2 % en el estado de Veracruz.

#### GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA.-

En cuanto a este aspecto, la cuenca cuenta actualmente con dos plantas hidroeléctricas; Las Minas y El Encanto con capacidad de

14,400 y 10,000 KW respectivamente. Este sistema eléctrico está interconectado a la red nacional de la Comisión Federal de Electricidad y se emplea para suministrar energía eléctrica a las poblaciones de la región, principalmente a Altotonga, Tlapacoyan, Martínez de la Torre, Misantla, San Rafael y Nautla.

#### INDUSTRIA.-

Una de las principales actividades industriales en el estado de Veracruz es la Industria Azucarera; en éste renglón la región participa con un 3.5 % del total estatal. Entre los ingenios más importantes de la zona se encuentran los ingenios Independencia y Libertad creados en 1948, y en algunos registros estadísticos aparecen como una sola unidad, sin embargo cada uno cuenta con sus propias instalaciones y se localizan uno de otro a una distancia de 10 km. Estos ingenios son administrados por la Operadora Nacional de Ingenios, S. A.

#### SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.-

En 1970, el nivel de servicio de agua potable en la cuenca fué del 47.1 %, lo cual significó una extracción de 9.3 millones de metros cúbicos anuales; volumen que se incrementa debido al crecimiento de la población. Respecto a los servicios de alcantarillado el porcentaje fue de un 28.9 % y representa la recolección de aproximadamente 2.2 millones de metros cúbicos de agua residual al año.

En la Tabla 1.2 se presentan los servicios de agua potable y alcantarillado para los municipios localizados dentro de la cuenca, y en la Tabla 1.3 se indican las características de los sistemas de agua potable y alcantarillado de las principales poblaciones de la cuenca.

A través de la información anterior puede observarse que las principales fuentes de abastecimiento de agua municipal en la cuenca son aprovechamientos de tipo superficial del río Nautla y sus formadores. Actualmente no se cuenta con procesos de potabilización, solamente se contempla la cloración del agua en forma muy limitada; el porcentaje de la población servida con alcantarillado es muy bajo, por lo que se observan condiciones insalubres originadas por las prácticas de disposición de excretas a cielo abierto. Esta situación se ve agravada por la disposición de basuras en las márgenes de arroyos y ríos. Referente a las descargas de aguas residuales, éstas son vertidas sin ningún tratamiento al sistema fluvial.

## 1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA FLUVIAL.-

La zona de estudio comprende la cuenca hidrológica del río Nautla y el área correspondiente al estero Tres Encinos que pertenece a la cuenca del río Solteros como se mencionó anteriormente. La cuenca del río Nautla se encuentra en su mayor parte en el estado de Veracruz, colinda al Oeste con la cuenca del río Tecolutla; al

MUNICIPIO	POBLACION SERVIDA (HABITANTES)		
	T O T A L	AGUA POTABLE	ALCANTARI- LLADO
ALTOTONGA	30851	13081	7620
ATZALAN	32311	9176	4103
JALACINGO	16139	7537	2469
LAS MINAS	2915	2431	52
MTZ. DE LA TORRE	64180	37160	31641
MISANTLA	44283	15366	10938
NAUTLA	9536	4463	839
PEROTE	24409	18160	7469
RAFAEL RAMIREZ	6675	854	207
TENOCHTITLAN	4459	98	76
TLACOLULAN	6790	2458	767
TLAPACOYAN	24034	16343	11873
T O T A L : -	266582	127127	78054

TABLA 1.2 POBLACION SERVIDA CON AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA CUENCA DEL RIO NAUTLA, 1970.

CIUDAD	NUMERO	AGUA POTABLE		ALCANTARILLADO (2) (3)					
	HABITANTES (1)  ( 1970 )	POBLACION SERVIDA  (%)	TIPO DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO.	CONSUMO DIARIO.  (m3)	PROCESO DE POTABILIZACION EMPLEADO.	POBLACION SERVIDA  (%)	APORTACION DIARIA  (m3)	No. DE DESCARGAS PRINCIPALES DEL SISTEMA	CUERPO RECEPTOR
ALTOTONGA	6,754	42	Río Altotonga	1,351	ninguna	24	1,081	1	Río Altotonga
JALACINGO	3,457	49	Río Palenque	691	ninguna	16	553	1	Río Palenque
MTZ. DE LA TORRE	17,203	58	Río Bobos y Pozos	3,441	cloración	49	2,753	2	Río Bobos
SAN RAFAEL	4,605	58	Pozos	921	ninguna	49	737	2	Río Nautla y Es- tera Tres Enci- nos.
TLAPACOYAN	13,172	68	Río Totoapan Río Jalacingo	2,634	ninguna	49	2,107	2	Río Sordo-Río Ma.de la Torre y Arroyo Atzin- ta-Río Bobos.

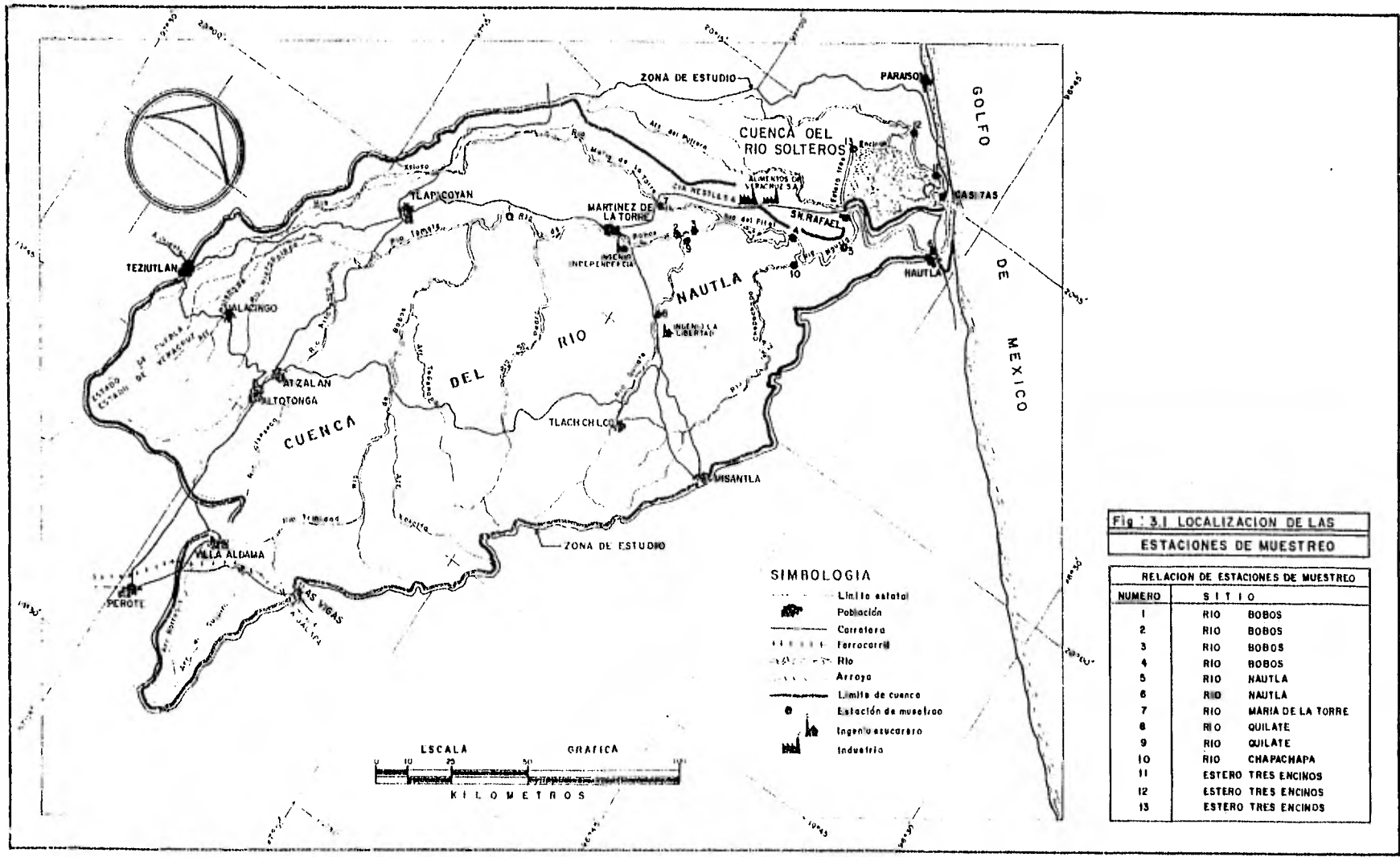
(1) Fuente: CENSO GENERAL DE POBLACION 1970.

(2) El tipo de alcantarillado de las cinco ciudades es combinado.

(3) Ninguna de las ciudades cuenta con tratamiento de aguas residuales, careciendo de algún uso estas aguas.

(4) Estimaciones basadas en el "Marco de Referencia de los usos del agua a nivel municipal", DGUAPC, SARH.

TABLA 1.3 CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LAS PRINCIPALES POBLACIONES DE LA CUENCA DEL RIO NAUTLA. (4)





noroeste con la cuenca del río Solteros; al sureste con la cuenca del río Misantla y al sur con las sierras de Zacapoaxtla y de Teziutlán. El estero Tres Encinos se encuentra ubicado en la región de la deaembocadura del río Nautla al Golfo de México. En la Figura 1.2 se presenta la localización que tiene la zona de estudio, respecto al territorio de la República Mexicana y el Estado de Veracruz; ésta se encuentra entre los paralelos  $19^{\circ} 30'$  y  $20^{\circ} 15'$  de latitud norte y los meridianos  $96^{\circ} 45'$  y  $97^{\circ} 20'$  con longitud oeste del M. de G., según se aprecia en la figura.

La corriente tiene sus orígenes en el estado de Veracruz, en el Cofre de Perote a una altitud de 4,150 m.s.n.m. Se inicia con el nombre de arroyo Borregos y corre en dirección norte hasta el sistema hidroeléctrico Las Minas, aguas abajo de la estación hidrométrica Las Minas recibe las aguas del arroyo Las Minas; 2.5 Km. aguas abajo afluye por la margen derecha el río Puerco; 3 km. más abajo confluye el arroyo El Suspiro, que tiene su origen en las inmediaciones del Cofre de Perote; 3 km aguas abajo confluye el arroyo Tenexpanoya; aquí la corriente cambia de dirección hacia el noroeste conservándola hasta su confluencia con el río Trinidad.

Después de la confluencia con el río Trinidad, la corriente toma este nombre y fluye hacia el noroeste con áreas de topografía abrupta y pendientes pronunciadas, recibe algunas aportaciones

menores por ambos márgenes, en esta zona la corriente toma el nombre de río Bobos, recibiendo las aportaciones de los arroyos Xoxotla y Tepanapa, situados a 1 y 10 km respectivamente aguas abajo de la estación hidrométrica San Joaquín; 6 km al noreste de Tlapacoyan, Veracruz, afluye por la margen izquierda el río Tomata. Este río tiene su origen a 2,750 m.s.n.m., en el cerro Mixuca, situado 8 km al norte del poblado de Toluca de Guadalupe, Veracruz. En su inicio se le conoce como río Palenque y tiene como primer tributario al arroyo Camarones; en este punto varía su curso hacia el este, conservándolo hasta la confluencia con el río Altotonga.

El río Altotonga tiene su origen a 2,350 m.s.n.m., 10 km al noreste de Perote, Veracruz; sigue el rumbo norte y después de un recorrido aproximado de 20 km. en que cruza las poblaciones de Altotonga y Atzalán, afluye a él por la margen derecha el arroyo Alseseca, sigue rumbo al norte hasta la confluencia con el río Palenque, en donde toma el nombre de río Tomate el cual confluye al río Bobos, como ya se dijo, por su margen izquierda.

El río Bobos sigue un rumbo noreste pasando por los poblados de Palmillas, Vega de San Pedro, El Mirador, Soledad, Martínez de la Torre, Independencia, La Colmena, Ojite y Defensa, donde 3 km aguas abajo después de la confluencia con el río María de la Torre, se le conoce con el nombre de río Del Pital. En este recorrido recibe las aguas del río

Quilate, un kilómetro aguas abajo del poblado Ojite.

Finalmente el río Del Pital, continúa en dirección noreste hasta la confluencia con el río Chapachapa, en donde toma el nombre de río Nautla, el cual continúa en dirección noreste hasta su desembocadura al Golfo de México, formando la Barra de Nautla en donde se le une el estero Tres Encinos.

#### HIDROMETRIA.-

Con el fin de recopilar la información hidrométrica de la cuenca, se ha establecido una red de estaciones, en donde se registran los escurrimientos en el río Nautla y en sus principales afluentes. En la figura 1.3 se presenta un croquis de localización de las estaciones hidrométricas que componen esta red. En la Tabla 1.4 se muestran las características principales de dichas estaciones y se incluyen los volúmenes medios anuales de escurrimientos registrados.

No existen registros del comportamiento hidráulico del estero Tres Encinos, por lo que aún cuando se conoce la influencia de la marea y de las aportaciones del río Nautla en este estero, se desconocen las corrientes que estas provocan.

#### PRECIPITACION.-

Dentro de la cuenca existen siete estaciones que cuentan con registros de



ESTACION	CORRIENTE	Area de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	Volumen medio anual (miles <sup>3</sup> de m <sup>3</sup> )	PERIODO DE OBSERVACION	MANEJO Y ESTADO ACTUAL DE LAS ESTACIONES.
Borregos	Arroyo Borregos	80.2	14 100	1947 - 1966	CFE (operando)
Trinidad y Minas	Río Trinidad	174.4	103 600	1950 - 1966	CFE (suspendida)
San Joaquín	Río Bobos	337.4	247 200	1953 - 1968	CFE (suspendida)
Zoquimota	Río Bobos	579.2	508 300	1954 - 1966	CFE (suspendida)
Mtz.de la Torre	Río Bobos	1466.7	1709 900	1953 - 1977	SARH (operando)
Las Animas	Arroyo Las Animas	15.4	7 000	1950 - 1968	CFE (operando)
Puerco	Río Puerco	3.1	15 100	1948 - 1951	CFE (suspendida)
El Suspiro	Arroyo El Suspiro	31.6	1 800	1948 - 1954	CFE (suspendida)
Zacapoaxtla	Arroyo Zacapoaxtla	6.8	1 100	1948 - 1954	CFE (suspendida)
Tenexpanoya	Arroyo Tenexpanoya	13.5	11 800	1948 - 1954	CFE (suspendida)
El Sauce	Arroyo El Sauce	2.5	1 200	1948 - 1954	CFE (suspendida)
Jalacingo	Río Palenque	100.3	26 600	1955 - 1966	CFE (operando)
Puente Henríquez	Río Tomata	437.6	464 300	1944 - 1968	CFE (operando)
Naranjillo	Arroyo Camarones	13.2	8 300	1956 - 1969	CFE (operando)
Nixtamalapa	Río Nixtamalapa	16.3	21 400	1956 - 1967	CFE (operando)
Cuartel Tercero	Arroyo Cuartel Tercero	2.8	2 200	1957 - 1968	CFE (operando)
Naragongo	Arroyo Naragongo	0.6	500	1958 - 1968	CFE (operando)
Altotonga	Arroyo Altotonga	136.2	9 800	1956 - 1965	CFE (operando)
Chalame	Río Altotonga	189.4	65 400	1959 - 1966	CFE (operando)
Alseseca	Río Alseseca	43.6	41 600	1957 - 1967	CFE (operando)
Libertad	Río Quilate	172.5	298 000	1960 - 1976	CFE (operando)
Xoloco	Río Xoloco	26.3	17 400	1956 - 1966	CFE (operando)
Consoquico	Arroyo Consoquico	7.7	5 700	1958 - 1967	CFE (operando)

FUENTE: Boletín Hidrológico No. 42, S.A.R.H.

TABLA 1.4 DATOS HIDROMETRICOS DE LOS ESCURRIMIENTOS EN LA CUENCA DEL RIO NAUTLA.

precipitación. En la cuenca la precipitación media anual, varía de la planicie a la montaña y los valores oscilan entre 1346.4 mm y 2286.5 mm.

Con los registros de las estaciones pluviométricas localizadas dentro de la zona de estudio y fuera de ella, se han determinado líneas isoyetas para esta región. En la figura 1.4 se presentan las líneas isoyetas y la localización de las estaciones de medición. La variación mensual de la precipitación, se presenta en la Tabla 1.5.

#### TEMPERATURA.-

La temperatura media anual en la planicie es cerca de 24°C, disminuyendo rápidamente hacia la región media y alta de la cuenca. En ésta se alcanzan temperaturas de 22°C a 5°C.

#### CLIMAS.-

El clima varía de cálido-húmedo con lluvias en verano, en la planicie; templado-húmedo con lluvias todo el año en baja y media montaña; y frío con lluvias únicamente en verano en la parte alta cercana al cofre de Perote.

Los datos de temperatura, clima y precipitación fueron obtenidos de las cartas 1:500,000 de climas de la Secretaría de la Presidencia, elaboradas por el Instituto de Geografía de la



P R E C I P I T A C I O N (M M)												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	66.7	58.3	66.7	58.3	66.7	129.1	175.0	83.3	291.0	212.5	108.3	83.3
2	65.0	66.7	83.3	341.6	87.5	116.7	120.8	83.3	308.3	273.5	171.7	91.6
3	65.7	77.1	115.7	127.1	150.0	204.3	257.1	176.1	414.3	265.7	204.3	131.4
4	50.0	85.7	118.6	150.0	114.3	250.0	250.0	158.0	450.0	271.4	171.4	125.0
5	42.9	57.1	45.7	54.0	75.0	175.0	262.5	170.0	435.0	260.0	225.0	80.0
6	50.0	50.0	50.0	56.0	65.0	182.5	135.0	111.0	362.5	285.0	170.0	75.0
7	30.0	20.0	35.0	35.0	63.0	175.0	175.0	138.0	337.5	210.5	100.0	41.7

FUENTE: INSTITUTO DE GEOGRAFIA, UNAM

TABLA 1.5 DISTRIBUCION ANUAL DE PRECIPITACION MENSUAL.



Universidad Nacional Autónoma de México.

### 1.3 CARACTERISTICAS DE LA CALIDAD DEL AGUA.-

De acuerdo, a los estudios realizados en 1973 por la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica, SARH, para la evaluación mediante indicadores del grado de contaminación de aguas en las cuencas del país y el establecimiento de prioridades para el control de la contaminación del agua en México, la cuenca del río Nautla fue clasificada como de segundo orden. Dicha clasificación se fijo en base a las características físicas, económicas y sociales de la cuenca con respecto a su grado de contaminación, las cuales se muestran en la Tabla 1.6.

