

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA  
Y RECURSOS HIDRAULICOS**



**ANÁLISIS HISTÓRICO DE LA CALIDAD DE AGUA CRUDA DEL RÍO  
PINULA QUE ABASTECE A LA PLANTA DE TRATAMIENTO “EL  
CAMBRAY”**

**ESTUDIO ESPECIAL**  
Presentado por el ingeniero

**MARIO ROBERTO HERNÁNDEZ MORÁN**

Como requisito previo para optar al grado académico de

**MAESTRO EN INGENIERIA SANITARIA**  
*(MAGÍSTER SCIENTIFICAE)*

GUATEMALA, noviembre de 2003.

# **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

## **ANÁLISIS HISTÓRICO DE LA CALIDAD DE AGUA CRUDA DEL RÍO PINULA QUE ABASTECE A LA PLANTA DE TRATAMIENTO “EL CAMBRAY”**

Tema que fue autorizado por la comisión de admisión y otorgamiento de grado de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS).

Ing. Mario Roberto Hernández Morán

Guatemala, Noviembre de 2003.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD  
DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson.
VOCAL I	Ing. Murphey Olimpo Paíz.
VOCAL II	Lic. Amaham Sánchez Álvarez.
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz.
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva.
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**DIRECTOR ERIS**

Ing. MsC. Pedro Saravia Celis.

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE ESTUDIO ESPECIAL**

EXAMINADOR	Ing. MsC Zenón Much Santos
EXAMINADOR	Ing. MsC. Julio Guillermo García Ovalle
EXAMINADOR	Ing. MsC. Julián Duarte Jiménez

**ASESOR DE ESTUDIO ESPECIAL**

Ing. MsC. Zenón Much Santos

# **ACTO QUE DEDICO**

## **A DIOS:**

POR GUIARME E ILUMINARME SIEMPRE

## **A MI ESPOSA:**

EVA GUADALUPE GARCÍA DE HERNÁNDEZ POR SU AMOR Y  
COMPRENSIÓN EN LOS MOMENTOS QUE MÁS LA HE  
NECESITADO, CON TODO MI AMOR

## **A MIS PADRES:**

ADOLFO ROBERTO HERNÁNDEZ GARZARO Y JULIA  
BEATRIZ MORÁN DE HERNÁNDEZ, POR SUS CONSEJOS,  
APOYO Y GUIARME EN LA VIDA

## **A MIS HERMANOS:**

ERICK GONZALO Y MARIA ALICIA HERNÁNDEZ  
MORÁN, CON MUCHO AMOR

## **A MIS SOBRINOS:**

ROBERTO DANIEL, ERICK ALEXANDER, TAMMY SUCELY  
Y SANDY LOREIN

## **A MI SUEGRA Y CUÑADOS:**

EVA DE LEON VDA. DE GARCÍA, JOSÉ ENRIQUE  
Y MARÍA DE LOS ÁNGELES GARCÍA DE LEÓN

**A LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y RECURSOS  
HIDRÁULICOS –ERIS-**

**A LA AUTORIDAD PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA CUENCA Y  
DEL LAGO DE AMATITLAN –AMSA-**

**A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

## **AGRADECIMIENTO**

Al personal técnico del laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos ERIS de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Al personal docente, administrativo y compañeros estudiantes de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos –ERIS-

Al Ing. M.Sc. Pedro Saravia Celis, por su amistad y consejos

Al Ing. M.Sc. Zenón Much Santos, por su amistad, consejos y asesoría en este estudio