Las cuencas clasificadas como cuencas de segundo orden son aquellas que debido a las principales características que presentaban en 1974 como son la población y la industria, así como el desarrollo acelerado en todas sus formas que han tenido en los últimos años, es de esperarse que en un futuro (aproximadamente 10 años), las aguas residuales en estas cuencas empiecen a producir niveles altos de contaminación que interfieran con los usos benéficos de las corrientes.

### 1.4 OBJETIVOS.-

Hablar sobre la calidad de un cuerpo de agua trae consigo implícitamente el uso del

CARACTERISTICA O INDICADOR	DESCRIPCION
Nombre de la cuenca	Nautla
Prioridad	34
Región Hidrológica	27
Población Total (comunidades mayores de 10,000 habitantes)	214,104 hab.
Población con Servicio de Alcantarillado	78,073 hab.
Generación de Aguas Residuales a la Población con Servicio de Alcantarillado	15,615 m <sup>3</sup> /día
Carga Orgánica Originada por la población con Servicio de Alcantarillado (54 GR/hab día)	4,684 KG DBO/día
Población Equivalente debida a la Industria	407,204 hab.
Carga Orgánica originada por la Industria	46,014 KG. DBO/día
Carga Orgánica total en la Cuenca	50,698 KG. DBO/día
Gasto medio mínimo Diario	1'461,888 m <sup>3</sup> /día
Volumen de Dilución Considerado	1'461,888 m <sup>3</sup> /día
Concentración de Carga Orgánica	0.0347 KG. DBO/m <sup>3</sup>
Valor de la Producción Industrial Agropecuaria, Piscícola	\$ 366,836.000.00 M.N.
Concentración por Valor de la Cuenca	12728 TON. DBO/m <sup>3</sup> \$

TABLA 1.6 CARACTERISTICAS DE LA CUENCA DEL RIO NAUTLA CONSIDERADAS PARA SU CLASIFICACION.

mismo, de tal manera que, para un uso específico se hace necesario determinar la presencia de sustancias y bacterias causantes de contaminación. La medición de la calidad del agua se hace entonces considerando los resultados de análisis físicos, químicos y bacteriológicos y es la importancia del uso lo que determina la cantidad de éstos.

Los objetivos principales de este trabajo son:

1. Tratar formalmente los datos de calidad del agua y presentarlos en términos de un solo valor numérico mediante un índice de calidad.
2. Promover la utilización de un proceso para una comunicación más efectiva en lo que a calidad del agua se refiere.

## CAPITULO II

### CARACTERIZACION DE LAS FUENTES DE CONTAMINACION.

En épocas pasadas, la descarga de los desechos domésticos e industriales no provocaba mayores problemas de contaminación debido a la poca cantidad de los mismos, teniendo las aguas receptoras la capacidad suficiente para diluirlos totalmente. Tradicionalmente se consideraba a los océanos y los ríos como medios de evacuación de los desechos de las poblaciones. Hasta hace poco los ciclos biológicos del agua aseguraban la asimilación de tales restos, hasta el punto de que solo con evitar el contacto o utilización de las aguas vertidas por los desagües de las cloacas, las aguas pluviales y las de las costas se consideraban naturalmente purificadas. Actualmente al río o la costa, no solo van a parar restos orgánicos, sino masas cada vez más considerables de productos químicos de múltiples efectos nocivos; como la muerte de peces y la

aniquilación de algas.

## 2.1 FUENTES DE CONTAMINACION.-

La principal aportación de contaminantes proviene de las industrias instaladas en la región. Los Ingenios Independencia y Libertad las Empresas Alimentos Veracruz, S. A. y Cía. Nestlé, S. A., descargan en forma agregada un gasto de 540 lts/seg. de aguas residuales sin tratar. Estas descargas presentan altas concentraciones de materia orgánica, sólidos en todas sus formas, nitratos, fosfatos, grasas y aceites y detergentes.

Respecto a las poblaciones urbanas que se ubican en la cuenca, éstas generan un volumen anual estimado para 1980 de 10 millones de  $M^3$  (317 lts/seg) de aguas residuales, de los cuales 6 millones de  $M^3$  (190 lts/seg) son vertidos sin previo tratamiento al río Nautla y sus afluentes a través de los sistemas de alcantarillado municipal. Estas descargas se caracterizan por su alto contenido de materia orgánica, sólidos sedimentables, nutrientes, coliformes y detergentes. Aunado a este problema se tiene observada la práctica común de disponer las basuras en tiraderos a cielo abierto, especialmente en las márgenes de arroyos y ríos, las que durante el período de lluvias son arrastradas y transportadas por el sistema fluvial.

Como puede observarse el caudal de aguas residuales generado en la cuenca representa tan sólo el 1.2 % de los escurrimientos

anuales en el sistema fluvial, sin embargo debido a la ubicación de estas descargas y su alta carga contaminante ocasionan un deterioro en la calidad del agua del río Nautla y sus afluentes.

El alcance de la repercusión de estas fuentes de contaminación resalta en el área de la cuenca baja, Un resumen de las características de las principales fuentes de contaminación industrial de acuerdo a cada una de las regiones en que se subdividió la cuenca del río Nautla, se presenta en la Tabla 2.1.

## 2.2 NORMAS PARA DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES.-

En base al artículo 6 capítulo II del reglamento para la Prevención y control de la contaminación de aguas establecido en 1971; La prevención y control de la contaminación de las aguas, para preservar y restaurar la calidad de los cuerpos receptores, deberá realizarse mediante los siguientes procedimientos:

I.- Tratamiento de las aguas residuales para el control de sólidos sedimentables, grasas y aceites, materia flotante, temperatura y potencial de hidrógeno pH.

II.-Determinación y cumplimiento de las condiciones particulares de las descargas mediante el tratamiento de éstas, en su caso, de acuerdo con el resultado de los estudios que la autoridad competente

REGION	INDUSTRIA	UBICACION	PARAMETROS INDICADORES DE CONTAMINACION.
Cuenca Alta	Beneficios de café	Altotonga, Jalacingo,	SST, SSe, DBO
	Hidroeléctrica Las Minas	Las Minas	Ninguno
Cuenca Media	Hidroeléctrica El Encanto	Tlapacoyan	Ninguno
Cuenca Baja	Ingenio Independencia.	Martínez de la Torre	ST, SST, DBO, DQO, PO <sub>4</sub> , CyA, Color, Dureza
	Ingenio Libertad	El Quilate	ST, SST, DBO, DQO, PO <sub>4</sub> , GyA, Color, Dureza
	Alimentos Veracruz S. A.	Carr. Mtz. de la Torre San Rafael	ST, SDT, DBO, DQO, NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub> , GyA, Coliformes, Dureza, color, acidez.
	Cía. Nestlé, S.A.	Carr. Mtz. de la Torre San Rafael	ST, SDT, DBO, DQO, NH <sub>3</sub> , Coliformes, GyA, color
	Molinos de Caña de Azúcar.	Martínez de la Torre San Rafael	ST, SST, DBO, color

TABLA 2.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.

realice de los cuerpos receptores, su capacidad de asimilación, sus características de dilución y otros factores.

De acuerdo al artículo 13 del capítulo II de este reglamento; Los responsables de las descargas de aguas residuales que no sean arrojadas en el alcantarillado de las poblaciones, deberán dentro de un plazo de tres años contados a partir de la fecha del registro de la descarga, ajustarla a la Tabla 2.2.

### 2.3 RESULTADOS ANALITICOS.-

El alcance de las pruebas empleadas en el análisis de las aguas es intencionalmente amplio, los usos del agua son múltiples y la naturaleza de las materias residuales descargadas en ellas es variable, sin embargo existen reglas fijas para la interpretación de los análisis de la misma.

La calidad del agua se determina a partir de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos, los cuales pueden variar desde análisis sencillos (campo), hasta análisis complejos que incluyan la determinación de una gran variedad de elementos presentes en el agua. El tipo de análisis dependera del uso que se le tenga destinado al agua, así como de algunas características observadas en la zona en que esta se encuentra. Por ejemplo, en una zona minera será conveniente determinar la concentración de algunos metales



PARAMETRO	VALOR MAXIMO
1. SOLIDOS SEDIMENTABLES	1.0 ML/L
2. GRASAS Y ACEITES	70.0 MG/L
3. MATERIA FLOTANTE	Ninguna que pueda ser retenida por malla de 3mm de claro libre cuadrado.
4. TEMPERATURA	35° C
5. POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)	4.5 - 10.0

TABLA 2.2 NORMAS PARA DESCARGAR AGUAS RESIDUALES.

que pudieran encontrarse presentes, en lugares próximos a poblados debe ponerse atención a los coliformes, etc. Un resumen de los análisis practicados a las principales descargas de aguas residuales tanto industriales como municipales se presenta al final del capítulo (Tablas 2.3-2.12)

#### 2.4 CAUSAS Y EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES.-

1. El pH se define como el logaritmo del recíproco de la concentración de los iones hidrógeno, es un índice de la actividad de estos iones y es el término usado universalmente para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o alcalinas de una solución. En una corriente el pH nos da idea del tipo de proceso biológico mediante el cual se efectúa la degradación de la materia orgánica, si es que ésta, se está llevando acabo, pues a un pH muy desfavorable la actividad biológica podría inhibirse, quedando así retardada la recuperación de la corriente. Tanto un pH elevado como bajo puede ser perjudicial, ocasionando la muerte de los peces y la esterilidad general de las corrientes naturales. El nivel de pH puede también directamente afectar a la toxicidad de otros materiales.

En los abastecimientos de agua el pH es un factor que debe ser considerado en la coagulación, desinfección, ablandamiento y control de la corrosión. Los residuos de bajo pH son corrosivos para las

estructuras de acero y concreto en los sistemas de vías acuáticos o de alcantarillado.

Afortunadamente, los valores extremos de pH en aguas residuales se eliminan por neutralización.

2. Temperatura: Grandes volúmenes de agua utilizados por las plantas termoeléctricas, ingenios y por la industria de refrigeración, son devueltos generalmente con una temperatura superior a la corriente receptora, la cual altera su condición de oxígeno, entre otras implicaciones.

Al evaluar la contaminación térmica los siguientes efectos deben considerarse:

- a) Un aumento de temperatura baja la capacidad de asimilación del agua y el calor acelera la velocidad con la que se ejerce la DBO.
- b) A medida que se aumenta la temperatura, los organismos requieren de más oxígeno disuelto para existir.
- c) Cambios de la temperatura pueden alterar la velocidad de la reproducción así como otras actividades en los organismos acuáticos.
- d) Ciertos compuestos pueden ser más tóxicos a los organismos acuáticos a medida que aumenta la temperatura.
- e) Aumento en la temperatura por lo general causa una reducción en la

diversidad de especies y aumento en el número de organismos en grupos selectos.

f) Aguas calientes pueden ocasionar gradientes de densidad del agua y reducir la transferencia de masa.

3. Oxígeno Disuelto: Todos los organismos vivientes dependen del oxígeno en una forma u otra para mantener el proceso metabólico que proporciona la energía necesaria a su crecimiento y reproducción. En los desechos líquidos, el oxígeno disuelto es el factor que determina el tipo de transformaciones biológicas que tienen lugar en su seno efectuadas por microorganismos aerobios o anaerobios, según haya presencia o ausencia de oxígeno disuelto. Los microorganismos aerobios usan al oxígeno disuelto para la oxidación de la materia orgánica e inorgánica produciendo sustancias finales inofensivas tales como bióxidos de carbono y agua; en cambio los microorganismos anaerobios efectúan la oxidación utilizando el oxígeno de ciertas sales inorgánicas tales como los sulfatos y los productos de la reacción son sumamente ofensivos. Puesto que los dos tipos de microorganismos son mutuamente exclusivos en naturaleza, es sumamente importante mantener condiciones favorables al desarrollo de los microorganismos aerobios (condiciones aerobias); de otra manera predominarán los microorganismos anaerobios desarrollándose olores

ofensivos en las fuentes naturales de agua.

Así se puede ver que las mediciones de oxígeno disuelto son vitales para el mantenimiento de condiciones aerobias en aguas naturales que reciben materia contaminante.

4. DBO, DQO, COT: La demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y carbono orgánico total, son los parámetros que nos determinan la cantidad de materia orgánica presente en el agua, además nos indican la presencia de sustancias tóxicas y de sustancias orgánicas resistentes biológicamente y tienen gran influencia en el contenido de oxígeno disuelto necesario para la vida acuática.

La DBO se define como la cantidad de oxígeno requerida por las bacterias para estabilizar la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. El término biodegradable puede ser interpretado como la materia orgánica que puede servir como alimento de las bacterias, obteniéndose energía de la oxidación o estabilización de dicha materia.

La DQO es una medida del equivalente de oxígeno de la fracción orgánica en la muestra que puede ser oxidada con permanganato o dicromato en solución ácida.

La prueba del carbón orgánico total (COT) mide todo el carbón presente como CO<sub>2</sub>, y por lo tanto debe removerse de la muestra todo el carbón inorgánico (CO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub>, etc). antes del análisis de la muestra; o si no, hacer las correcciones pertinentes en el cálculo final.

5. Nutrientes, Nitrógeno y Fósforo: Debido a la influencia que tienen los nutrientes en el crecimiento y excesivo desarrollo de algas y plantas acuáticas y los problemas causados por éstas, se ha despertado el interés por la investigación de los efectos y disposición de los compuestos de nitrógeno y fósforo hasta niveles tales que permitan conservar los recursos hidráulicos en condiciones de máxima utilidad.

El problema básicamente, comprende los efectos nocivos de la hiperfertilización de los cuerpos de agua que reciben aguas residuales, tanto domésticas como industriales, así como las aguas de retorno de los campos agrícolas. Un exceso de nutrientes en los cuerpos de agua provoca un aumento desmesurado en la productividad de la masa de agua, dando como resultado la ruptura del equilibrio ecológico y el prematuro envejecimiento del cuerpo de agua o sea la eutrofización. Además de desaparecer las especies de flora y fauna de mayor utilidad para el hombre.

6. Grasas y Aceites: El término "aceite" representa una amplia variedad de hidrocarburos de bajo a elevado peso molecular, de origen mineral que abarca desde la gasolina hasta combustibles y aceites lubricantes. En adición incluye todos los glicéridos de origen animal y vegetal que son líquidos a la temperatura ordinaria.

Diversos problemas son ocasionados por la grasa en el tratamiento de aguas residuales y el conocimiento de la cantidad presente en un desecho es útil para vencer las dificultades en la operación de la planta, para determinar su eficiencia y para controlar la descarga subsecuente de grasa en las corrientes receptoras. Además los aceites y grasas imparten al agua sabor y olor desagradables, afectando también el sabor de los peces para consumo doméstico, impiden la penetración de la luz en las corrientes y dificultan la autopurificación de las mismas.

Las grasas y aceites no son muy solubles en agua, el aceite se extiende como una película en la superficie del agua, y forma una suciedad en playas, rocas y cualquier organismo saliente de la superficie.

Este tipo de contaminación es altamente visible y estéticamente desagradable por lo que hace indeseable el agua para uso recreativo.

7. Detergentes, SAAM: Son muchas las dificultades causadas por un alto contenido de detergentes de aguas de desecho. En primer lugar es indeseable la formación de espuma en los ríos desde el punto de vista estético, a su vez la toxicidad de los espumantes que contienen, representa un serio peligro a la flora y fauna acuática sin dejar de pensar que estas aguas al ser utilizadas para irrigación, contaminen los suelos y por consiguiente los cultivos. Otro problema que resulta de la formación de espuma en las corrientes, es que ésta dificulta la transferencia del oxígeno atmosférico con el agua.
  
8. Sólidos: Determina la cantidad de materia orgánica e inorgánicas, disuelta e insoluble que se encuentra en los líquidos y que puede sedimentarse para formar depósitos putrecibles o fondos olorosos. Con frecuencia se originan bruscas reducciones del contenido de oxígeno debido a la descomposición de estos sólidos sedimentados, provocando la muerte de los peces en grandes tramos del río, o dichos sólidos son levantados por la presión de los gases de descomposición hasta la superficie del agua donde aparecen como nates y espumas, a las que se agrega algo de los sólidos que arrastra el agua y producen condiciones bastante desagradables a la vista, impidiendo que tales cuerpos de agua se utilicen con fines de recreación, además que estos sólidos incrementan la turbiedad



del agua contribuyendo al rechazo de la misma por el mal aspecto que presenta.

9. Color: Las aguas superficiales pueden estar coloridas debido a contaminantes domésticos e industriales como es el caso de las industrias de papel, textil, tenerías, rastros y algunas otras de este tipo. Las aguas que contienen coloración debido a sustancias naturales en descomposición no son consideradas de poseer propiedades tóxicas o perjudiciales, pero se tiene aversión natural por razones antiestéticas. También el agua colorida no es aceptada para algunos usos industriales y dado que algunas veces es difícil removerlo en las plantas convencionales, interfiere la transmisión de la luz en el agua reduciendo por tanto la acción fotosintética.

Con mucha frecuencia las industrias tienen más problemas de quejas o demandas por las aguas residuales coloreadas que descargan, que por cualquier otro efecto perjudicial producido por sus descargas, pues la gente se queja inmediatamente de esto y pocas personas se atreven a nadar, pescar o utilizar agua que esté coloreada por alguna descarga industrial.

10. Turbiedad: La turbiedad puede ser causada por una amplia variedad de materiales suspendidos, es de importante consideración en las aguas de

abastecimiento público, ya que, cualquier turbiedad en el agua para beber, produce en el consumidor pocos deseos de ingerirla y utilizarla en sus alimentos. La filtración del agua se vuelve más difícil y aumenta su costo al aumentar la turbiedad.

Los sedimentos de los ríos es una principal causa de la turbiedad, pero las descargas de alcantarillas y algunos tipos de efluentes industriales pueden también incrementar la concentración de partículas suspendidas. La turbiedad interfiere con la actividad fotosintética de plantas y con la capacidad de algunos organismos determinados, tal como el ostión, para existir.

11. Alcalinidad y Dureza: La alcalinidad en las aguas se debe principalmente a los hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos presentes. Las aguas altamente alcalinas no son aceptables para el abastecimiento público, teniendo que ser sometidas a tratamiento para su uso. La acidez y/o la alcalinidad de las aguas residuales industriales son parámetros muy importantes porque pueden producir condiciones sumamente perjudiciales en las aguas en que son vertidas, ya sea por su propia naturaleza o porque favorecen o aumentan las características nocivas de otras sustancias. Además, y esto es de importancia primordial las aguas residuales deben ser neutras o casi neutras (que su pH sea lo más cercano a

7.0) para que puedan someterse a un tratamiento biológico efectivo. Las principales industrias que descargan aguas residuales que contienen compuestos ácidos y/o alcalinos son las de: productos químicos, pulpa y papel, metalúrgicas, galvanoplástica, textiles y tenerías. El daño principal que los contaminantes ácidos y/o alcalinos ocasionan en los cuerpos de agua en que son vertidos, es la muerte o reducción de la vida acuática en general, además producen otros perjuicios al volver inadecuadas el agua para emplearla en otros usos, principalmente para abastecimiento público y recreación.