# ÍNDICE GENERAL

	Paginas
1. Resumen ejecutivo	1-2
2. Objetivos	3
2.1. Objetivos generales	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. Hipótesis	3
4. Justificación	4
5. Planteamiento del problema	4
6. Introducción	5-6
7. Limitaciones	6
8. Antecedentes	7-8
9. Marco teórico	9
9.1. Situación geográfica de la microcuenca	9
9.2. Municipio que integra el área de mayor influencia	9
9.2.1. Características generales de la microcuenca del río Pinula	9-10
9.2.2. Geología y morfología	
10	
9.3. Flora y fauna	11
9.4. Clima	11
9.5. Temperatura	11
9.6. Municipio con más influencia en la microcuenca Pinula	11
9.6.1. Municipio de Santa Catarina Pinula	11
10. Descripción de la microcuenca del río Pinula	12-13
11. Metodología de trabajo	14
12. Resultados	14-56
13. Discusión de resultados	57-63
14. Conclusiones	64-65
15. Recomendaciones	66
16. Bibliografía	67
Anexos	68
I. Plano de la cuenca del lago de Amatitlán, el cual contiene la cuenca del río Villalobos y la subcuenca Pinula.	
II. Gráficas y cuadros de cargas contaminantes de los parámetros Físicos, Químicos y Bacteriológicos de la vertiente del río Pinula.	
III. Cuadros con los datos de desviación estándar de los parámetros color y turbiedad, nitritos y nitratos, cloruros y fluoruros, sulfatos y hierro, hierro y dureza, pH y temperatura.	

## **1.RESUMEN EJECUTIVO**

El estudio tuvo como objetivo principal determinar cómo con el tiempo ha variado la calidad del agua cruda del río Pinula que abastece a la planta de tratamiento el Cambray y analizar la variación de los costos de los químicos utilizados en la planta de tratamiento para la potabilización del agua producto del incremento de la contaminación.

Se obtuvieron los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos por parte del laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, ERIS de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala de los años 1989 a 2001.

Los datos proporcionados se ordenaron y luego se graficaron para poder determinar su comportamiento, porque el problema en la actualidad es el aumento de la contaminación que, año con año, se ha incrementado, razón por la cual es importante determinar cómo ha variado la calidad del agua debido a que este río es utilizado como fuente de abastecimiento de agua potable para las zonas 10, 15 y 14 de la ciudad de Guatemala por parte de la Empresa Municipal de Agua EMPAGUA.

También se obtuvieron los datos de costos y cantidades de químicos utilizados en la planta de tratamiento el Cambray por parte de la Empresa Municipal de Agua EMPAGUA durante los años de 1994 a 2001.

Se concluyó que los parámetros temperatura, color, turbiedad, pH, nitrógeno, amoníaco, nitritos, nitratos, cloruros, fluoruros, sulfatos, hierro total, dureza total, sólidos totales, sólidos volátiles, sólidos fijos, sólidos suspendidos, bicarbonatos, alcalinidad total, detergentes, coliformes totales y coliformes fecales se incrementaron durante el período comprendido de 1989 a 2001, como consecuencia del crecimiento poblacional, deforestación, descargas de aguas residuales de origen industrial, agroindustrial, además en el año 1998 sufrieron un aumento significativo por la tormenta tropical Mitch.

Se determinó que existe muy buen factor de correlación entre los parámetros (color – turbiedad), (color-hierro), (turbiedad-hierro), (nitratos-sulfatos), (cloruros-dureza total) y (dureza total-Ph). Se dice que existe buen factor de correlación, ya que la metodología empleada de matriz de correlación para los parámetros de calidad del agua establece que una variable tiene una relación recíproca entre ella y una relación

recíproca con los demás parámetros, estableciendo que la correlación es una cantidad sin dimensiones que puede emplearse para comparar las relaciones lineales entre pares de variables que tienen unidades distintas. Se tomaron en cuenta únicamente los parámetros cuyos coeficientes de correlación son muy cercanos, mayores o iguales a 0.50.

La cantidad de químicos tales como, el sulfato de aluminio, cloro gaseoso y el sulfato de cobre, así como los costos de éstos fueron en aumento durante los años analizados.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GENERALES**

- Determinar la variación de la calidad del agua en el río Pinula en el período comprendido de 1989 al 2001 para su análisis y proponer soluciones.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Evaluar en qué forma se han deteriorado los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos en la entrada a la planta de tratamiento el Cambray.
- En base al análisis histórico de la calidad del agua cruda se podrá determinar si la planta cumple con la norma de fuentes de agua.
- Realizar un análisis estadístico de los datos.

## **3. HIPÓTESIS**

Con la información del análisis estadístico se pretende demostrar que el deterioro de la calidad del agua cruda del río Pinula se ha incrementado significativamente, así como el incremento en los costos de tratamiento y que el mismo deterioro acelerado de la calidad del agua pone en riesgo de que, a corto plazo, no se pueda seguir utilizando esta importante fuente de abastecimiento de agua.