12. Sulfatos: El contenido de sulfatos en aguas naturales, es de importante consideración en la determinación de su totalidad para el abastecimiento público e industrial. La presencia en exceso de sulfatos en aguas para consumo humano, provoca efectos purgantes en las personas que las ingieren. Otro problema causado por estos aniones es la corrosión en drenajes, provocado por el tiempo de retención de los desechos domésticos en estos conductos, lo que crea una elevada concentración de sulfatos que al ser reducidos y posteriormente oxidados por la acción bacteriana a ácido sulfúrico, da lugar a la corrosión en la corona de concreto de las alcantarillas. En ausencia de oxígeno disuelto y nitratos, los sulfatos sirven como una fuente de oxígeno para las oxidaciones bioquímicas

ocasionadas por bacterias anaerobias. En estas condiciones el ion sulfato es reducido a ion sulfuro el cual establece un equilibrio con el hidrógeno formando el sulfuro de hidrógeno el cual tiene un olor desagradable.

13. **Materia Flotante:** Se determina por ser antiestética, influye en la autopurificación de las corrientes y sus usos y sirve de base para el diseño del cribado en las plantas de tratamiento. La materia flotante incluye productos como aserrín y fibras de madera, sólidos del alcantarillado municipal, y otros desechos industriales flotantes como plástico y polímeros.
  
14. **Análisis Bacteriológicos:** La calidad sanitaria del agua y su adaptabilidad a usos generales, con respecto a la presencia de bacterias se determina por los análisis bacteriológicos. Estos estudios sirven para determinar focos de organismos de importancia para la salud pública, así como establecer procedimientos que permitan descubrirlos, identificarlos y destruirlos. Las aguas residuales evacuadas sin tratamiento adecuado pueden ocasionar los siguientes daños y posibles peligros: Diseminación de microorganismos patógenos; mayor peligro al usar las reservas hidrográficas naturales; contaminación de las diversas formas de vida acuática, que las hace peligrosas para el consumo humano; devaluación de los lugares

destinados a deportes acuáticos; exterminios de la vida acuática por agotamiento del oxígeno disuelto en el agua por la acción de la materia orgánica, causando malos olores y acumulación de residuos; pueden contaminar los cultivos especialmente todas aquellas legumbres que se comen crudas.

15. Análisis biológicos: Sirven para conocer la comunidad y diversidad planctónica y bentónica que nos determinan las condiciones de contaminación existentes y en que etapa de contaminación se encuentran los cuerpos de agua si es de reciente contaminación o en grado avanzado de zona séptica.

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO	
		16-VIII-76	7-XII-79
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	28.0	24.0
PH		7.0	6.0
OD	MG/L	0.1	5.43
DB05	MG/L	23.0	0.0
DB0	MG/L	56.0	12.0
ST	MG/L	1980.0	297.0
STF	MG/L	720.0	
STV	MG/L	1260.0	
SST	MG/L	300.0	30.0
SSF	MG/L	20.0	
SSV	MG/L	280.0	
SDT	MG/L	1680.0	445.0
SDF	MG/L	700.0	
SDV	MG/L	900.0	
SSF	ML/L	1.0	
N-ORG	MG/L	2.0	
N-NO3	MG/L	0.22	0.74
PO4-TOT	MG/L	18.0	2.7
COLIS FECALES	NMP/100 ML	7240000.0	46000.0
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	7240000.0	110000.0
G Y A	MG/L	462.0	14.0
SAAM	MG/L	0.4	0.116
CACO3	MG/L	200.0	
TURBTEAD	NTJ	30.0	
SO4	MG/L	35.0	19.0
CL	MG/L	48.0	27.0
ALCALINIDAD TOT.	MG/L	80.0	
COLOR	PT-CO	35.0	

TABLA 2.3 DESCARGA DE LA POBLACION MARTINEZ DE LA TORRE

PARAMETRO	UNIDAD	17-VIII-76	8-X-76	25-X-76	16-III-77	19-III-77
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	30.0	21.5	24.0	19.0	24.1
PH		7.3	6.0	7.5	6.5	7.7
NO	MG/L	0.5	4.1		7.7	5.6
NO2	MG/L	120.0	4.0	68.0	80.0	55.6
NO3	MG/L	200.0	3.0	170.0	90.0	132.4
SI	MG/L	1350.0	2560.0	1576.0	70.0	2050.0
SIF	MG/L	670.0	2200.0	836.0	40.0	650.0
STV	MG/L	680.0	360.0	740.0	30.0	1100.0
SST	MG/L	350.0	1800.0	906.0	20.0	1270.0
SSF	MG/L	160.0	1720.0	406.0	10.0	410.0
SSV	MG/L	190.0	0.0	420.0	10.0	860.0
SOT	MG/L	1000.0	760.0	670.0	50.0	780.0
SOF	MG/L	510.0	480.0	350.0	50.0	290.0
SOM	MG/L	490.0	280.0	320.0	20.0	500.0
SSF	MG/L	3.0				10.0
N-NH3	MG/L			10.4	30.0	7.0
N-ORG	MG/L	1.3		26.6		39.2
N-NO3	MG/L	0.25	0.39	0.29	0.01	0.15
PO4-ORG	MG/L		1.20	0.85	10.0	0.0
PO4-TOT	MG/L	20.0	8.50	1.1	12.0	7.7
COLIS FECALES	NMP/100 ML	72400000.0	29000.0	240000.0	24000.0	500.0
COLIS TOTALES	NMP/100 PL	72400000.0	29000.0	240000.0	40000.0	300.0
GRASAS Y ACEITES	MG/L	1214.0	27.0	96.2	0.58.0	105.0
SAAM	MG/L	2.5			0.5	4.0
CACU2	MG/L	295.0	233.0	450.0	320.0	370.0
TURBIDEZ	UTJ	95.0			27.0	34.0
CONDUCTIVIDAD	MMHOS/CM		15.0	1120.0		
SO4	MG/L	5.0	15.0	18.0		
CL	MG/L	40.0			63.7	50.0
ALCALINIDAD TOT.	MG/L	456.0	116.0	560.5	110.0	602.0
COLOR	PT-CO	87.5	50.0	200.0	30.0	100.0

TABLE 2.0 DESCARGA DEL POBLADO SAN RAFAEL (CHAKAVILLAS)

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO				
		17-VIII-76	8-X-76	25-X-76	16-III-77	19-III-77
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	29.0	12.5	26.0	17.0	21.1
PH		7.4	6.5	7.0	6.5	7.4
OD	MG/L	0.6	0.9		0.2	0.1
DB5	MG/L	120.0	18.0	13.8	156.0	71.0
D40	MG/L	410.0	48.0	33.6	416.0	360.0
ST	MG/L	1980.0	392.0	1336.0	1020.0	1350.0
STF	MG/L	1080.0	288.0	680.0	510.0	490.0
SIV	MG/L	900.0	104.0	656.0	510.0	660.0
SST	MG/L	620.0	262.0	746.0	600.0	550.0
SSF	MG/L	230.0	218.0	290.0	170.0	240.0
SSV	MG/L	390.0	44.0	456.0	250.0	310.0
SDT	MG/L	1360.0	130.0	590.0	420.0	800.0
SDF	MG/L	850.0	70.0	390.0	170.0	250.0
SDV	MG/L	510.0	60.0	200.0	250.0	550.0
SSF	ML/L	6.0				6.5
N-NH3	MG/L			8.9	8.7	
N-ORG	MG/L	38.0		18.1	55.8	61.0
N-NO3	MG/L	0.26	0.19	0.26	0.50	0.10
PO4-ORT	MG/L		0.41	2.10	0.6	0.0
PO4-TOT	MG/L	0.00	2.10	2.5	7.3	11.9
COLIS FCALES	NMP/100 ML	72400000.0	1900.0	240000.0	93000.0	240000.0
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	72400000.0	2700.0	240000.0	110000.0	460000.0
GRASAS Y ACEITES	MG/L	2144.0	69.4	0.8	1234.5	133.3
SAAM	MG/L	2.4			5.9	30.0
CACU3	MG/L	521.0	388.0	621.0	300.0	600.0
TURBIDEZ	UTJ	199.0			70.0	91.5
CONDUCTIVIDAD	MMHOS/CM		25.0	1130.0		
SU4	MG/L	50.0	3.0	70.0		
CL	MG/L	204.0			58.2	9.8
ALCALINIDAD TOT.	MG/L	580.0	296.0	524.4	708.0	1030.0
COLOR	PT-CO	100.0	50.0	50.0	100.0	50.0

TAOLA 2.5 DESCARGA DEL PONIADO SAN RAFAEL AL ESTIERO TRÉS ENCINOS



PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO							
		25-X-76	16-11-77	19-111-77	7-X11-79 (1)	7-X11-79 (2)	7-X11-79 (3)	20-11-80	
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	27.0	18.0	22.5	19.0	21.0	23.0	21.0	
PH		4.5	5.0	4.5	5.0	5.0	5.0	4.4	
OD	MG/L	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
DBO5	MG/L	29.0	390.0		3034.0	6173.0	2779.0	3085.0	
DQO	MG/L	64.0	4240.0	12880.0	7722.0	14887.0	12049.0	4294.0	
SI	MG/L	2786.0	2280.0	4560.0	5279.0	9565.0	5010.0	2866.0	
STF	MG/L	650.0	460.0	3150.0				736.0	
STV	MG/L	2108.0	1820.0	1410.0				1864.0	
SST	MG/L	1228.0	1420.0	730.0	676.0	1400.0	1010.0	1432.0	
SSF	MG/L	250.0	40.0	670.0				264.0	
SSV	MG/L	978.0	1360.0	110.0				1150.0	
SPT	MG/L	1560.0	860.0	3780.0	3909.0	6325.0	5345.0	1590.0	
SDF	MG/L	430.0	420.0	2480.0				580.0	
SDV	MG/L	1130.0	440.0	1300.0				1012.0	
SSF	ML/L			280.0					
N-NH3	MG/L		5.6	15.7	0.05	3.42	0.15	0.05	
N-ORG	MG/L	2.8	33.6	129.0					
N-NO3	MG/L	0.24	0.1		0.89	7.53	12.15	10.0	
PO4-ORT	MG/L	0.85	2.1	18.5	8.0	0.5	1.0	0.13	
PO4-TOT	MG/L	0.925	2.3	83.0	8.24	0.2	1.2	0.46	
COLIS FECALES	NMP/100 ML	46000.0	4600.0	1500.0	1500.0	15000.0	21000.0		
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	240000.0	9300.0	2300.0	15000.0	21000.0	240000.0		
GRASAS Y ACEITES	MG/L	210.7	119.0	65.6	67.0	41.0	37.0		
SAAM	MG/L			1.0	0.116	1.29	0.114	0.3	
CACOT	MG/L	606.0	293.0	1200.0				461.0	
TURBIEDAD	UTJ		500.0	200.0					
CONDUCTIVIDAD	MMHOS/CM	620.0			103.0	201.0	150.0	90.0	
SO4	MG/L	23.0			18.0	54.0	17.0	53.0	
CL	MG/L		29.4	63.7	326.0	205.0	61.0	73.0	
ALCALINIDAD TOT.	MG/L	125.4		672.0				183.0	
COLOUR	PT-CO	250.0	200.0	750.0	100.0	500.0	250.0	150.0	

NOTAS: (1) 7.55 A.M.  
(2) 14.00 P.M.  
(3) 18.00 P.M.

TAULA 2.6 DESCARGA DE ALIENIGUS VERACRUZ (LUGOFA)

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO	
		17-VIII-76	25-IX-76
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	28.0	28.0
PH		7.6	6.5
DBO5	MG/L	120.0	2.3
DDO	MG/L	216.0	9.6
ST	MG/L	500.0	632.0
STF	MG/L	190.0	312.0
STV	MG/L	310.0	520.0
SST	MG/L	80.0	182.0
SSF	MG/L	60.0	82.0
SSV	MG/L	20.0	100.0
SDT	MG/L	420.0	450.0
SDF	MG/L	150.0	230.0
SDV	MG/L	290.0	220.0
SSE	ML/L	1.2	
N-ORG	MG/L	3.7	2.8
N-NO3	MG/L	0.18	0.24
PO4-TOT	MG/L	0.24	1.8
COLIS FECALES	NMP/100 ML	12400000.0	240000.0
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	12400000.0	240000.0
G Y A	MG/L	1532.0	0.4
SAAM	MG/L	1.8	
CACO3	MG/L	112.0	279.0
TURBIDEAD	UTJ	65.0	
SO4	MG/L	6.0	29.0
CL	MG/L	48.0	
ALCALINIDAD TOT.	MG/L	310.0	222.3
COLOR	PT-CO	20.0	25.0

TABLA 2.7 DESCARGA DE LA COMPAÑIA INDUSTRIAL VESTLE

PARAMETRO UNIDAD	26-11-80	28-11-80	28-11-80	29-11-80	29-11-80	29-11-80	
MUESTRO NO.	1	2	3	4	5	6	
HORA	13.00	17.25	21.20	1.15	5.50	10.00	
PARAMETROS DE CAMPO:							
TEM. AMBIENTE	GRADOS C	29.0	24.0	22.0	18.5	16.0	24.0
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	26.0	30.0	38.0	25.0	26.0	25.0
PH		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
OD	MG/L	7.60	6.4	4.8	7.1	6.9	6.6
COLOR		SI	SI	SI	SI	SI	SI
OLOR		SI	SI	SI	SI	SI	SI
PARAMETROS DE LABORATORIO:							
GRASAS Y ACETES	MG/L	13.0			9.8		6.2
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	4300.0			4300.0		1500.0
COLIS FECALES	NMP/100 ML	2300.0			2300.0		1100.0

Tabla 2.8 DESCARGA DEL INGENIO LIBERTAD

PARAMETRO UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO						
	28-11-80	28-11-80	28-11-80	29-11-80	29-11-80	29-11-80	29-11-80
MUESTREO NO. HORA	1	2	3	4	5	n	n
	13.30	17.40	21.00	1.55	5.40		10.25
PARAMETROS DE CAMPO:							
TEM. AMBIENTE	GRADOS C	28.0	24.0	19.0	19.0	18.0	24.0
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	24.0	30.0	37.0	23.0	26.0	25.0
PH		6.0	6.0	8.0	8.0	6.0	8.0
OD	MG/L	9.2	5.6	5.1	7.4	5.8	6.0
COLOR		SI	SI	SI	SI	SI	SI
OLOR		SI	SI	SI	SI	SI	SI
PARAMETROS DE LABORATORIO:							
GRASAS Y ACETES	MG/L	21.0			27.2		8.0
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	15000.0			15000.0		21000.0
COLIS FECALES	NMP/100 ML	15000.0			1500.0		21000.0

TABLA 2.9 DESCARGA DEL INGENIO LIBERTAD  
DRENAJE COL. ORREGA

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO			
		16-VIII-76	8-X-76	16-III-77	19-III-77
TEM. DE CAMPO	GRADOS C.	36.0	26.0	22.0	26.0
PH		4.6	6.0	6.0	5.5
OD	MG/L	1.0	0.2	0.1	0.1
DBO5	MG/L	900.0	20.0	1600.0	
DOO	MG/L	17000.0	24.0	2656.0	696.0
ST	MG/L	4200.0	500.0	2850.0	4040.0
STF	MG/L	1920.0	300.0	1050.0	5810.0
STV	MG/L	2220.0	200.0	1780.0	3200.0
SST	MG/L	1020.0	360.0	550.0	4020.0
SSF	MG/L	790.0	250.0	250.0	2800.0
SSV	MG/L	230.0	110.0	280.0	1140.0
SOT	MG/L	3180.0	180.0	2300.0	5070.0
SOF	MG/L	1190.0	90.0	800.0	2930.0
SOV	MG/L	1790.0	90.0	1500.0	2160.0
SSF	MG/L	5.0			140.0
N-NH3	MG/L			145.0	10.0
N-NRG	MG/L	3.7		182.0	70.0
N-NO3	MG/L	0.05	0.13	0.10	
PO4-ORT	MG/L		1.03	0.125	2.7
PO4-TOT	MG/L	20.0	1.35	5.5	11.0
COLIS FECALES	NMP/100 ML	72000000.0	3500.0	24000.0	21300.0
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	72000000.0	20000.0	110000.0	29000.0
GRASAS Y ACEITES	MG/L	360.0	50.4	56.4	1048.0
SAA	MG/L	0.24		0.01	2.0
CACU3	MG/L		253.0	108.0	468.0
TURBIDEZ	UTJ	660.0		2051.0	1218.0
CONDUCTIVIDAD	MMHOS/CM		25.0		
SGH	MG/L	50.0	10.0		
Cl	MG/L	125.0		147.0	210.7
ALCALINIDAD TOT.	MG/L		00.0	208.0	5.500
CaHCO3	PT-CO	35.0	300.0	3000.0	1350.0

TABLE 2.10 DESCARGA DEL INGENIO (INGENIO DE LA ALTA) AL RIO DONOS

PARAMETRO UNIDAD	28-11-80	28-11-80	28-11-80	29-11-80	29-11-80	29-11-80	
MUESTRO NO.	1	2	3	4	5	6	
HORA	15.15	18.50	22.00	2.55	6.40	11.40	
<b>PARAMETROS DE CAMPO:</b>							
TEM. AMBIENTE	GRADOS C	24.0	22.0	20.0	19.0	19.0	22.0
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	27.0	30.0	31.0	29.5	30.0	28.0
PH		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
OD	MG/L	7.4	6.6	7.1	7.4	7.4	6.9
COLOR		SI	SI	SI	SI	SI	SI
OLOR		SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>PARAMETROS DE LABORATORIO:</b>							
GRASAS Y ACEITES	MG/L	8.0			10.1		10.0
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	3500.0			600.0		1500.0
COLIS FECALES	NMP/100 ML	3500.0			600.0		700.0

DESCARGA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO Y AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LOS PROCESOS DE PRODUCCION DEL INGENIO. SE LOCALIZA A UN COSTADO DE LA TOMA PRINCIPAL DE AGUA.