El agua del río Pinula varía en los parámetros como nitrógeno, amoníaco, nitratos, cloruros, fluoruros, sulfatos, hierro total, sólidos fijos, sólidos suspendidos y coliformes totales cuando las descargas domésticas e industriales son vertidas durante un período comprendido de 1989 a 2001. Esto altera la calidad del agua que llega a la planta de tratamiento el Cambray.

## **4. JUSTIFICACIÓN**

Ha habido un mal manejo de la microcuenca del río Pinula, debido al incremento de urbanizaciones que se han establecido en la parte alta de la microcuenca en una forma aleatoria y no técnica. Esta problemática ha conllevado a que todas las descargas residuales domésticas e industriales, desechos sólidos y arrastre de sedimentos sean recibidos por el río Pinula sin ningún tipo de tratamiento, lo cual ha causado el deterioro acelerado de la calidad del agua, el incremento en los costos de tratamiento, así como el riesgo de no poder seguir utilizando en corto plazo esta importante fuente de abastecimiento. Este estudio pretende, a través de un sistema de monitoreo de los indicadores que utilizan los datos físicos, químicos, biológicos y sociales determinados en el cuerpo de agua, definir tendencias de contaminación de corto, mediano y largo plazo, además, se presentarán elementos valiosos que le permitirán a la Empresa Municipal de Agua EMPAGUA incidir de forma directa en la toma de decisiones respecto de los planes de desarrollo de líneas de investigación en evaluación y manejo de recursos naturales así como coordinar las medidas preventivas y correctivas de los impactos generados por el desarrollo.

## **5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El río Pinula, como recurso natural hídrico, es utilizado por la planta de tratamiento el Cambray como fuente de abastecimiento de agua potable para parte de la ciudad de Guatemala, debido al mal manejo de la microcuenca del río Pinula, en la actualidad este cuerpo hídrico se ha convertido en un receptor de descargas de aguas residuales de tipo doméstico e industrial. Lo anterior ha causado el deterioro acelerado de la calidad del agua cruda, el incremento en los costos de tratamiento, así como el riesgo de que EMPAGUA no pueda seguir utilizando en corto plazo, esta importante fuente de abastecimiento.

Por las razones anteriormente expuestas, es importante cuantificar su calidad para el establecimiento del comportamiento fisicoquímico y microbiológico, así como también es valioso conocer cómo ha variado la calidad del agua del río Pinula durante un período de 10 años. Ya que no se pueden tomar decisiones adecuadas en relación a vertidos y planificación urbana sin antes hacer el análisis de datos para conocer la realidad de lo que esta sucediendo.



## 6. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como propósito dar a conocer los resultados del análisis estadístico de los datos de calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua cruda del río Pinula, proporcionados por el laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos ERIS de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala; del periodo correspondiente de 1989 al 2001. El fin de utilizar este análisis para que se deriven las conclusiones y recomendaciones de los objetivos planteados.

En Guatemala durante los últimos años, se han desarrollado esfuerzos para que el manejo adecuado de la microcuenca sea tratado de forma integral, pero los esfuerzos aún son mínimos debido al crecimiento no planificado de las ciudades y al desarrollo no sostenido de las actividades productivas lo cual, ha causado escasez y contaminación del recurso hídrico, esto último debido al vertimiento de las aguas residuales domésticas e industriales y desechos sólidos. Sólo basta con observar los resultados del análisis obtenido y mirar alrededor para darse cuenta que el problema de la contaminación es continuo, creciente y, por supuesto, alarmante debido a que la Empresa Municipal de Agua EMPAGUA, corre el riesgo de que, en un corto plazo, si no se toman las medidas preventivas y correctivas necesarias, pierda esta fuente importante de abastecimiento de agua por el alto grado de contaminación que presenta.

A lo largo del recorrido del río Pinula la calidad del agua se va deteriorando. Como se mencionó con anterioridad, este río es utilizado como fuente de abastecimiento de agua potable para tres zonas de la ciudad capital, en el invierno el río Pinula es captado únicamente por gravedad aguas arriba de la planta de tratamiento el Cambray debido a que en esta época el caudal del río es suficiente para abastecer la demanda. El caudal llega a tener hasta 500l/s, de los cuales, por la capacidad de la planta, se aprovechan 260l/s. Durante el verano, esta situación cambia radicalmente, ya que el caudal del río disminuye hasta 30l/s por lo que se hace necesario utilizar adicionalmente la planta de bombeo de Hincapié.