TABLA 2.11 DESCARGA DEL INGENIO INDEPENDENCIA AL RIO BUJOS

PARAMETRO UNIDAD		FECHAS DE MUESTREO					
		28-11-80	28-11-80	28-11-80	29-11-80	29-11-80	29-11-80
MUESTREO NO. HORA		1	2	3	4	5	6
		14.30	18.40	22.00	2.30	0.10	11.10
PARAMETROS DE CAMPO:							
TEM. AMBIENTE	GRADOS C	31.0	20.0	20.5	20.5	18.6	25.0
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	29.0	31.0	30.0	30.5	30.0	31.0
PH		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
OD	MG/L	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
COLOR		SI	SI	SI	SI	SI	SI
OLOR		SI	SI	SI	SI	SI	SI
PARAMETROS DE LABORATORIO:							
GRASAS Y ACETES	MG/L	45.0			105.0		29.3
CO LIS TOTALES	NMP/100 ML	11000.0			4300.0		4000.0
CO LIS FECALES	NMP/100 ML	4600.0			000.0		4000.0

SE LOCALIZA APROXIMADAMENTE A 1000 M DEL INGENIO Y CORRE PARALELA A LA CARRETERA AL NOROCCIDENTE DEL INGENIO VERTIENDO A UN APROYO EN EL PUENTE DE LA CARRETERA

TABLA 2.12 DESCARGA DEL INGENIO INDEPENDENCIA EN EL PUENTE CARRETERA

### CAPITULO III

#### CARACTERIZACION DE ESTACIONES FLUVIALES

Hasta que empezaron a realizarse los estudios de caracterización de los ríos del país, con el fin de conocer el estado de contaminación que guardaban, la calidad del agua de las corrientes se había determinado en pocas ocasiones, con motivo de la construcción de obras de captación para abastecimiento de aguas, tanto domésticas como industriales y de riego. Estas determinaciones se hacían de acuerdo al fin específico a que se destinaba el agua, y no eran lo suficientemente generales para mostrar un panorama completo de la calidad del agua de la corriente. Ya que las características físicas, químicas y biológicas de una corriente varían estacionalmente en forma natural, es necesario realizar mediciones continuas para cubrir un ciclo completo de estas variaciones, no es posible detectar las modificaciones a largo plazo que



sufre la calidad del agua, debido a las alteraciones que sufre la cuenca del río a manos del hombre, ya sean alteraciones a corto plazo las que continuamente se presentan por el simple crecimiento de los núcleos urbanos y de su nivel de vida.

La medición frecuente y sistemática de la calidad del agua de una corriente, proporciona información indispensable para la planeación de los usos del agua de una cuenca, ya que se tiene una base histórica de comparación contra la cual medir los cambios que pueda sufrir la calidad.

### 3.1 SITIOS DE MUESTREO.-

Las estaciones de muestreo se localizaron considerando los puntos de especial interés, tales como:

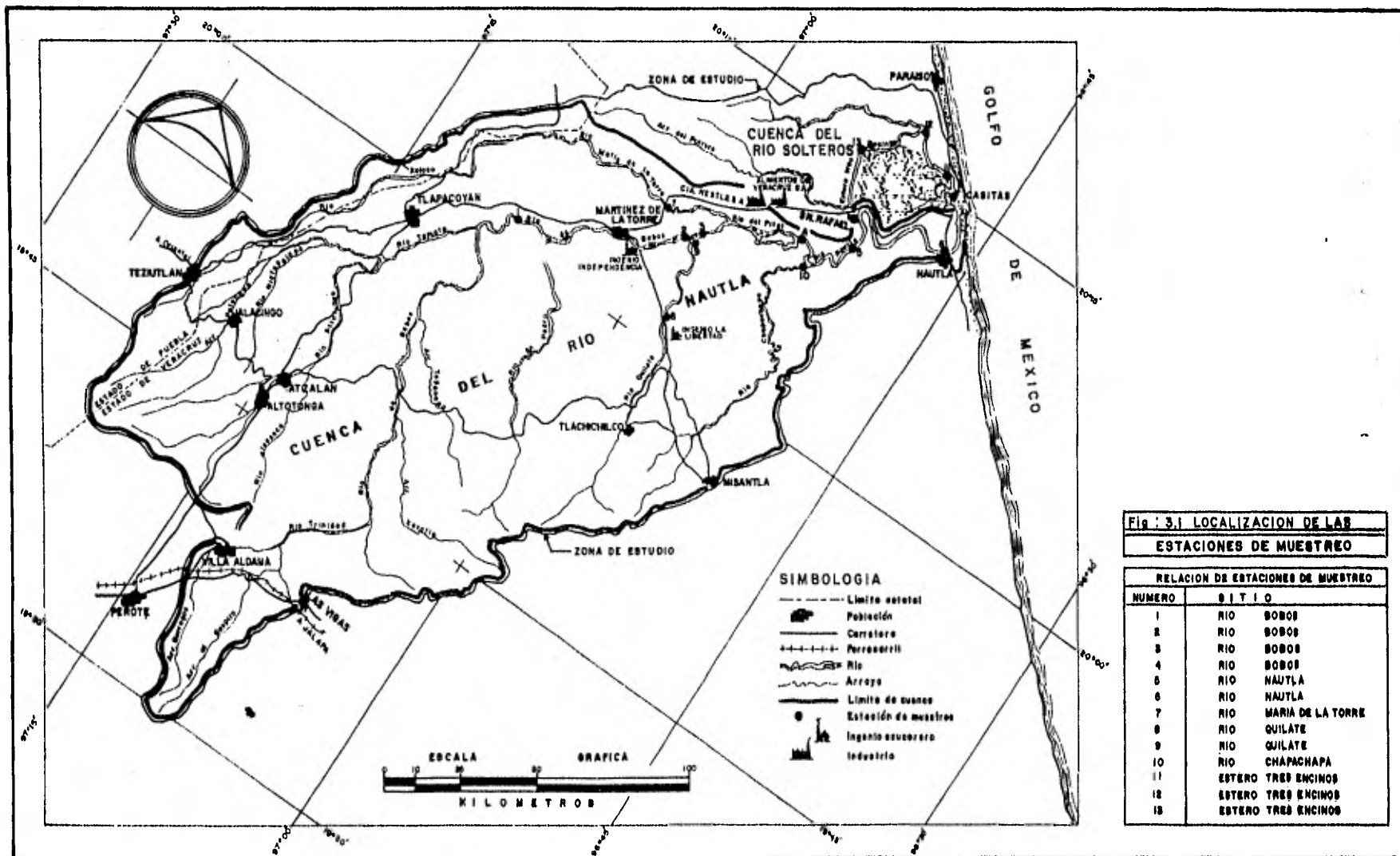
1. Puntos de confluencia de los afluentes.
2. Cerca de los sitios de descarga municipal y/o industrial.
3. Areas donde el agua es usada para propósitos de abastecimiento municipal, industrial, agrícola, pesca, y recreación.

Teniendo en consideración el criterio anteriormente mencionado se seleccionaron 13 estaciones de muestreo ubicadas en la parte baja de la cuenca, lugar donde los fuentes de contaminación tienen mayor impacto sobre la calidad del agua. Estas estaciones fueron determinadas del estudio de calidad del agua

realizado en el año de 1979 por la Dirección de Protección y Ordenación Ecológica de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, la localización de estas estaciones se muestra en la figura 3.1 y su descripción en la Tabla 3.1.

Además de esto y por considerarla como una de las estaciones más representativas, se incluyó una estación ubicada frente a la población de San Rafael, la cual cuenta con un mayor número de análisis pues pertenece a la Red Nacional de Monitoreo, establecida por la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica; su descripción se muestra en la Tabla 3.2.

Los resultados analíticos considerados para el cálculo del índice de calidad de cada una de las 14 estaciones se presentan al final del capítulo a partir de la Tabla 3.3 hasta la Tabla 3.19.



Estación No.	S I T I O	D E S C R I P C I O N
1	Río Bobos	Puente colgante en la Palmilla.
2	Río Bobos	Antes confluencia con Río Quilate en la Defensa.
3	Río Bobos	La Defensa, Bote de Fco. Bello.
4	Río Bobos	Pital, Bote anclado.
5	Río Nautla	Panga a Jicaltepec en Congregación Peña Al centro a 2/3 de Prof.(a 5 km. de Casitas hacia San Rafael).
6	Río Nautla	Puente Nautla al centro 2/3 de prof.
7	Río Ma.de la Torre.	Puente carretera en Brinco del Tigre.
8	Río Quilate	Puente de Quilate antes de la descarga del Ingenio Libertad.
9	Río Quilate	Col. Guadalupe en la Defensa.
10	Río Chapachapa	La Esperanza, Bote de Fco. Pomarina La Boca, Finca de Andrés Pomarina.
11	Estero Tres Encinos.	Puente Casitas al centro 2/3 de prof.
12	Estero Tres Encinos.	Montegordo, muestra al centro a 2/3 de prof. con Bote. A 9 km. de Casitas hacia Poza Rica.
13	Estero Tres Encinos.	Panga a Trea Encinos.

TABLA 3.1  
ESTACIONES DE MUESTREO EN LA CUENCA DEL RIO  
NAUTLA.

## LISTADO DE ESTACIONES RECUPERADAS

ESTACION	DESCRIPCION	E S T U D I O
00VC27AF1140001	RIO NAUTLA, EN EL POBLADO DE SAN RAFAEL, CARRETERA NAUTLA-MARTINEZ DE LA TORRE, CUENCA DEL RIO NAUTLA Y OTROS, SURCUENCA DEL RIO NAUTLA, MPIO. DE NAUTLA, EDO. DE VERACRUZ A 17 KM AGUAS ARRIBA DEL PUENTE DE LA CARRETERA TECOLUTLA-NAUTLA	

TABLA B.2 ESTACION "SAN RAFAEL"  
RED NACIONAL DE MONITOREO

SOLICITUD 0003

DATOS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA.

PAG. 1

ESTACION 00VC27AF1140001

LATITUD 20G 11M 05

LONGITUD 96G 49M 30S

RIO NAUTLA, EN EL POBLADO DE SAN RAFAEL, CARRETERA NAUTLA-MARTINEZ DE LA TORRE, CUENCA DEL RIO NAUTLA Y  
 OTROS, SUBCUENCA DEL RIO NAUTLA, MUN. DE NAUTLA, EDO. DE VERACRUZ

MUESTRA		97100S	02060S	02040S	10100S	02020L	10102L	02050L	06700P							
FECHA	TIEMPO	GASTO INSTANTANEO	TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA DE AGUA	PH POTENCIAL DE HIDROGENO	COLOR APARENTE	PH POTENCIAL DE HIDROGENO	TURBIEDAD	GRASAS Y ACEITES							
TEC																
D	M	A	H	M	MPCS	GRADOS C	GRADOS C	UNID. PH	UNID. PT-C	UNID. PH	UTJ	MG/L				
12	5	75	15	00	24.5	10S	23.0	40C	5	21L	6.0	28.0	01P			
2	6	75	14	30	94.3	10S	25.0	40C	L1	21L	6.3	15.8	01P			
30	6	75	14	50	47.0	10S	27.0	40C	10	21L	6.5	15.6	01P			
21	7	75	15	00	48.4	10S	30.0	40C	30	21L	6.4	27.6	01P			
4	8	75	14	00	44.2	10S	29.0	40C	10	21L	8.1	2.50	01P			
25	8	75	14	30	34.1	10S	30.0	40C	5	21L	7.6	26.1	01P			
22	9	75	15	00	135.	10S	25.0	40C	40	21L	7.8	13.0	01P			
7	10	75	13	00	134.	10S	23.0	40C	30	21L	8.0	43.0	01P			
2	11	75	13	30	62.6	10S	25.0	40C	5	21L	7.4	1.00	01P			
19	11	75	14	00	38.6	10S	24.0	40C			7.9	13	8.70	01P		
4	12	75	13	30	55.6	10S	24.0	40C	10	21L	8.0	15	15.9	01P		
14	1	76	16	00			20.0	40C	5	21L	7.9	2				
10	2	76	14	50			25.0	40C	10	21L	8.0	40	3.00	01P		
2	3	76	14	50			25.0	40C	15	21L	8.2	1	16.0	01P		
24	3	76	17	30			24.0	40C	10	21L	8.1	7	14.0	01P		
2	4	76	16	30			27.0	40C	5	21L	6.6		25.0	01P		
9	1	78	09	40		12.0	15.0	40C	6	00C	50		8.2			
24	1	78				26.0	20.0	40C	6	00C	15		7.9	13.1		
20	2	78	17	20		14.0	16.0	40C	6	00C	15		7.9	8.40		
20	2	78	18	20		18.0	18.0	40C	6	00C	20		7.8	19.1		
29	3	78	12	30		25.0	25.0	40C	6	00C	20		7.8	10.7		
12	4	78	10	50		27.0	25.0	40C	6	00C	10	21L	8.1	6.70	01P	
17	7	78	19	50		30.0	30.0	40C	6	00C	15		7.7	4.70		
11	8	78	10	00		30.0	23.0	40C	6	00C	75		7.3	59.3		
19	9	78	11	00		37.0	29.0	40C	6	00C	15		8.5	25.2		
24	10	73	10	00		26.0	25.0	40C	6	00C	60		8.5	12.4		
22	11	78	10	20	93.5	10S	28.0	25.0	40C	6	00C	60		8.2	5.50	
4	2	79	10	20		21.0	20.0	40C	6	00C	5		8.1	3.70		
7	3	79	09	00		18.0	20.0	40C	6	00C	5		8.5	33.0		
4	6	79	10	00		32.0	28.0	40C	6	00C	25			6.00		
9	7	79	09	00		30.0	25.0	40C	6	00C	30			3.00		
24	3	80	08	40		18.0	19.0	40C	6	00C	10		7.9	62.0		
21	4	80	08	30		24.0	23.0	40C	6	00C	20		7.7	27.0		
20	5	80	08	50		27.0			6	00C	25		8.3	37.0		
19	6	80	09	50		28.0	28.0	40C	6	00C	15		8.1	21.0		

TABLA 33 ESTACION "SAN RAFAEL"

ESTACION 00VC27AF1140001

LATITUD 206 11M 05

LONGITUD 966 49M 30S

RIO NAUTLA, EN EL PORLADO DE SAN RAFAEL, CARRETERA NAUTLA-MARTINEZ DE LA TORRE, CUENCA DEL RIO NAUTLA Y OTROS, SUBCUENCA DEL RIO NAUTLA, MPIO. DE NAUTLA, EDO. DE VERACRUZ

MUESTRA FECHA	TIEMPO	10600L	10630L	10500L	10610L	10640L	17100L	16100L	08100S				
		SOLIDOS TOTALES	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SOLIDOS SEDIMENTARL.	SOLIDOS TOTALES FIJOS	SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	CLORUROS DISUELTOS	SULFATOS DISUELTOS	OXIGENO DISUELTO				
TFC		ST	SST	S.SED	SIF	SSF	CL	SO4	OD				
D	H	A	H	M	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L				
12	5	75	15	00	280	10	L.1	240	L1	11.0	4	6.6	00C
2	6	75	14	30	2880	2020	15.0	2390	1700	7.6	12	6.1	00C
30	6	75	14	50	550	450	11.0	220	130	7.6	5	6.5	00C
21	7	75	15	00	730	460	L.1	380	210	7.6	6	5.9	00C
4	8	75	14	00	130	90	0.2	70	60	11.0	7	6.1	00C
25	8	75	14	30	220	120	0.8	130	60	9.0	7	5.6	00C
22	9	75	15	00	360	50	0.4	260	10	9.0	5	8.0	00C
7	10	75	13	00	310	60	L.1	260	50	6.0	6	8.1	00C
2	11	75	13	30	270	50	0.2	150	50	14.0	9	8.0	00C
19	11	75	14	00	260	10	0.1	130		11.0	12		
4	12	75	13	30	220	20	0.3	80		10.0	3		
14	1	76	16	00	390	110	0.2	260	70	10.0		7.5	00C
10	2	76	14	50	370	100	L.1	130		19.0	5	7.7	00C
2	3	76	14	50	470	50	L.1	240	40	195.	17	12.	00C
24	3	76	17	30	290	40	0.4	190	20	7.0	8	9.0	00C
2	4	76	16	30	350	330	L.1	280	280	13.0	5	5.6	00C
9	1	78	09	40	1445	290	0.1	1205	245	52.0	84	8.0	00C
24	1	78			300	90	0.2	190	80	285.		6.1	00C
20	2	78	17	20	230	50	0.3	160	30	24.0		6.1	00C
20	2	78	16	20	590	40	L.1	510	20	238.		5.3	00C
24	3	78	12	30	3780	1380	L.1	2230	880	3332.		7.1	00C
12	7	78	10	50	6580	20	L.1	5120	10	3435.		7.2	00C
17	7	78	10	50	3975	25		3290	5	193.		6.3	00C
11	8	78	10	00	2085	15	0.6	1600	10	1000.		3.0	00C
19	9	78	11	00	4000	35	L.1	3255	20	4600.		6.0	00C
24	10	78	10	00	885	40	0.1	715	10	1100.		3.5	00C
22	11	78	10	20	4180	25	0.1	3315	15	2750.	133	4.2	00C
4	2	79	10	20	585	20	L.1	475	10	260.	42	7.0	00C
7	3	79	09	00	2120	15	L.1	1805	10	339.	60	6.5	00C
4	6	79	10	00	1390	55	0.2	30	20	1400.	6	5.2	00C
9	7	79	09	00	705	138	L.1	530	110	13.0	29	6.5	00C
24	1	80	08	40	3238	225	L.1	2702	167		150	6.8	00C
21	4	80	08	30	2752	6		2458	4	1395.	92	5.5	00C
20	5	80	08	50	6590	42	L.1	4185	28	3394.	122	5.3	00C
19	6	80	09	50	1092	1850	0.0	564	348	1785.	76	5.0	00C

TABLA 3.4 ESTACION "SAN RAFAEL."

SOLICITUD 0005

DATOS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA.

PAG. 1

ESTACION 00VC27AFJ140001

LATITUD 20G 11M 05

LONGITUD 96G 49M 30S

PIO NAUTLA, EN EL PORLADO DE SAN RAFAEL, CARRETERA NAUTLA-MARTINEZ DE LA TORRE, CUENCA DEL RIO NAUTLA Y  
 OTROS, SUBCUENCA DEL RIO NAUTLA, MPJO. DE NAUTLA, EDO. DE VERACRUZ.