En cuanto a la protección del río Pinula, la Autoridad del Lago de Amátitlan realiza eliminación y control de botaderos de desechos sólidos y se llevan a cabo programas de reforestación. Pese a los esfuerzos realizados, en la parte alta de la

microcuenca, aún se presentan problemas de deforestación, tiraderos ilegales de desechos sólidos y algunas descargas de aguas residuales que aumentan principalmente la concentración de nitritos y sulfatos al igual que la turbiedad.

## **7. LIMITACIONES**

Con los datos proporcionados por la Empresa Municipal de Agua EMPAGUA, específicamente los costos y cantidades de insumos utilizados en la planta el Cambray para los proceso de potabilización, así como las cantidades de metros cúbicos de agua que ingresan a dicha planta se tuvieron que realizar algunas proyecciones para obtener más datos, ya que la mayoría de éstos habían sido almacenados en disqueté y, al analizarlos, se encontraron una gran cantidad de los mismos dañados, por lo tanto, información perdida que no había forma de recuperar. Además, para los parámetros conductividad eléctrica, nitrógeno y amoniaco no se cuenta con las información completa de 10 años.



## **8. ANTECEDENTES**

Desde 1993, la unidad Ejecutiva de UNEPROCH (Unidad ejecutora del proyecto manejo y conservación de los recursos naturales de la cuenca alta del río Chixoy) ha estado desarrollando el proyecto de manejo y conservación de los recursos naturales y renovables de la cuenca alta del río Chixoy, con el financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo, que tiene por objeto promover el manejo y conservación de los recursos naturales renovables de la parte alta de la cuenca del río Pinula.

En 1987, CATIE elaboro la “Caracterización y Priorización de las Micro cuencas de la Subcuenca del Lago de Amatitlán”(CATIE 1987). Este trabajo se basó en la metodología para priorización de subcuencas y zonas de tratamientos con fines de conservación de suelos y aguas (CATIE 1985). El objetivo de la priorización fue evaluar parámetros biofísicos y socioeconómicos de la microcuenca para identificar micro cuencas prioritarias y proponer alternativas de manejo para cada una.

Existen otros estudios importantes sobre la situación de los recursos naturales en Guatemala, entre ellos se puede mencionar el Inventario de políticas ambientales de Guatemala, realizado en 1990 por Abt Associates Inc. En este documento se analizan los principales problemas ambientales del país y se proponen políticas para el manejo de los recursos naturales.

Sin embargo, a pesar de que se han realizado estudios de los recursos agua, suelo, bosque y de conservación de cuencas en el país, éstos no han respondido en cantidad y calidad a las necesidades. Además, no existe en Guatemala una base de datos que proporcione información sobre los recursos naturales y medio ambiente, que permita elaborar diagnósticos y, posteriormente, proponer planes de manejo.

Por todas las razones mencionadas con anterioridad, este estudio presenta el análisis estadístico de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos tomados durante un período de 10 años en la microcuenca del río Pinula, localizada dentro de la cuenca de lago de Amatitlán. El objeto de este análisis fue producir datos numéricos y graficas estadísticas respecto a parámetros de contaminación para proveer una base de datos, conocer el comportamiento de la calidad del agua cruda y luego poder proponer los lineamientos para una mejor administración de la microcuenca y sus recursos de una manera más eficiente. Esto es importante porque en la actualidad, como ya se

menciono, existe un mal manejo de la microcuenca y esto ha llevado a un acelerado deterioro de la calidad del agua y al incremento en los costos del tratamiento con el riesgo de perder, en un corto plazo, esta fuente de abastecimiento de agua, ya que hasta la fecha, la única información disponible de la variación de la calidad del agua del río Pinula estaba fundamentada en suposiciones y proyecciones.



## **9. MARCO TEÓRICO**

### **9.1. Situación geográfica de la microcuenca**

### **9.2. Municipio que integra el área de mayor influencia**

El municipio que integra el área de mayor influencia de la microcuenca es Santa Catarina Pinula.