MUESTRA FECHA	TIEMPO TEC	08200L	08300P	36002L	36022L	36042L	15200P	15100P	07100P
		DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO 5 DIAS MG/L O2	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO D40 MG/L O2	COLIFORMES TOTALES MILES DE NMP/100ML	COLIFORMES FECALES MILES DE NMP/100ML	ESTREPTOCOCO S FECALES MILES DE NMP/100ML	FOSFATOS SOLUBILIZBL, P04 MG/L P	ORTOFOSFATOS MILES DE NMP/100ML	NITRATOS DE N-NO3 MG/L
12	5 75 15 00	2.80	18 00L	9,300	4,300		1.36 00L	0.30 00L	0.13 00L
2	6 75 14 30	6.00	12 00L	46,000			0.50 00L	0.45 00L	4.45 00L
30	6 75 14 50	3.00	12 00L				4.20 00L	1.80 00L	1.70 00L
21	7 75 15 00	4.00	12 00L	9,300	2,300		1.36 00L	0.83 00L	1.00 00L
4	8 75 14 00	1.00	2 00L	1,500			0.90 00L	0.80 00L	1.70 00L
25	8 75 14 30	1.10	7 00L	4,300	0,910		0.80 00L	0.28 00L	1.10 00L
22	9 75 15 00	1.50	8 00L	9,300	4,300		1.20 00L	0.54 00L	1.70 00L
7	10 75 13 00	0.50	7 00L	240,000	0,900		0.80 00L	0.14 00L	2.00 00L
2	11 75 13 30	2.30	20 00L	110,000	9,300		0.64 00L	0.10 00L	1.10 00L
19	11 75 14 00	0.90	12 00L	110,000	9,300		7.20 00L	0.20 00L	1.40 00L
4	12 75 13 30	0.70		0.073	0.015		8.10 00L	0.30 00L	
14	1 76 16 00	0.30	3 00L	46,000	0,300		1.08 00L	0.19 00L	43.2 00L
10	2 76 14 50		8 00L	110,000	0,900		0.43 00L	0.40 00L	1.60 00L
2	3 76 14 50	0.40		24,000	0,300		2.40 00L	1.02 00L	0.50 00L
24	3 76 17 30	1.20	8 00L	240,000	0,300		0.74 00L	0.28 00L	0.74 00L
2	4 76 16 30	1.00	4 00L	0,000			2.10 00L	0.45 00L	0.36 00L
9	1 78 09 40	1.80	30	15,000	7,500		0.38	0.14	0.56
24	1 78	5.70	6				1.39	0.37	1.05
20	2 78 17 20		13				0.38	0.14	0.16
20	2 78 18 20		15				0.09	0.02	1.05
29	3 78 12 30		35	24,000	24,000		0.95	0.43	1.05
12	4 78 10 50		14	2,300	0,910		3.00	0.30	
17	7 78 10 50		3	24,000	24,000		0.29	0.02	0.15
11	8 78 10 00	0.50	31	24,000	24,000		0.29	0.21	
19	9 78 11 00	0.80	11	24,000	9,300		4.30	0.04	0.43
24	10 78 10 00	1.60	63	2,100	2,100		1.30	0.28	0.23
22	11 78 10 20	1.40	22	2,100	2,100		0.29	0.20	0.05
4	2 79 10 20	1.50	8	24,000	24,000		1.00	0.04	0.09
7	3 79 09 00	1.40	11					0.04	0.11
4	6 79 10 00	0.90	8	24,000	24,000		0.20	0.15	0.10
9	7 79 09 00	2.00	4	9,300	4,300		0.11	0.03	0.13
24	3 80 08 40	42.0	182	110,000	11,000		0.20	0.05	2.60
21	4 80 09 30	200.	805	110,000	11,000		0.04	0.03	1.61
20	5 80 08 50	238.	2099	240,000	110,000		0.10	1.02	1.05
19	6 80 09 50	3.2	48	93,000	9,300		0.12	0.07	0.23

TABLA B.8 ESTACION "SAN RAFAEL"



ESTACION 08-027AF11-0001

LATITUD 200 11' 05" LONGITUD 96° 49' 00"

RIO NAUTLA, EN EL POBLADO DE SAN RAFAEL, CARRETERA NAUTLA-MARTINEZ DE LA TORRE, CUENCA DEL RIO NAUTLA Y OTROS, SUBCUENCA DEL RIO NAUTLA, MPIO. DE NAUTLA, EDO. DE VERACRUZ

ESTACION	FECHA TIEMPO		NITROGENO AMONIACO (N-NH3) MG/L	NITROGENO ORGANICO (N-ORG) MG/L	NITROGENO AMONIACO (N-NH3) MG/L	SUSP. ACTIVA AZUL DE METILENO (SAAM) MG/L	ALCALINIDAD FENOLFTAL. (PH=8.3) MG/L CAUO3	ALCALINIDAD TOTAL (PH=4.5) MG/L CAUO3	DUREZA DE CALCIO MG/L CAUO3	DUREZA TOTAL MG/L CAUO3					
	M	A													
17	5	75	15	33											
2	6	75	14	30											
30	6	75	14	50	1.010	0.001	5.15	0.001	1.05	0.001	0.56	4	128	26	140
21	7	75	15	00	1.010	0.001	1.10	0.001	1.95	0.001	0.21		96	24	120
4	8	75	14	33	1.010	0.001	1.00	0.001	1.05	0.001	0.70		110	34	118
							0.001		1.35	0.001	2.46		114	21	127
25	8	75	14	30										30	116
22	9	75	15	00	0.010	0.001	0.50	0.001	1.05	0.001	0.14		44	34	116
7	10	75	13	00	1.010	0.001	0.50	0.001	1.25	0.001	0.04	15	198	54	143
2	11	75	13	30	1.01	0.001	0.10	0.001	1.05	0.001	0.37		120		110
12	1	75	14	33	1.010	0.001					0.12		112	35	149
											0.44		124	44	133
4	12	75	13	30	1.01	0.001	0.00	0.001					126	45	133
14	1	75	15	30									140		177
10	2	75	14	50			1.05	0.001	0.05	0.001	0.02		198		
2	3	75	14	50			0.60	0.001	1.05	0.001	0.02		137	40	190
30	3	75	13	00			1.50	0.001	0.75	0.001	0.15		127	42	137
7	4	75	13	30			0.70	0.001	1.05	0.001	0.35	4	134	27	130
9	3	75	14	30			2.30		0.		0.16	0	120		
24	1	75					4.70	0.50	0.50	0.50	0.50	0	270	44	141
13	2	75	13	30			1.40	0.05	1.05	0.10	0.10	0	143		174
15	3	75	14	33			1.40		0.75		0.05	0	153	44	145
16	3	75	15	30			1.35		1.05		0.11	0	140	57	207
17	3	75	15	30			1.05		1.25		0.10	112	147	45	174
17	3	75	15	30			1.40		0.50		0.50	0	115		140
17	3	75	15	30			0.50		0.11		0.11	0	42		124
8	3	75	15	33			1.70		0.15		0.17	4	108		127
34	11	75	13	30			0.75	0.05	0.15	0.15	0.15	0	135		161
27	11	75	13	30			1.60	0.25	0.20	0.20	0.20	0	137		163
4	2	75	13	30			1.40	0.05	0.25	0.25	0.25	0	140		166
7	3	75	13	30			1.40	0.05	0.50	0.50	0.50	0	113		138
4	3	75	13	33			1.70		0.15	0.15	0.15	0	125	115	170
8	3	75	13	33			1.10		0.10	0.10	0.10	0	111	31	133
26	3	75	13	30			0.50		1.05	0.10	0.10	0	113		133
11	4	75	14	33			1.05		1.05	0.1	0.1	0	114		134
11	5	75	14	30			2.50	1.05	0.74	0.74	0.74	0	200	245	214.5
7	5	75	14	33			1.70	1.00	0.41	0.41	0.41	0	117	27	142

TABLA 3.0 ESTACION "SAN RAFAEL"

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO							
		2-X-79	16-X-79	30-X-79	13-XI-79	28-XI-79	11-XII-79	18-I-80	1-II-80
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	19.0	21.0	22.0	20.0	17.0	20.0	19.9	19.9
PH		5.0	8.3	6.0	7.7	6.0	6.0	6.0	6.0
OD	MG/L	10.0	9.0	8.3	8.0	9.0	8.8	6.4	8.0
DBO5	MG/L	1.0	2.0	1.0	3.0	3.0	1.5	1.0	2.0
DQO	MG/L	29.0	14.0		24.0	9.6	4.0	11.0	4.0
ST	MG/L	1824.0	280.0	225.0	380.0	200.0	185.0	230.0	250.0
SST	MG/L								50.0
SOT	MG/L	1815.0	165.0	215.0	195.0	205.0	170.0	208.0	216.0
N-NH3	MG/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
N-NO3	MG/L	1.15	1.0	0.72	7.8	1.17	5.98	0.17	4.0
PO4-TOT	MG/L	0.05	0.03	0.05	0.36	0.05	0.11	0.05	0.046
COLIS FECALIS	NMP/100 ML	54000.0	400.0	7500.0	46000.0	24000.0	5000.0	500.0	1100.0
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	180000.0	11000.0	15000.0	240000.0	40000.0	5000.0	500.0	2000.0
GRASAS Y ACEITES	MG/L	1.5	41.1	29.3	14.0	51.0	4.8	212.0	12.0
SAAN	MG/L	0.01	0.01	0.5	0.24	0.32	0.1506	5.0	0.04
CONDUCTIVIDAD	CMHOS/CM		190.0	215.0	190.0	195.0	190.0	215.0	190.0
SOD	MG/L		6.0	8.3	5.0	0.0		31.0	11.0
CL	MG/L					13.0	13.0	8.0	0.0
NO3	MG/L	5.0	4.6	4.2	35.0	5.3	20.40	18.5	10.0

TABLA 3.7 ESTACION NO. 1 RIO RIBOS, LA CAJILLA

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO						
		2-X-79	10-X-79	30-X-79	26-XI-79	11-XII-79	18-I-80	1-III-80
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	23.0	24.0	24.0	22.0	23.0	23.2	23.2
PH		6.0	7.7	7.6	6.6	6.0	6.4	6.6
OD	MG/L	10.0	9.0	7.9	9.0	7.6	8.4	7.0
OROS	MG/L	2.0	1.0	1.0	2.0	1.5	1.0	2.0
ODD	MG/L	64.0	14.0	14.0	9.6	16.0	19.0	9.0
SI	MG/L	2436.0	265.0	264.0	275.0	265.0	266.0	262.0
SST	MG/L							42.0
SOT	MG/L	2435.0	170.0	220.0	210.0	191.0	210.0	161.0
N-NH3	MG/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
N-NO3	MG/L	0.65	0.69	0.72	0.03	5.22	4.50	3.00
PO4-TOT	MG/L	0.05	0.02	0.06	0.15	0.12	0.12	0.16
COLIS FECALES	MP/100 ML	11000.0						
COLIS TOTALES	MP/100 ML	540000.0						
CONDUCTIVIDAD	MMHOS/CM		180.0	230.0	215.0	210.0	200.0	218.0
CL	MG/L				12.0	12.0	9.0	7.0
NO3	MG/L	2.3	3.0	3.2	1.15	21.45	21.0	15.0

TABLE 3.A ESTACION 10. 2010 00005

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO						
		2-X-79	16-X-79	30-X-79	28-XI-79	11-XII-79	18-I-80	31-I-80
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	23.0	24.0	25.0	22.0	23.0	23.4	23.4
PH		6.0	8.4	7.5	6.0	6.0	6.0	6.0
OD	MG/L	10.0	9.0	7.9	9.6	8.6	6.4	7.0
DBO5	MG/L	1.0	2.0	2.0	1.0	0.5	2.0	2.0
DQO	MG/L	34.0	10.0	48.0	14.4	12.0	15.0	4.0
ST	MG/L	164.0	260.0	241.0	230.0	325.0	236.0	232.0
SST	MG/L							28.0
SDT	MG/L	144.0	195.0	225.0	200.0	313.0	234.0	204.0
N-NH3	MG/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
N-NO3	MG/L	1.10	0.56	0.49	0.01	3.92	3.20	1.00
PO4-TOT	MG/L	0.05	0.01	0.06	0.14	0.12	0.20	0.05
COLIS FECALES	NMP/100 ML	4300.0						
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	21000.0						
SAAM	MG/L						0.6	
CONDUCTIVIDAD	MPHOS/CM		200.0	240.0	215.0	240.0	265.0	240.0
CL	MG/L				13.0	12.0	7.0	7.0
NO3	MG/L	4.0	2.4	2.2	0.01	17.56	14.3	6.0

TABLA 3.9 ESTACION NO. 3 RIO BOBOS, CULIACAN GUADALUPE

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO							
		2-X-79	16-X-79	30-X-79	13-XI-79	24-XI-79	11-XII-79	18-I-80	31-I-80
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	24.0	25.0	26.0	21.0	21.0	23.0	23.0	23.0
PH		6.0	6.0	5.0	6.0	5.0	6.0	6.0	6.0
OD	MG/L	10.0	10.0	7.5	7.2	5.0	8.0	6.0	7.0
DB05	MG/L	1.0	2.0	1.0	3.0	1.0	1.0	2.0	2.0
DB0	MG/L	25.0	10.0	21.0	60.0	10.0	11.0	15.0	4.0
ST	MG/L	2484.0	300.0	250.0	775.0	200.0	205.0	126.0	240.0
SST	MG/L								50.0
SOT	MG/L	2460.0	155.0	195.0	165.0	205.0	245.0	210.0	200.0
N-NH3	MG/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
N-NO3	MG/L	0.81	0.57	0.60	0.6	0.01	3.02	3.01	3.0
PO4-TOT	MG/L	0.08	0.01	0.00	0.93	0.30	0.17	0.00	0.130
SAAM	MG/L							0.0	
CONDUCTIVIDAD	MMHOS/CM		195.0	200.0	160.0	230.0	230.0	200.0	230.0
CL	MG/L					12.0	15.0	7.0	7.0
NO3	MG/L	3.0	2.5	2.7	45.0	0.03	17.50	17.5	13.0

TABLA 3.10 ESTACION NO. 4 ATU DEL RITAL

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO							
		2-V-79	10-V-79	30-V-79	15-VI-79	28-VI-79	11-VII-79	10-VIII-79	30-VIII-79
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	25.0	26.0	25.0	21.0	23.0	23.0	22.7	23.7
PH		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
OD	MG/L	6.0	8.0	7.5	8.0	7.2	7.0	7.2	6.6
DOB	MG/L	1.0	3.0	1.0	6.0	1.0	1.0	3.0	2.0
DQO	MG/L	34.0	10.0	24.0	102.0	19.0	10.0	8.0	0.0
SI	MG/L	3036.0	235.0	250.0	1965.0	217.0	265.0	160.0	272.0
SST	MG/L								0.0
SDT	MG/L	3005.0	170.0	205.0	210.0	203.0	353.0	125.0	208.0
N-NH3	MG/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.15
N-NO3	MG/L	0.05	0.48	0.60	4.6	0.01		3.00	3.0
PO4-TOT	MG/L	0.10	0.01	0.03	1.80	0.15	0.00	0.10	0.154
COLIS FECALES	NMP/100 ML	21000.0	2100.0	750.0	24000.0	650.0	2000.0	1000.0	8000.0
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	21000.0	15000.0	7500.0	24000.0	6500.0	10000.0	10000.0	8000.0
GRASAS Y ACETES	MG/L	5.0	4.6	1.1	38.0	10.0	6.0	28.0	13.0
SAR	MG/L	0.01	0.04	0.05	0.05	0.04	0.110		0.05
CONDUCTIVIDAD	MMHOS/CM		225.0	26.0	20.0	20.0	27.0	1.0	30.0
SG4	MG/L		130.0	1.3	20.0	1.0	5.05	31.0	16.0
CL	MG/L				11.0	1.0	10.0	12.0	11.0
NO3	MG/L	2.6	2.1	2.7	43.0	1.01		17.5	13.0

TABLA 3.11 ESTACION 00, S. DE BAHIA, COLIS FECALES (NMP)

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO							
		2-X-79	16-X-79	30-X-79	13-XI-79	28-XI-79	11-XII-79	18-I-80	31-I-80
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	24.0	25.0	27.0	21.0	23.0	23.0	22.8	23.8
PH		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
OD	MG/L	6.0	9.0	6.6		7.5	7.8	2.7	3.0
DBO5	MG/L	1.0	2.0	1.0	9.0	3.0	0.5	13.0	7.0
DQO	MG/L	39.0	30.0	10.0	80.0	19.2	20.0	212.0	30.0
ST	MG/L	3272.0	290.0	400.0	2465.0	209.0	265.0	2055.0	1370.0
SST	MG/L								2.0
SDT	MG/L	3266.0	180.0	400.0	265.0	285.0	246.0	1975.0	1368.0
N-NH3	MG/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
N-NO3	MG/L	0.70	0.32	0.49	11.0	6.72	0.06	0.60	2.0
PO4-TOT	MG/L	0.05	0.06	0.08	1.30	0.32	0.17	0.12	0.081
COLIS FECALES	NMP/100 ML	110000.0	3.0	4300.0	110000.0	900.0	7000.0	1000.0	15000.0
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	110000.0	2100.0	4300.0	110000.0	3500.0	110000.0	1000.0	40000.0
GRASAS Y ACEITES	MG/L	57.0	3.3	0.4	22.0	61.0	3.8	315.0	10.0
SAAM	MG/L	0.01	0.03	0.04	0.05	6.20	0.1500	5.0	0.090
CONDUCTIVIDAD	CMHOS/CM		240.0	595.0	280.0	280.0	200.0	300.0	1900.0
SO4	MG/L		150.0	16.0	21.0	11.0	0.96	100.0	112.0
CL	MG/L					10.0	10.0	00.0	2026.0
NO3	MG/L	3.1	1.0	2.2	4.9	3.20	22.01	11.0	10.0

TABLA 3.12 ESTACION NO. 6 RIO LAUTLA, PUERTO LAUTLA

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO							
		2-X-79	16-X-79	30-X-79	13-XI-79	28-XI-79	11-XII-79	18-I-80	31-I-80
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	24.0	26.0	26.0	22.0	22.0	23.0	23.8	23.8
PH		6.0	6.0	6.0	7.6	6.0	6.0	6.0	6.6
NO	MG/L	9.0	9.0	7.9	8.0	6.5	8.7	8.6	6.8
NBOS	MG/L	1.0	2.0	8.0	4.0	1.0	2.0	3.0	3.0
NOO	MG/L	10.0	10.0	19.0	59.0	24.0	16.0	31.0	11.0
ST	MG/L	2560.0	250.0	220.0	120.0	237.0	245.0	221.0	306.0
SST	MG/L								150.0
SOT	MG/L	2537.0	160.0	210.0	195.0	215.0	226.0	210.0	152.0
N-NH3	MG/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
N-NO3	MG/L	0.75	1.40	0.95	12.0	2.10	7.50	5.50	6.0
PO4-TOT	MG/L	0.05	0.07	0.10	0.07	0.16	0.13	0.13	0.143
CONDUCTIVIDAD	MMHOS/CM		175.0	215.0	140.0	200.0	200.0	220.0	185.0
CL	MG/L					6.0	8.0	7.0	3.0
NO3	MG/L	3.3	6.5	4.2	55.0	9.30	33.57	24.1	27.0

TABLA 3.13 ESTACION NO. 7 RIO PARIA DE LA IGREL, FUENTE NEICO DEL TIGRE



PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO							
		2-X-79	16-X-79	30-X-79	13-XI-79	28-XI-79	11-XII-79	19-I-80	31-I-80
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	22.0	24.0	26.0	21.0	24.0	21.0	22.5	22.3
PH		6.0	6.5	7.7	7.8	6.0	6.0	6.0	6.0
OD	MG/L	10.0	9.0	8.3	0.0	7.0	0.7	7.3	7.6
DOB	MG/L	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0
DOO	MG/L	10.0	10.0	14.0	08.0	14.2	12.0	15.0	0.0
SI	MG/L	1664.0	275.0	250.0	2465.0	310.0	280.0	730.0	202.0
SST	MG/L								50.0
SOT	MG/L	1657.0	195.0	240.0	175.0	300.0	201.0	205.0	100.0
N-NH3	MG/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
N-NO3	MG/L	0.35	0.35	0.01	0.9	0.01	0.05	0.20	0.04
PQ4-TOT	MG/L	0.05	0.05	0.06	2.10	0.30	0.08	0.03	0.055
COLIS FECALES	NMP/100 ML	2000.0	9300.0	9300.0	240000.0	9300.0	2000.0	1100.0	1500.0
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	240000.0	24000.0	9300.0	240000.0	9300.0	2000.0	1100.0	1500.0
GRASAS Y ACEITES	MG/L	2.0	7.5		38.0	94.0	3.0	75.0	90.0
SAH	MG/L	0.01	0.01	0.05	0.05	0.20	0.032		0.00
CONDUCTIVIDAD	CMHOS/CM		295.0	300.0	190.0	500.0	250.0	520.0	250.0
SO4	MG/L		35.0	20.0	11.0	24.0	14.05	31.0	16.0
CL	MG/L					12.0	15.0	7.0	7.0
NO3	MG/L	1.5	1.5	0.01	31.0	0.01	11.00	1.17	0.0

TABLA 3.14 ESTACION 00, 0 MILIO BRILLANTE, LAGUNA LUISIANA

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO						
		2-X-79	16-X-79	30-X-79	28-XI-79	11-XII-79	18-I-80	31-I-80
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	23.0	24.0	26.0	22.0	23.0	23.6	23.6
PH		6.0	8.2	7.7	6.0	6.0	6.0	6.0
NO	MG/L	10.0	0.0	7.9	9.2	7.8	7.4	6.8
NO05	MG/L	2.0	2.0		1.0	1.0	4.0	2.0
NO0	MG/L	10.0	10.0		19.2	16.0	0.0	4.0
ST	MG/L	252.0	305.0	205.0	325.0	260.0	220.0	230.0
SST	MG/L							54.0
SOT	MG/L	246.0	190.0	190.0	300.0	246.0	218.0	176.0
N-NH3	MG/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
N-NO3	MG/L	0.17	0.26	0.01	0.01	1.00	0.20	0.26
PO4-TOT	MG/L	0.05	0.01	0.05	0.22	0.09	0.05	0.20
COLIS FECALES	NMP/100 ML	21000.0						
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	24000.0						
CONDUCTIVIDAD	MEHOS/CM		270.0	320.0	320.0	310.0	320.0	230.0
CL	MG/L				11.0	12.0	7.0	8.0
NO3	MG/L	0.77	1.1	0.01	0.01	0.20	1.17	1.0

TAHIA 3.15 ESTACION NO. 9 RIO ORILATE, LA DEPRESA

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO					
		2-V-79	16-X-79	30-X-79	28-XI-79	11-XII-79	19-I-80
TEMP. DE CAMPO	GRADOS C.	27.0	30.0	29.0	24.0	23.0	26.0
PH		6.0	5.2	7.7	6.0	6.6	6.0
OD	MG/L	7.0	8.0	6.7	7.0	7.2	8.6
OROS	MG/L	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0
ODD	MG/L	15.0	20.0		19.2	20.0	12.0
ST	MG/L	376.0	425.0	440.0	470.0	400.0	365.0
SOT	MG/L	375.0	350.0	405.0	465.0	343.0	300.0
N-NH3	MG/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
N-NO3	MG/L	0.17	0.12	0.01	0.01	4.23	0.05
PO4-TOT	MG/L	0.05	0.01	0.05	0.20	0.00	0.00
COLIS FECALES	NMP/100 ML	15000.0					
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	15000.0					
SALIN	MG/L						1.5
CONDUCTIVIDAD	MPHOS/CM		495.0	600.0	500.0	400.0	490.0
CL	MG/L				15.0	10.0	10.0
NO3	MG/L	0.77	0.55	0.01	0.01	10.4	2.20

TABLA 3.16 ESTACION 60.10 RIO CHAPACHARA

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO							
		2-X-79	16-X-79	30-X-79	13-XI-79	28-XI-79	11-XII-79	10-I-80	31-I-80
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	25.0	26.0	27.0	22.0	24.0	23.0	24.5	24.5
PH		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
OD	MG/L	7.0	7.0	2.6	5.3	6.8	2.8	2.7	3.6
DB05	MG/L	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	59.0	6.0
DQ0	MG/L	10.0	39.0		107.0	115.2	28.0	338.0	42.0
ST	MG/L	2732.0	2415.0	1070.0	4950.0	465.0	600.0	4320.5	39742.0
SST	MG/L								1622.0
SDT	MG/L	2725.0	2385.0	1020.0	4405.0	460.0	578.0	4250.0	38120.0
N-NH3	MG/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
N-NO3	MG/L	0.85	0.17	0.26		6.01	7.55	3.60	0.72
PO4-TOT	MG/L	0.22	0.03	0.54	0.05	0.20	0.08	0.10	0.046
CONDUCTIVIDAD	CMHOS/CM		2500.0	1600.0	6000.0	440.0	810.0	6000.0	27500.0
CL	MG/L					1131.0	218.0	1700.0	
NO3	MG/L	3.7	0.75	1.15	4.0	6.01	32.56	13.5	3.0

TABLA 3.17 ESTACION NO. 11 ESTERCO TRES ECUADOR, PUEBLO CASILLAS

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO						
		2-X-79	16-X-79	30-X-79	20-XI-79	11-XII-79	18-I-80	31-I-80
TEM. DE CAMPO	GRADOS C.	27.0	29.0	27.0	24.0	22.0	25.0	25.0
PH		6.0	7.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
OD	MG/L	6.0	6.0	2.0	7.4	6.1	2.0	2.0
DB5	MG/L	1.0	1.0	1.0	1.0	1.4	35.0	10.0
DUO	MG/L	20.0	49.0		29.0	16.0	75.0	10.0
ST	MG/L	3400.0	1080.0	280.0	450.0	900.0	2230.0	5365.0
SST	MG/L							313.0
SOT	MG/L	3436.0	980.0	270.0	430.0	865.0	2125.0	5052.0
N-NH3	MG/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
N-NO3	MG/L	0.25	0.10	0.95	0.01	0.70	0.61	0.20
PO4-TOT	MG/L	0.16	0.12	0.38	0.29	0.18	0.10	0.15
COLIS FECALIS	NMP/100 ML	900.0	900.0	2100.0	4500.0	26000.0	9000.0	3.0
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	900.0	8100.0	2100.0	9500.0	120000.0	40000.0	910.0
GRASAS Y ACEITES	MG/L	5.0	43.1		59.0	3.0	264.0	67.0
SAAM	MG/L	0.01	0.00	0.20	0.20	0.07		0.07
CONDUCTIVIDAD	MMHOS/CM		1200.0	370.0	420.0	1120.0	2600.0	2500.0
SO4	MG/L		450.0		14.0	55.0	105.0	450.0
CL	MG/L				46.0	30.0	100.0	2907.0
HQS	MG/L	1.1	0.44	1.2	0.01	12.31	2.69	1.0

TABLA 3.18 ESTACION NO. 12 ESTERO TRFS ETC. CS, MONTICORDI

PARAMETRO	UNIDAD	FECHAS DE MUESTREO							
		2-X-79	16-X-79	30-X-79	13-XI-79	29-XI-79	11-III-79	19-IV-80	31-V-80
TEM. DE CAMPO	GRADOS C	25.0	27.0	25.0	20.0	24.0	24.0	24.7	24.7
PH		6.0	7.0	6.0	7.2	6.0	6.0	6.0	6.0
OD	MG/L	6.0	5.0	9.5	3.5	4.5	5.0	2.5	0.5
DB5	MG/L	1.0	9.0	5.0	4.0	3.0	8.0	12.0	9.0
DBD	MG/L	10.0	39.0		70.0	29.9	16.0	31.0	30.0
ST	MG/L	2984.0	485.0	290.0	915.0	360.0	291.0	300.0	1790.0
SST	MG/L								190.0
SDT	MG/L	2976.0	380.0	275.0	280.0	350.0	261.0	335.0	1700.0
N-NH3	MG/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
N-NO3	MG/L	0.80	0.10	0.49	0.5	3.5	1.01	0.21	0.0
PHN-TOT	MG/L	0.14	0.17	0.40	0.25	0.23	0.07	0.11	0.116
COLIS FECALIS	NMP/100 ML	7500.0						1310.0	0.000.0
COLIS TOTALES	NMP/100 ML	7500.0						2100.0	0.000.0
GRASAS Y ACEITES	MG/L			0.0					
CONDUCTIVIDAD	MMHOS/CM		460.0	360.0	200.0	520.0	500.0	615.0	2400.0
SO4	MG/L			13.1					
CL	MG/L					30.0	38.7	51.0	0.000.0
NO3	MG/L	3.5	0.40	2.2	36.0	9.5	30.55	27.5	20.00

TABLA 3.19 ESTACION 00.13 ESTERO TRES - CULEBRA LA MIRA

## CAPITULO IV

### EVALUACION DE RESULTADOS

El problema más significativo para la creación de índices de calidad del agua es debido a que los usos del agua son múltiples y la calidad demandada para cada propósito varía considerablemente. Puede pensarse en disponer de un índice para cada uso, lo cual es razonable, sin embargo, en este caso se consideran los usos del agua más comunes representados por un sólo índice, el cual incluye 18 parámetros seleccionados de tal forma de contemplar un panorama general de la calidad del agua.

#### 4.1 DESARROLLO DEL INDICE DE CALIDAD.-

Para el desarrollo del índice se consideraron cuatro etapas básicas: (1) selección de la unidad de medición, (2) identificación de los factores de contaminación, (3) identificación de

los usos del agua y (4) técnica para el cálculo de la unidad de medición.

#### DEFINICION DE LA UNIDAD CUANTIFICADORA.-

El grado de contaminación del agua es medido en términos del Índice de Calidad (I). "I" es definido como el grado de contaminación existente en el agua a la fecha de muestreo, expresado como un porcentaje; así el agua altamente contaminada tendrá un índice de calidad cercano ó igual al 0%, y el 100% le corresponderá al agua de excelentes condiciones.

#### FACTORES DE CONTAMINACION.-

Los factores de contaminación del agua fueron clasificados dentro de cuatro grandes categorías: (1) cantidad de materia orgánica, (2) cantidad de bacterias coliformes. (3) cantidad de materia iónica y (4) características físicas. Se emplearon 18 tipos estándares de análisis que regularmente son practicados en corrientes y lagos, y fueron utilizados para identificar la cantidad de contaminación en las cuatro categorías citadas.

La cantidad de materia orgánica es medida por el porcentaje de saturación de OD y la DBO, la cantidad de bacterias coliformes por el conteo de coliformes (colí) y Escherichia Coli (e. coli), la materia iónica por la alcalinidad, dureza, cloruros, conductividad específica, concentración de iones Hidrógeno (pH), grasas y aceites, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, nutrientes ( $N-NO_3$ ,  $N-NH_3$ ,  $PO_4$ )



y detergentes (SAAM) y finalmente, las características físicas son medidas por medio del color y la turbiedad.

#### USOS DEL AGUA.-

La medición del grado de contaminación es bastante compleja, debido a la variedad de criterios que se tienen para hacerlo, variedad que resulta de los diferentes usos a que el agua es sometida. Consecuentemente los diferentes usos tienen que ser identificados, y todas las preferencias tomadas en cuenta cuando la escala de importancia relativa sea establecida. Los usos considerados son: (1) abastecimiento público, (2) natación y otros deportes acuáticos, (3) pesca, acuicultura y vida acuática, (4) Industrial y agrícola, (5) navegación y (6) transporte de desechos tratados.

#### TECNICA PARA CALCULAR EL INDICE.-

El objetivo del índice es proporcionar un medio para agrupar los resultados de los análisis del agua en un porcentaje que represente su contaminación. Para demostrar la necesidad de esta conversión considérese la dureza expresada en mg/l de  $\text{CaCO}_3$ ; el agua puede contener de 0 a más de 1,000 mg/l, sin embargo, poca gente entiende el significado de este resultado, por lo tanto, si los resultados de los 18 parámetros son transformados al porcentaje de contaminación, el agua no está evaluada únicamente en términos más significativos y fáciles de entender por la mayoría de la gente, sino que también están

en tal forma que se pueden interrelacionar algebráicamente todos los parámetros.

La primera etapa en el cálculo de "I" fué crear una escala de calificación general de acuerdo a los diferentes usos del agua. La segunda involucró el desarrollo de una escala de calificación para cada parámetro de tal forma que se estableciera una correlación entre los diferentes parámetros y su contribución al grado de contaminación. Después de que fueron preparadas estas escalas, se formularon las ecuaciones para cada parámetro, las cuales convierten los datos analíticos a un "I" al que se le añade un subíndice con el nombre abreviado del parámetro correspondiente, por ejemplo  $I_{OD}$  representa el "I" del oxígeno disuelto. Teniendo este "I" por parámetro, el promedio de todos ellos proporciona el índice de calidad buscado. Debido a que ciertas pruebas son más representativas de la calidad del agua que otras, se consideró una tercera etapa en la que los 18 parámetros fueron pesados de acuerdo a su importancia, el peso asignado a cada prueba se designó como  $W$ . (Ver Tabla 4.1). Hechas todas estas consideraciones, la fórmula que nos proporciona el índice de calidad es:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n (I_i W_i)}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

IMPORTANCIA RELATIVA DE DISTINTOS PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA CONSIDERADA EN EL CALCULO DEL- INDICE DE CALIDAD DEL AGUA.

<u>PARAMETRO DE CALIDAD CONSIDERADO.</u>	<u>IMPORTANCIA RELATIVA</u>
pH	1
Color	1
Turbiedad	0.5
Grasas y Aceites	2
Sólidos Suspendidos	1
Sólidos Disueltos	0.5
Cloruros	0.5
Oxígeno Disuelto	5
DBO <sub>5</sub>	5
Coliformes Totales	3
Coliformes Fecales	4
Fosfatos Totales	2
N. de Nitratos	2
N. Amoniacal	2
Detergentes	3
Dureza Total	1
Alcalinidad	1
Conductividad espec.	2

TABLA 4.1

donde:

- $I$  = índice de calidad,  $0 \leq I \leq 100$   
 $I_i$  = índice de calidad para el parámetro  $i$ ,  
 $0 \leq I_i \leq 100$ .  
 $W_i$  = peso de importancia del parámetro  $i$ ,  
 $0 \leq W_i \leq 5$   
 $N$  = número de parámetros

Esta  $I$  final, representa la calidad del agua en un punto en el tiempo, o sea nos expresa tanto el nivel de contaminación como el cambio con el tiempo.

#### 4.2 DESCRIPCION DE LAS ESCALAS DE CALIFICACION INDIVIDUAL.-

Una escala de calificación individual fué preparada para correlacionar los resultados de cada análisis de agua con el impacto que causan en los diferentes usos del agua.

##### OD (Oxígeno Disuelto)

La presencia de gran cantidad de materia orgánica causa bajo contenido de OD en el agua. Un bajo contenido de OD tiene poco efecto sobre la disponibilidad del agua para usos municipales o para deportes acuáticos, pero es debilitante o aún letal para los peces, especialmente en el período de ovulación. El OD también es necesario para la oxidación en procesos de descomposición de materia orgánica y el agua será incapáz de absorber el suficiente oxígeno para rehabilitarse por sí misma, cuando la carga de materia orgánica sea demasiada.

Niveles de OD los cuales son aceptables para los diferentes usos del agua, han sido reportados en muchas fuentes, pero nunca se ha llegado a un acuerdo al respecto entre las diferentes autoridades. La selección de las escalas de calificación individual por lo tanto, toma tonos subjetivos, no obstante se tomó cuidado en alcanzar las opiniones de autoridades sobre la evaluación de la calidad del agua. Como se mencionó anteriormente, una mayor atención se debe dar a las técnicas para desarrollar las escalas, más que a los mismos resultados analíticos.

Un punto importante es que aunque los niveles de las escalas de calificación están basadas sobre opiniones, lo que lo hace ligeramente subjetivo, la aplicación de la escala de calificación final es completamente objetiva.

La preparación de la escala involucró la creación de un esquema preliminar (borrador), encabezado por los diferentes usos del agua bajo los cuales fueron enlistadas las diferentes escalas de calificación por los expertos. El contenido de este esquema fue cuidadosamente examinado y discutido; el tipo de uso que resultó ser más afectado por un contaminante en particular asumió especial importancia, (ejem. vida de peces en las corrientes), no obstante todos los usos fueron considerados. La idea es convertir las escalas de calificación de los expertos, expresadas en unidades usuales de medición, en las escalas de calificación en términos de "I".

La ecuación resultante fue expresada como:

$$I_{OD} = \% \text{ sat. OD}$$

DBO<sub>5</sub> (DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO)

La DBO es la única prueba utilizada para determinar la cantidad de materia orgánica biológicamente oxidable y puede ser usada para determinar la velocidad con la cual ocurrirá la oxidación en cuerpos de agua receptores. Por lo tanto la DBO es el mejor criterio utilizado en control de contaminación de corrientes donde la carga orgánica debe ser restringida para mantener el nivel de oxígeno disuelto deseado en el agua.