#### **9.2.1. Características generales de la microcuenca del río Pinula**

El río Pinula se forma en la aldea Don Justo por la unión de las quebradas la Esperanza y Piedra Marcada. La quebrada la Esperanza se origina al oeste de la aldea Don Justo, corriendo de norte a sur, más adelante se une la quebrada Piedra Marcada, en la latitud  $14^{\circ} 33' 08''$  norte, longitud  $90^{\circ} 27' 43''$  oeste, y al unirse ambas quebradas toma el nombre de río Pinula. Este río corre de sureste a noreste, pasa al norte de la cabecera de Santa Catarina Pinula y toma al oeste. Al sur de la capital se le une el riachuelo Panaseque y pasa al este de la aldea La Libertad con rumbo de norte a sur. Al este de la aldea Los Guajitos recibe al río Guadrón, el cual fluye al oeste de la aldea Boca del Monte y al norte de la aldea Santa Inés Petapa, cuenta con una longitud de 22 kilómetros, finalmente converge en el río Villalobos, latitud  $14^{\circ} 29' 57''$  norte, longitud  $90^{\circ} 32' 45''$  oeste, el cual desemboca en el lado norte del lago de Amatitlán (7). Los suelos de la microcuenca, son de origen volcánico de diferentes épocas (consolidados hasta ser rocas), aluvión y del lado norte sedimentos eólicos, flujos de ceniza, sedimentos fluviales y lacustres.(5)

Según la clasificación taxonómica de suelos de Simmons (1959), los suelos de la microcuenca corresponden a las categorías taxonómicas III, V y VII, de vocación forestal.(4)

La topografía de la microcuenca cuenta con 7 rangos de pendientes; los terrenos con pendientes de 0 a 8% se encuentran a lo largo y ancho de la microcuenca, representan el 65.9% del área total de la misma. En las áreas en donde la pendiente varía de 8 a 16%, se localiza en mayor proporción al este de la microcuenca; aun cuando también se pueden observar en el centro de la misma. En la parte sur de la microcuenca se agrupan los terrenos con una pendiente de 16 a 32%, mientras que aquellos que poseen un porcentaje de pendiente de 32 a 40% se localizan al este. Los terrenos con una pendiente de 40 a 50% se ubican al centro y al este y, para concluir,

los terrenos con pendientes que varían entre 50 a 60% se encuentran formando laderas del cauce.(7)

La microcuenca del río Pinula se encuentra situada dentro del sistema montañoso formado por la faja volcánica del pacífico que atraviesa el país y que se compone de rocas terciarias y cuaternarias. El valle es el resultado de una depresión de origen tectónico de dirección NE-SO en forma de recipiente alargado en una extensión aproximada de 800 Km<sup>2</sup>. (2)

### 9.2.2. Geología y morfología

La formación de los suelos de Guatemala inició durante la época terciaria. En general, en la microcuenca las estructuras geológicas predominantes son las correspondientes a sedimentos volcánicos eólicos del cuaternario como: sedimentos eólicos fundamentalmente cenizas (Qp), sedimentos eólicos, flujos de cenizas, sedimentos fluviales y lacustres (Qpf) y (Qpl). En la parte baja de la subcuenca el río corre sobre el aluvión perteneciente también al período cuaternario cenozoico (Qal); en la parte alta de la microcuenca se encuentra lava basáltica, andística y riolítica (Tl) al igual que toba soldada con sedimento (Tp).(7)

<b>Tipo de geología</b>	<b>Porcentaje</b>
Sedimentos eólicos (Op)	31.24%
Sedimentos eólicos (Qpf)	6.87%
Sedimentos eólicos (Qpl)	39.60%
Aluvión (Qal)	13.71%
Lava basáltica, andística y riolítica (Tl)	2.30%
Toba soldada con sedimento (Tp)	6.28%

Fuente: Estudio de aguas subterráneas, cuenca del valle Guatemala

La actividad volcánica en el área, se inició en el período Terciario con la emisión de flujos de lavas en forma de erupciones y conjuntamente con la actividad tectónica se depositaron materiales con un volumen total estimado de 65 Kms<sup>2</sup>. Los niveles de sedimentos y productos volcánicos encontrados en los diferentes estratos de estos suelos testifican la presencia de una cuenca lacustre de considerable dimensión. (5)

### 9.3. Flora y fauna

Las características actuales de los terrenos de la microcuenca son muy variadas y presentan áreas de poca vegetación con pasto, arbustos, las cuales por muchos años fueron cultivadas en las partes planas con cultivos anuales.

En la microcuenca se presentan dos zonas de vida: a) bosque húmedo subtropical templado con vegetación: *Pinus oocarpa* (pino colorado), *Curatella americana* (lengua de vaca), *Quercus* sp. (roble) *Byrsonima crassifolia* (nance) y b) bosque húmedo montano bajo subtropical: *Alnus Jorullensis* (aliso), *Juniperus comitana* (ciprés), *Ostrya* sp. (duraznillo), *Arbutus xalapensis* (madrón de la tierra fría). Sobre la vegetación acuática se encuentran como géneros predominantes: *Eichornia* y *Egeria* (5)

La fauna característica son los mamíferos pequeños como conejos, ardillas; los ratones, serpientes, búhos y aves.

### 9.4. Clima

En la actualidad, las características del clima son muy variables por las diferentes alturas que se registran en la microcuenca y que, por diferentes efectos ambientales, se ha modificado radicalmente a un ambiente con incidencia en épocas cálidas y frías a extremos.(5)

### 9.5. Temperatura

Las temperaturas varían entre 15 a 28°C. La precipitación pluvial se establece dentro del rango de 650 a 1500 mm al año. Los vientos predominantes son de norte a sur.

### 9.6. Municipio con más influencia en la microcuenca Pinula

### **9.6.1. Municipio de Santa Catarina Pinula**

Se encuentra ubicado en el extremo este del departamento de Guatemala. Se localiza a 14° 35' de latitud norte y 90° 30' longitud oeste. Su área total es de 48 km<sup>2</sup>.

## **10. DESCRIPCIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PINULA**

La microcuenca (ver planos en anexo I ) del río Pinula tiene un área de 48.94 km<sup>2</sup>. Se ubica dentro de la microcuenca del río Villalobos, inicia su recorrido en la parte alta de la ciudad capital, por la carretera hacia El Salvador, a la ruta de Don Justo, carretera hacia El Salvador, de aquí sigue en dirección de Santa Catarina Pinula pasando al norte de El Pueblito y, posteriormente, al norte de la población de Santa Catarina. Luego se dirige en dirección suroeste y a su paso atraviesa áreas que pertenecen a la zona 14 de la ciudad, a estas alturas se une al río Panasequeque y sigue por el costado Este de la zona 21 de la ciudad capital, a esta altura pasa entre la colonia Justo Rufino Barrios y la Tabacalera Centroamericana, lugar en donde se le incorporan las aguas del río Guadrón, que recoge las aguas residuales de la región delimitada por la avenida Petapa hacia el Oriente de la zona 12, área que va de la 19 calle de la zona 12 hasta la colonia Justo Rufino Barrios, zona 21 de la ciudad capital. En este punto los pobladores de la región le llaman al río Pinula “río limpio” y a Guadrón, “río sucio”. De aquí, hasta la unión del río Villalobos a la altura de la colonia Riveras del Río, recibe las aguas residuales de esta colonia y de las colonias Villa Hermosa I y II.

La microcuenca superior cuenta con tres quebradas de invierno que son afluentes de la misma, esta microcuenca es la que corresponde al río Pinula, pasa por las poblaciones de Don Justo, finca los Cipreses, el campo escuela San Jorge Muxbal, algunas colonias nuevas de la jurisdicción de Muxbal, la aldea El Pueblito hasta el embalse de la presa Pinula. En invierno, el excedente de la presa Pinula, continúa aguas abajo hasta encontrarse con el río Panasequeque, recolectado en el embalse hincapié y, finalmente, bombeado al Cambray.

En la microcuenca inferior, su afluente es el río Pinula. En época de invierno su afluente principal que es el río Panasequeque, con una quebrada de invierno con afluente de la misma, ésta se ve afectada por la población de El Pueblito, Santa Catarina Pinula, el rastro y la tenería Guatemala.

La microcuenca superior, en época de invierno es capaz de surtir todas las necesidades de producción de la planta el Cambray, alcanza un máximo de hasta 260

lts/seg., que es la capacidad máxima de diseño de producción de la planta, y el excedente es dejado correr libremente aguas abajo. En época de verano desciende considerablemente en esta cuenca, y en la parte más crítica de la misma no se alcanza más de 30 lts/seg.