La ecuación fué expresada como:

$$I_{DBO} = 120 (\text{DBO})^{-0.673}$$

donde:

DBO es expresada en mg/l

Bacterias Coliformes

La calidad sanitaria del agua y su adaptabilidad a usos generales con respecto a la presencia de bacterias, se determina por los análisis bacteriológicos, los cuales sirven para determinar la existencia de microorganismos de importancia para la salud pública. La experiencia ha establecido la significancia del grupo coliforme como el principal indicador de la calidad bacteriológica del agua.

## COLIS TOTALES (Coli)

La cantidad de bacterias coliformes presentes es una medida de la concentración de desechos domésticos en el agua y por lo tanto del posible peligro, para enfermedades intestinales. Las fuentes de coliformes son los excretos de humanos, animales, anfibios y aves. Los coliformes totales es la medición bacteriológica más común e incluye el conteo para las bacterias del grupo completo.

La ecuación utilizada es la siguiente:

$$I_{\text{coli}} = 97.5 (\text{coli})^{-0.27}$$

donde coli es expresado como colis/ml

## Colis Fecales (e. coli)

Incluido en el grupo coliforme están las bacterias patógenas correspondientes al grupo e.coli, las cuales se originan principalmente en el intestino grueso del hombre. La presencia de e.coli es por lo tanto un indicador claro de contaminación fecal. La ecuación resulta:

$$I_{\text{e.coli}} = 97.5 (5\text{e.coli})^{-0.27}$$

donde: e.coli es expresado como e. coli/ml

## Materia Iónica Presente

La materia iónica se encuentra en las aguas naturales debido a causas tales como:

acción disolvente del agua sobre los carbonatos de las rocas, desechos industriales y humanos, sales disueltas en el agua provenientes de drenes agrícolas.

La cantidad de materia iónica es medida a través de las siguientes pruebas:

Conductividad específica (CE), Cloruros (Cl), Dureza (D), Alcalinidad (Alc), pH, Grasas y Aceites (GyA), Sólidos Suspendidos (SS), Sólidos Disueltos (SD), Fosfatos (PO<sub>4</sub>), Nitrógeno de Nitratos (N-NO<sub>3</sub>), Nitrogeno Amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) y Detergentes (SAAM).

#### CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA (CE):

La cantidad de corriente eléctrica transmitida a través del agua mide la concentración de todos los componentes ionizados en ésta, por lo tanto, relaciona la cantidad de sólidos disueltos en la misma y se utiliza como una medida de estos componentes.

Su ecuación es como sigue:

$$I_{CE} = 540 (CE)^{-0.379}$$

donde: CE está expresada en micromhos/cm

#### CLORUROS (Cl):

Los cloruros son uno de los principales iones presentes en el agua. En concentraciones razonables (250mg/l) no son perjudiciales para el hombre, arriba de 250mg/l imprimen al agua un sabor salado; y también tienen un



efecto altamente corrosivo en muchos usos industriales además de ser una de las sales más tóxicas cuando se encuentran presentes en el agua para la agricultura. La ecuación para la escala de calificación para Cl es:

$$I_{Cl} = 121 (Cl)^{-0.223}$$

donde: Cl está expresado en mg/l

#### DUREZA (D):

La dureza es una característica de las aguas definida principalmente por los iones de calcio y magnesio, lo que en términos generales es simplemente una medida de la habilidad del agua para disolver el jabón. Las aguas duras (más de 150 mg/l) como  $CaCO_3$  son tan satisfactorias para el consumo humano como las aguas blandas (menos de 75 mg/l como  $CaCO_3$ ), pero debido a su acción adversa para disolver jabón, el agua para propósitos de limpieza es completamente insatisfactoria. Por otra parte, la dureza también provoca problemas de incrustaciones en equipo que trabaja con agua a temperaturas elevadas. La ecuación es expresada como:

$$I_D = 10^{1.974 - 0.00174D}$$

donde: D está expresada como mg/l de  $CaCO_3$

#### ALCALINIDAD (ALC):

La alcalinidad en las aguas se debe principalmente a los Hidróxidos, carbonatos y

bicarbonatos presentes. Aguas altamente alcalinas no son aceptables para el abastecimiento público; lo mismo que desechos alcalinos provocan la muerte o reducción de la vida acuática donde son vertidos. En general la alcalinidad es una medida de la cantidad de ácido o álcali presente en el agua. Se representa por la ecuación.

$$I_{Alc} = 105 (Alc) - 0.186$$

donde:

Alc está expresado en mg/l como  $CaCO_3$

pH (Potencial de Hidrógeno)

El potencial de hidrógeno (pH) es una medida de la concentración ( $pH = \log \frac{1}{[H^+]}$ ) del ion hidrógeno y es el término usado universalmente para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o alcalinas de una solución. En los abastecimientos de agua el pH es un factor que debe ser considerado en los procesos de coagulación desinfección, ablandamiento y control de la corrosión. El rango de valores va de cero (muy ácido) hasta 14 (muy alcalino) correspondiéndole el valor de 7 al punto neutro. Es importante hacer notar la diferencia entre pH y alcalinidad: el primero expresa la "intensidad" de la alcalinidad ó acidez, mientras que el segundo mide la cantidad de material alcalino disponible en el agua.

Las ecuaciones para pH son:

$$I_{pH} = 10 \quad 0.2335 \text{ pH} + 0.440 \quad \text{si } \text{pH} < 6.7$$

$$I_{pH} = 100 \quad \text{si } \text{pH} \geq 6.7 \leq 7.3$$

$$I_{pH} = 10 \quad 4.22 - 0.293 \text{ pH} \quad \text{si } \text{pH} > 7.3$$

#### GRASAS Y ACEITES (G y A)

El término aceite representa una amplia variedad de hidrocarburos de origen mineral que abarca desde la gasolina hasta combustibles y aceites lubricantes y otros de origen animal y vegetal. Las Grasas y Aceites causan diversos problemas en el tratamiento de aguas residuales, además imparten al agua sabor y olor desagradables, lo mismo que a los peces; impiden la penetración de la luz en las corrientes dificultándose la autopurificación de las mismas, debido a que se inhibe la actividad fotosintética. Este tipo de contaminantes hace al agua estéticamente desagradable, ya que se extiende en la superficie de la misma.

La ecuación encontrada para esta función fué:

$$I_{GyA} = 87.25 (GyA)^{-0.298}$$

donde G y A está expresada en mg/l

#### SOLIDOS SUSPENDIDOS (SS)

Las pruebas para las diferentes formas de sólidos no son con el fin de determinar

substancias químicas específicas sino con el fin de medir las clases de material con similares propiedades físicas. Su medición es importante ya que es una medida de la cantidad de materia orgánica e inorgánica disuelta e insoluble que se encuentra en los líquidos y puede sedimentarse formando depósitos putrecibles o fondos olorosos. La presencia de sólidos en la superficie de las aguas provoca condiciones antiestéticas; aguas altamente mineralizadas son también indeseables para algunos usos industriales.

Se consideran como sólidos suspendidos, aquellos que no se encuentran disueltos (formas coloidales dispersas) y que constituye el residuo no filtrable de una muestra de lodos.

La ecuación viene dada por la siguiente función:

$$I_{SS} = 266.5 (SS)^{-0.37}$$

donde SS está expresado en mg/l

#### SOLIDOS DISUELTOS (SD)

Este tipo de sólidos a diferencia de los anteriores, constituyen el residuo filtrable de una muestra de lodos. Su importancia es por razones de estética y de salud. La ecuación que define a esta función es:

$$I_{SD} = 109.1 - 0.0175 (SD).$$

donde SD está expresado en mg/l

Nutrientes ( $\text{NNO}_3$  ,  $\text{NNH}_4$  y  $\text{PO}_4$  )

El nitrógeno y el fósforo constituyen los principales nutrientes en el crecimiento de las plantas. El problema básicamente, comprende los efectos nocivos de la hiperfertilización de los cuerpos de agua que reciben aguas residuales de origen doméstico, industrial y agrícola. Un exceso de nutrientes provoca un desequilibrio ecológico (eutroficación). además desaparecen las especies de flora y fauna de mayor utilidad para el hombre.

La evaluación de nutrientes, fué hecha en base al nitrógeno de nitratos ( $\text{NNO}_3$ ), Nitrógeno. Amoniacal ( $\text{NNH}_3$ ) y Fosfatos Totales ( $\text{PO}_4$ ) cuyas ecuaciones están dadas en la siguiente forma:

$$I_{\text{NNO}_3} = 162.2 (\text{NNO}_3)^{-0.343}$$

$$I_{\text{NNH}_3} = 45.8 (\text{NNH}_3)^{-0.343}$$

$$I_{\text{PO}_4} = 34.215 (\text{PO}_4)^{-0.46}$$

donde:  $\text{NNO}_3$  ,  $\text{PO}_4$  están expresados en mg/l

#### DETERGENTES (SAAM)

El término detergente es aplicado a una amplia variedad de materiales de limpieza, no obstante son muchas las dificultades causadas por un alto contenido de detergentes en aguas de desecho. Además de la toxicidad para la fauna y flora acuática, la formación de espumas provoca un problema

estético en los ríos. La ecuación resultante fué:

$$I_{\text{SAAM}} = 100 - 16.687 (\text{SAAM}) + 0.1587 (\text{SAAM})^2$$

donde: SAAM está expresado en mg/l

#### CARACTERISTICAS FISICAS.-

Los parámetros de color y turbiedad fueron los únicos análisis incluidos aquí para medir las características físicas en el agua. Un sistema más refinado incluiría mediciones de otras propiedades como temperatura, sabor, olor, etc., aunque en realidad estas características están consideradas en otros factores contaminantes ya incluidos.

#### COLOR (C)

El color se refiere a la apariencia del agua causada por materia suspendida lo cual puede ser debido a contaminantes domésticos e industriales así como de carácter natural. Un agua colorida causa aversión natural por razones antiestéticas, no obstante que la coloración sea debido a materia no tóxica; también no es aceptada para algunos usos industriales y causa problemas de transmisión de la luz en el agua, reduciendo por lo tanto la acción fotosintética. Estos y otros fueron los factores tomados en cuenta para desarrollar la escala de calificación.

La ecuación para esta función es:

$$I_C = 123 (C)^{-0.295}$$

INDICE DE CALIDAD	100	no requiere purificación	aceptable	aceptable	no requiere purificación	A C E P T A B L E	A C E P T A B L E	
	90	ligera purificación	para cualquier deporte acuatico	para todas los organismos	ligera purificación para algunos procesos			
	80	mayor necesidad de tratamiento	aceptable no recomendable	excepto especies muy sensibles dudosa para especies -- sensibles	sin tratamiento para industria normal			
	70	dudoso	dudoso para contacto directo	solo organismos muy resistentes	con tratamiento en la mayor parte de la industria			
	60	I N A C E P T A B L E	sin contacto con el agua	I N A C E P T A B L E	uso muy restringido			contaminado
	50		muestras obvias de contaminación					
	40		I N A C E P T A B L E					
	30	I N A C E P T A B L E	I N A C E P T A B L E	I N A C E P T A B L E	I N A C E P T A B L E			I N A C E P T A B L E
	20							
	10	I N A C E P T A B L E	I N A C E P T A B L E	I N A C E P T A B L E	I N A C E P T A B L E			I N A C E P T A B L E
0	I N A C E P T A B L E							
		ABASTECIMI- ENTO PUBLICO	RECREACION	PESCA Y VIDA ACUATICA	INDUSTRIAL Y AGRICOLA	NAVEGACION	TRANSPORTE DE DESECHOS TRATADOS	

Figura N° 4.1 Escala de calificación general

donde: C es expresado en unidades de color

$$P_t - C_0$$

#### TURBIEDAD (TURB)

El término turbio es una expresión de la propiedad óptica de una muestra por la cual la luz es diseminada y absorbida en vez de ser transmitida a través de la muestra. La turbiedad puede ser causada por una amplia variedad de material en suspensión tales como arcilla, minerales, sedimentos, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos. La turbiedad tiene gran importancia en aguas de abastecimiento público, ya que, interfiere en los procesos de filtración y desinfección causando además aspecto antiestético en el agua para beber. La turbiedad también interfiere con la actividad fotosintética de plantas y con la capacidad para existir de algunos organismos.

La ecuación que nos define dicha función es:

$$I_{\text{Turb}} = 108 (\text{Turb})^{-0.178}$$

donde: Turb está expresado en UTJ

#### 4.3 ESCALA DE CALIFICACION GENERAL.-

La función de la escala de calificación general es proveer un criterio para transformar todas las mediciones individuales en una sola unidad de comparación, lo que se logra con el índice de calidad (I). En la figura 4.1 se muestra los efectos de



diferentes niveles de contaminación sobre cada uso del agua. Por ejm., si un agua es de suficiente calidad es definida como "no requiere purificación" y estaría entre 90 y 100% para abastecimiento público. Relacionando los porcentajes de contaminación para cada uso, fue designado el 50% como el punto después del cual el agua estaría definitivamente contaminada.

#### 4.4 INDICES DE CALIDAD.-

Todas las consideraciones anteriores para la determinación de los índices de calidad se deben al método desarrollado por S.H. Dinius (2) con algunas modificaciones hechas por la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica (SARH), para el cálculo de los mismos se elaboró un programa para computadora y los resultados obtenidos en cada una de las 14 estaciones consideradas, se muestran al final del capítulo.

RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.H. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : R I O N A H T L A  
ESTACION ESTUDIADA : ESTACION NO.1 RIO ROBOS, LA PALMILLA

FECHA DE MUESTREO    FECHA CORRELACIONADA    INDICE CALCULADO

MES	AÑO		
10	79	1	82.53
11	79	2	64.98
12	79	3	76.82
1	80	4	79.15
2	80	5	77.67

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 76.23

RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.H. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : R I O N A N T L A  
ESTACION ESTUDIADA : ESTACION NO.2 RIO BOROS

FECHA DE MUESTREO    FECHA CORRELACIONADA    INDICE CALCULADO

MES    AÑO

10	79	1	87.51
11	79	2	100.00
12	79	3	100.00
1	80	4	98.60
2	80	5	85.73

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 94.37

RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.H. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : R I O M A H U I L A  
ESTACION ESTUDIADA : ESTACION NO.3 RIO NOROS, COLECTOR GUADALUPE

FECHA DE MUESTREO		FECHA CORRELACIONADA	INDICE CALCULADO
MES	AÑO		
10	79	1	90.57
11	79	2	100.00
12	79	3	100.00
1	80	4	89.41

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 94.99

RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.H. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : R I O D E L A U T L A  
 ESTACION ESTUDIADA : ESTACION NO.4 RIO DEL PITAL

FECHA DE MUESTREO		FECHA CORRELACIONADA	INDICE CALCULADO
MES	AÑO		
10	79	1	100.00
11	79	2	83.17
12	79	3	98.56
1	80	4	82.78

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 91.13

RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.H. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : R I O N A U T L A  
ESTACION ESTUDIADA : ESTACION NO.5 RIO NAUTLA PAJGA, CONGREGACION PENA

FECHA DE MUESTREO    FECHA CORRELACIONADA    INDICE CALCULADO

MES    A\*0

10	79	1	83.50
11	79	2	58.10
12	79	3	72.77
1	80	4	67.13

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 70.57

RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.H. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : R I O N A U T L A  
ESTACION ESTUDIADA : ESTACION NO.6 RIO NAUTLA, PUENTE NAUTLA

FECHA DE MUESTREO    FECHA CORRELACIONADA    INDICE CALCULADO

MES    A\*0

10	79	1	80.35
11	79	2	57.47
12	79	3	87.78
1	80	4	52.40

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 69.50

RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.H. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : R I O M A R I A D E L A T O R R E  
ESTACION ESTUDIADA : ESTACION NO.7 RIO MARIA DE LA TORRE

FECHA DE MUESTREO		FECHA CORRELACIONADA	INDICE CALCULADO
MES	AÑO		
10	79	1	99.93
11	79	2	83.49
12	79	3	88.38
1	80	4	75.37

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 86.79



RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.M. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : R I O N A U T L A  
ESTACION ESTUDIADA : ESTACION NO.8 RIO COLLATE, INGENIO LIBERTAD

FECHA DE MUESTREO		FECHA CORRELACIONADA	INDICE CALCULADO
MES	AÑO		
10	79	1	95.45
11	79	2	69.61
12	79	3	85.25
1	80	4	82.33

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 83.16

RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.H. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : R I O N I A U Y L A  
ESTACION ESTUDIADA : ESTACION NO.9 RIO QUILATE, LA DEFENSA

FECHA DE MUESTREO    FECHA CORRELACIONADA    INDICE CALCULADO

MES    A\*0

10	79	1	93.20
11	79	2	100.00
12	79	3	100.00
1	80	4	94.35

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 96.89

RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.H. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : R I O N A U T L A  
ESTACION ESTUDIADA : ESTACION NO.10 RIO CHAPACHAPA

FECHA DE MUESTREO    FECHA CORRELACIONADA    INDICE CALCULADO

MES	A*0		
10	79	1	98.17
11	79	2	100.00
12	79	3	98.03
1	80	4	100.00

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 99.05

RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.H. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : R I O N A U T L A  
ESTACION ESTUDIADA : ESTACION NO.11 ESTERO TRES ENCINOS, PUENTE CASITAS

FECHA DE MUESTREO    FECHA CORRELACIONADA    INDICE CALCULADO

MES    A\*0

10	79	1	92.30
11	79	2	100.00
12	79	3	81.06
1	80	4	47.76

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 80.28

RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.H. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : R I O N A U T L A  
ESTACION ESTUDIADA : ESTACION NO.12 ESTERO TRES ENCINOS, MONTEGORDO

FECHA DE MUESTREO    FECHA CORRELACIONADA    INDICE CALCULADO

MES    A\*0

10	79	1	78.18
11	79	2	100.00
12	79	3	72.16
1	80	4	54.32

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 76.16

RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.H. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : R I O M A T L A  
ESTACION ESTUDIADA : ESTACION NO.13 ESTERO TRES ENGINOS, LA PANGA

FECHA DE MUESTREO FECHA CORRELACIONADA INDICE CALCULADO

MES AÑO

10	79	1	70.18
11	79	2	67.09
12	79	3	60.68
1	80	4	43.10

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 60.26

RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.M. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : R I O N A U T L A  
 ESTACION ESTUDIADA : ESTACION NO.14 RIO NAUTLA, SAN RAFAEL

FECHA DE MUESTREO    FECHA CORRELACIONADA    INDICE CALCULADO

MES    AÑO

5	75	1	75.95
6	75	2	62.60
7	75	3	61.21
8	75	4	73.48
9	75	5	71.54
10	75	6	84.74
11	75	7	67.39
12	75	8	90.78
1	76	9	93.73
2	76	10	70.55
3	76	11	86.57
4	76	12	89.82
1	78	33	61.88
2	78	34	91.15
3	78	35	78.44
4	78	36	58.60
7	78	39	68.54
8	78	40	66.20
9	78	41	72.04
10	78	42	67.99
11	78	43	82.08
2	79	46	80.10
3	79	47	99.61
6	79	50	85.11
7	79	51	79.14
3	80	59	52.38
4	80	60	58.86
5	80	61	68.98
6	80	62	64.34

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 74.61

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES .

En base a la información recabada a través de los resultados analíticos de las estaciones de muestreo seleccionadas, a continuación se presenta una discusión de las características físicas, químicas, bacteriológicas y de los índices de calidad obtenidos para el sistema fluvial compuesto por el río Nautla y sus afluentes. La secuencia seguida en la presentación de los lugares estudiados se estableció en base a la localización geográfica de dichos sitios, partiendo de los límites de la Cuenca Alta con la Cuenca Media hasta la desembocadura del río Nautla en el Golfo de México.

#### CUENCA ALTA

Estación No. 1 Río Bobos, la palmilla.

Debido a que la calidad del agua en esta región



presenta características de condiciones naturales, se consideró la estación de monitoreo La Palmilla en el río Bobos aguas abajo de Tlapacoyan, Ver. Esta estación se ubica al inicio de la región denominada Cuenca Media y sirve de punto de referencia para definir el nivel de calidad del agua del sistema fluvial al comienzo de la planicie costera. Un resumen de las características del agua en este sitio se muestra a continuación.

<u>PARAMETRO</u>	<u>PROMEDIO</u>
TEM. DE CAMPO	19.9 °C
PH	6.3
OD	8.8 MG/L
DBO <sub>5</sub>	1.8 MG/L
DQO	12.5 MG/L
ST	422 MG/L
SST	34 MG/L
SDT	373 MG/L
N-NH <sub>3</sub>	0.05 MG/L
N-NO <sub>3</sub>	3.6 MG/L
PO <sub>4</sub> - TOT	0.14 MG/L
Colis Fecales	15944 NMP/100 ML
Colis Totales	53833 NMP/100 ML
G y A	41.0 MG/L
SAAM	0.71 MG/L
Conductividad	197 Mhos/cm
SO <sub>4</sub>	11 MG/L
Cl	11.2 MG/L
Indice de Calidad Promedio:	76.23

Esta estación indica la repercusión de las descargas de aguas residuales de Tlapacoyan, Ver. y de los beneficios de café localizados en las cercanías. Se observan altas concentraciones de SDT, nitratos, coliformes fecales y totales,

grasas y aceites. Sin embargo, las concentraciones de oxígeno disuelto son altas, lo que indica que el proceso de autopurificación del río Bobos reduce los valores de DBO y DQO a niveles normales. Respecto al índice de calidad promedio calculado podemos observar (figura No. 4.2) que; en lo que pesca y vida acuática se refiere, la calidad del agua en este punto es aceptable para todos los organismos.

#### CUENCA MEDIA

En esta región no existen descargas de aguas residuales, lo que permite al río Bobos tener una recuperación en su calidad ayudado por las aportaciones de agua de buena calidad del río San Pedro.

#### CUENCA BAJA

Estación No. 2 Río Bobos.

La siguiente estación se ubicó en el río Bobos aguas abajo de Martínez de la Torre, Ver. antes de su confluencia con el río Quilate. Las Condiciones que presenta este lugar son:

<u>PARAMETRO</u>	<u>PROMEDIO</u>
TEM. DE CAMPO	23.2 °C
pH	6.5
OD	8.5 MG/L
DBO <sub>5</sub>	1.4 MG/L
DQO	19.2 MG/L
ST	556 MG/L
SST	48 MG/L
SDT	513 MG/L
N-NH <sub>3</sub>	0.05 MG/L
N-NO <sub>3</sub>	2.20 MG/L

<u>PARAMETRO</u>	<u>PROMEDIO</u>
PO <sub>4</sub> - TOT	0.10 MG/L
Colis Fecales	11000 NMP/100 ML
Colis Totales	540 000 NMP/100 ML
Conductividad	216 Mmhos/cm
Cl	10 MG/L

Indice de Calidad Promedio: 94.37

Esta estación no indica un alto grado de contaminación, el cual era de esperarse debido a las descargas de aguas residuales de Martínez de la Torre, Ver. y del Ingenio Independencia. Los valores de conductividad y cloruros descartan la posibilidad de intrusión salina en este tramo del río. El oxígeno disuelto se encuentra en el rango del valor de saturación y la DBO y DQO tienen valores típicos de escurrimientos naturales. En este caso la descarga de aguas negras de la población no afecta, con excepción de los coliformes fecales y totales, la calidad del agua del río Bobos. Cabe hacer notar, y quizá este sea el hecho de haber obtenido índices de calidad muy altos, que durante los muestreos el Ingenio Independencia no se encontraba operando.

Estación No. 8 Río Quilate, Ingenio Libertad.

Uno de los afluentes más importantes del río Bobos es el río Quilate, el cual recibe las aguas residuales del Ingenio Libertad. Con el objeto de observar la calidad del agua de este río, la estación de muestreo se ubicó antes de la descarga del ingenio, sus características son:

<u>PARAMETRO</u>	<u>PROMEDIO</u>
TEM. DE CAMPO	22.3 °C
pH	6.8
OD	8.7 MG/L
DBO <sub>5</sub>	1.4 MG/L
DQO	22.8 MG/L
ST	718 MG/L
SST	94 MG/L
SDT	393 MG/L
N-NH <sub>3</sub>	0.05 MG/L
N-NO <sub>3</sub>	1.4 MG/L
PO <sub>4</sub> - TOT	0.35 MG/L
Colis Fecales	34313 NMP/100 ML
Colis Totales	65900 NMP/100 ML
G y A	34.1 MG/L
SAAM	0.07 MG/L
Conductividad	279 Mmhos/cm
SO <sub>4</sub>	22.3 MG/L
Cl	11.0 MG/L
Indice de Calidad Promedio:	83.16

Se trata de un río con agua de muy buena calidad, su índice de calidad promedio así lo indica, que en ocasiones se ve deteriorada por la descarga de aguas negras (NO<sub>3</sub>, G y A, Coliformes) de la población de Tlalchichilco, Ver. localizada aguas arriba del ingenio.

Estación No. 9 Río Quilate, La Defensa.

Con el fin de definir el impacto que produce la descarga de aguas residuales del Ingenio Libertad, se seleccionó una estación de monitoreo en el río Quilate aguas abajo de dicha descarga y antes de la desembocadura al río Bobos. Las características de este sitio son:

<u>PARAMETRO</u>	<u>PROMEDIO</u>
TEM. DE CAMPO	23.6 °C
pH	6.6
OD	8.2 MG/L
DBO <sub>5</sub>	1.7 MG/L
DQO	10.2 MG/L
ST	259 MG/L
SST	54 MG/L
SDT	224 MG/L
N-NH <sub>3</sub>	0.05 MG/L
N-NO <sub>3</sub>	0.34 MG/L
PO <sub>4</sub> - TOT	0.10 MG/L
Colis Fecales	21000 NMP/100 ML
Colis Totales	24000 NMP/100 ML
Conductividad	303 Mmhos/cm
Cl	9.5 MG/L

Indice de Calidad Promedio: 96.89

La calidad del agua en este lugar es típica de un cuerpo receptor sano, lo que se confirma con un índice de calidad promedio cercano a 100. No se observa influencia alguna de descargas de aguas residuales. En este caso también el Ingenio Libertad estuvo la mayor parte del tiempo de monitoreo fuera de servicio.

Estación No. 3 Río Bobos, Colector Guadalupe.

Inmediatamente aguas abajo de la confluencia del río Quilate con el río Bobos se encuentra otra estación de monitoreo, que presenta las siguientes condiciones.

<u>PARAMETRO</u>	<u>PROMEDIO</u>
TEM. DE CAMPO	23.4 °C
pH	6.6
OD	8.6 MG/L
DBO <sub>5</sub>	2.1 MG/L
DQO	19.6 MG/L
ST	241 MG/L
SST	28 MG/L
SDT	216 MG/L
N-NH <sub>3</sub>	0.05 MG/L
N-NO <sub>3</sub>	1.5 MG/L
PO <sub>4</sub> - TOT	0.09 MG/L
Colis Fecales	4300 NMP/100 ML
Colis Totales	21000 NMP/100 ML
SAAM	0.6 MG/L
Conductividad	233 Mmhos/cm
Cl	9.8 MG/L

Indice de Calidad Promedio: 94.99

El agua en el río Bobos en este sitio es de muy buena calidad, si bien indica concentraciones de coliformes fecales y totales mucho menores que en la estación 2. El oxígeno disuelto está en el rango del valor de saturación y la DBO es típica de cauces no contaminados. No se observan efectos de intrusión salina. Notese el alto índice de calidad.

Estación No. 7 Río María de la Torre.

El río Bobos cambia su nombre más adelante por el de río del Pital, el cual recibe como afluente al río María de la Torre. En este último cauce se estableció una estación de monitoreo que muestra las siguientes características.

<u>PARAMETRO</u>	<u>PROMEDIO</u>
TEM. DE CAMPO	23.8 °C
pH	6.2
OD	8.3 MG/L
DBO <sub>5</sub>	2.4 MG/L
DQO	22.1 MG/L
ST	595 MG/L
SST	154 MG/L
SDT	488 MG/L
N-NH <sub>3</sub>	0.05 MG/L
N-NO <sub>3</sub>	4.50 MG/L
PO <sub>4</sub> - TOT	0.16 MG/L
Conductividad	191 Mmhos/cm
Cl	4.8 MG/L

Indice de Calidad Promedio: 86.79

El río María de la Torre recorre una extensa área, recibiendo descargas de aguas negras de las poblaciones de Teziutlán, Pueb. y Tlapacoyan, Ver. Sin embargo, la distancia que existe entre esta estación y dichas poblaciones es considerable. En este sitio el río se ha recuperado, aunque muestra en forma intermitente concentraciones indeseables de nitratos.

Estación No. 4 Río del Pital.

El río del Pital se divide en dos brazos que posteriormente se unen en un lugar aguas arriba de la confluencia del río Chapachapa. En el sitio de unión se fijó otra estación de monitoreo que presenta las siguientes características.

<u>PARAMETRO</u>	<u>PROMEDIO</u>
TEM. DE CAMPO	23.8 °C
pH	6.0
OD	8.5 MG/L
DBO <sub>5</sub>	1.6 MG/L
DQO	21.3 MG/L
ST	606 MG/L
SST	38 MG/L
SDT	491 MG/L
N-NH <sub>3</sub>	0.05 MG/L
N-NO <sub>3</sub>	2.80 MG/L
PO <sub>4</sub> - TOT	0.23 MG/L
SAAM	4.00 MG/L
Conductividad	218 Mmhos/cm
Cl	10.3 MG/L

Indice de Calidad Promedio: 91.13

La información recabada así como el índice de calidad promedio, indican excelente calidad de agua. Nuevamente se observa valores disparados de sólidos disueltos y nitratos que no son congruentes con los resultados obtenidos en la mayoría de los muestreos.

Estación No. 10 Río Chapachapa.

El río del Pital cambia luego de nombre por el de río Nautla a la altura de la desembocadura del río Chapachapa. Las aportaciones de este afluente tienen las siguientes características.



<u>PARAMETRO</u>	<u>PROMEDIO</u>
TEM. DE CAMPO.	26.6 °C
pH	6.7
OD	7.1 MG/L
DBO <sub>5</sub>	1.5 MG/L
DQO	18 MG/L
ST	414 MG/L
SDT	372 MG/L
N-NH <sub>3</sub>	0.05 MG/L
N-NO <sub>3</sub>	0.60 MG/L
PO <sub>4</sub> - TOT	0.09 MG/L
Colis Fecales	15000 NMP/100 ML
Colis Totales	15000 NMP/100 ML
SAAM	1.3 MG/L
Conductividad	509 Mmhos/cm
Cl	12 Mg/L

Indice de Calidad Promedio: 99.05

Los escurrimientos del río Chapachapa se distinguen por su buena calidad, contribuyendo a mejorar los niveles de calidad de las aguas del río Nautla.

Estación No. 5 Río Nautla, Congregación Peña.

En esta región el cauce del río Nautla se caracteriza por su reducida pendiente y sus numerosos meandros, recibiendo las descargas del arroyo la Bacinica y de la población de San Rafael, Ver. A la altura de un pequeño poblado denominado Congregación Peña se ubicó esta estación de monitoreo con las siguientes condiciones.

<u>PARAMETRO</u>	<u>PROMEDIO</u>
TEM. DE CAMPO	23.7 °C
pH	6.0
OD	7.1 MG/L
DBO <sub>5</sub>	2.2 MG/L
DQO	24.5 MG/L
ST	788 MG/L
SST	77 MG/L
SDT	537 MG/L
N - NH <sub>3</sub>	0.05 MG/L
N - NO <sub>3</sub>	2.70 MG/L
PO <sub>4</sub> - TOT	0.30 MG/L
Colis Fecales	40 450 NMP/100 ML
Colis Totales	52 538 NMP/100 ML
G y A	56.3 MG/L
SAAM	0.09 MG/L
Conductividad	276 Mmhos/cm
SO <sub>4</sub>	29.9 MG/L
Cl	11.6 MG/L

Indice de Calidad Promedio: 70.37

El agua en esta estación muestra niveles de contaminación de acuerdo a los parámetros SDT, nitratos, coliformes fecales y totales, grasas y aceites y fosfatos. Se observa una ligera reducción en el oxígeno disuelto, resaltan las altas concentraciones de coliformes y grasas y aceites debido principalmente a las descargas de aguas negras. Lo anterior queda confirmado si observamos que hasta el momento, el índice de calidad promedio es el más bajo.

Estación No. 6 Río Nautla, Puente Nautla.

La última estación de monitoreo sobre el sistema

fluvial se localizó en el puente sobre el río Nautla frente a la población de Nautla, Ver. En este sitio la calidad del agua tiene las siguientes características.

<u>PARAMETRO</u>	<u>PROMEDIO</u>
TEM. DE CAMPO	23.8 °C
pH	6.0
OD	6.1 MG/L
DBO <sub>5</sub>	4.6 MG/L
DQO	57.5 MG/L
ST	1307 MG/L
SST	2.0 MG/L
SDT	998 MG/L
N-NH <sub>3</sub>	0.05 MG/L
N-NO <sub>3</sub>	2.90 MG/L
PO <sub>4</sub> - TOT	0.27 MG/L
Colis Fecales	31075 NMP/100 ML
Colis Totales	48463 NMP/100 ML
G y A	59.6 MG/L
SAAM	0.70 MG/L
Conductividad	939 Mmhos/cm
SO <sub>4</sub>	61 MG/L
Cl	941 MG/L
Indice de Calidad Promedio:	69.50

Es en la desembocadura del río Nautla donde se han detectado niveles de contaminación más altos (Indice de Calidad = 69.50). La situación anterior es imputable a la acumulación de contaminantes que son transportados hasta la desembocadura, donde la capacidad de autopurificación del estuario del río Nautla se ve reducida por los efectos de intrusión salina que provoca el flujo de la pleamar y bajamar.

## ESTERO TRES ENCINOS.

El estuario del río Nautla cuenta con un estero denominado Tres Encinos, que tiene una gran importancia en la zona por las actividades piscícolas que en éste se desarrollan. Dicho estero recibe las aportaciones del arroyo El Potrero a la altura de la población de San Rafael, Ver. y se conecta al río Nautla en Casitas, Ver. En este estero se establecieron tres estaciones las cuales presentan los siguientes índices de calidad.

Estación No. 11 Estero Tres Encinos, Puente Casitas  
Índice de Calidad Promedio: 80.28

Estación No. 12 Estero Tres Encinos, Montegordo.  
Índice de Calidad Promedio: 76.16

Estación No. 13 Estero Tres Encinos, La Panga.  
Índice de Calidad Promedio: 60.26

Como podrá verse, la estación 13 es la que presenta el nivel más alto de contaminación, pues proporciona el índice de calidad más bajo.

Estación No. 14 Río Nautla, San Rafael.

Esta estación es una de las más representativas dado que cuenta con un mayor número de muestreos y se ubica frente al poblado San Rafael, el cual se localiza cerca de la desembocadura del río Nautla. La estación es operada por la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y puede servir como base para determinar los cambios que pueda sufrir la calidad del agua del río Nautla, debido a que pertenece a la Red Nacional de Monitoreo y tiene una periodicidad de

muestreo mensual. No obstante que su Índice de Calidad Promedio es 74.61, el cual es un valor relativamente alto, se observan valores bajos (52.38) por lo que resulta de interés analizar cuidadosamente los valores encontrados.

#### OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES.-

1. De acuerdo a las tendencias actuales de desarrollo en la región, se preve que en los próximos 10 años se incrementarán considerablemente las descargas de aguas residuales al sistema fluvial, principalmente debido a la instalación de nuevas industrias procesadoras de frutas y lácteos.
2. De no tomarse medidas de control en las descargas de aguas residuales existentes, se restringirán los usos del agua del río Nautla en la zona de la Cuenca Baja y se reducirán las especies acuáticas de valor comercial en la desembocadura del río y en el estero Tres Encinos.
3. La ausencia de oxígeno disuelto durante el período de estiaje es una posible causa de la mortandad de peces, sin embargo debido a que no existen estadísticas al respecto no es posible determinar conclusiones.
4. Se recomienda que se hagan cumplir las normas existentes en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación del Agua a las poblaciones ubicadas en la zona de estudio, principalmente en Altotonga, Atzalán, Jalacingo, Tlapacoyan, Martínez de la Torre y San Rafael, estos centros deben

controlar sus descargas de aguas negras de acuerdo a la tabla de máximos tolerables.

Por lo que respecta a las descargas industriales se recomienda su tratamiento, ya sea en forma conjunta o separada.

## B I B L I O G R A F I A

1. ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO NAUTLA. SARH. DIRECCION GENERAL DE PROTECCION Y ORDENACION ECOLOGICA. (1979-1980)
2. DINIUS S.H., "A WATER RESOURCES INFORMATION SYSTEM". WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 8, NO. 5, OCT. 1972.
3. METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE UN RIO. TESIS PROFESIONAL, VALENTIN BARCENAS PEREZ. FACULTAD DE INGENIERIA. UNAM.
4. INDICE DE CALIDAD DEL AGUA. SARH. DIRECCION GENERAL DE PROTECCION Y ORDENACION ECOLOGICA 1979.
5. APUNTES DE CONTAMINACION DE AGUAS. ERNESTO MURGUIA VACA. FACULTAD DE INGENIERIA. UNAM.