La cuenca inferior, no es aprovechada en su totalidad en época de invierno, pero en verano se utiliza en un 100%. Ha habido veranos sumamente severos en los cuales no se ha dado abasto la cuenca, y ha necesitado el bombeo de un pozo que fue destinado para apoyar en este tipo de estíos, este pozo fue perforado en la estación de bombeo Hincapié.

La microcuenca El Pinula es la cuarta en tamaño dentro de la cuenca de Amatitlán con un área de 4,284.93 Ha. y posee el tercer río más largo con una longitud del cauce principal de 21,560m. y una pendiente promedio de 0.03%. La microcuenca es larga y angosta. La parte alta de la microcuenca posee bosques, mientras que la subcuenca tributaria (Guadrón), es altamente urbanizada y con zonas de árboles y bosques a lo largo del río. El 16% del suelo en la microcuenca Pinula representa el 20% del total del área del suelo expuesto dentro de la cuenca del lago de Amatitlán.

La microcuenca Pinula recibe una mezcla de aguas industriales, domésticas y naturales en donde las domésticas son el mayor componente. El mal manejo que ha venido sufriendo la microcuenca del río Pinula, ha causado el deterioro acelerado de la calidad del agua, el incremento en los costos de tratamiento, así como el riesgo, a corto plazo, de no poder seguir utilizando esta importante fuente de abastecimiento.



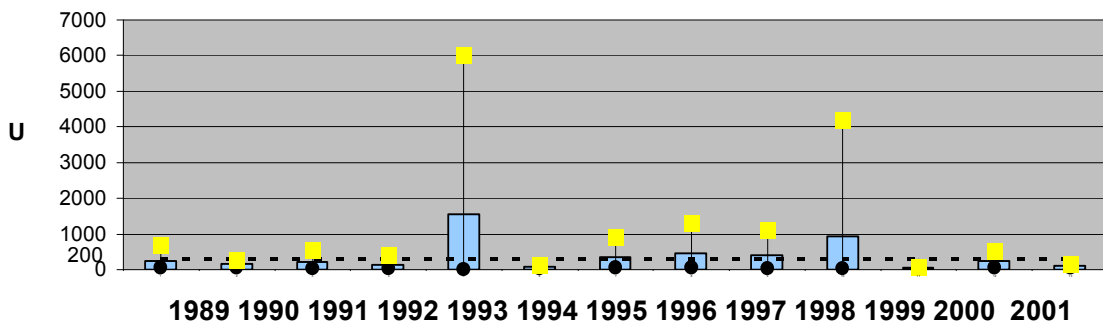
## **11. METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Para poder lograr los objetivos se trató el enfoque más práctico y específico posible a través del método científico. Inicialmente, se seleccionó el tema del estudio especial: Análisis histórico de la calidad de agua cruda del río Pinula que abastece a la planta de tratamiento el Cambray, luego la recolección, el procesamiento de las muestras y los datos de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos que se obtuvieron por parte del laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos ERIS de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Todos los datos fueron digitalizados en hojas electrónicas y separados por parámetro y por vertiente, día, mes y año. Luego del procesamiento de la información de los análisis efectuados en el río Pinula, los resultados se integraron a una base de datos en un paquete estadístico donde se obtuvieron las gráficas con los máximos, promedios y mínimos de cada uno de los parámetros. También se obtuvieron las gráficas de cada uno de ellos en forma general por año y se compararon con el límite máximo de la Norma de Fuentes de Agua(Organización Mundial del la Salud OMS/OPS). Posteriormente, se trabajó la matriz de correlación con los parámetros de calidad y su desviación estándar. Se trabajó en la discusión de resultados y en las recomendaciones. Por parte de la Empresa Municipal de Agua EMPAGUA se obtuvieron los datos de consumos de químicos y los datos de la inversión en cada uno de los años para también ser integrados en un paquete estadístico en donde se obtuvieron las gráficas con los máximos, promedios y mínimos de cada uno de los insumos utilizados.

## **12.RESULTADOS**

## Color

■ Promedio    ● Mínimo    ■ Máximo    - - - Límite máximo norma de fuentes

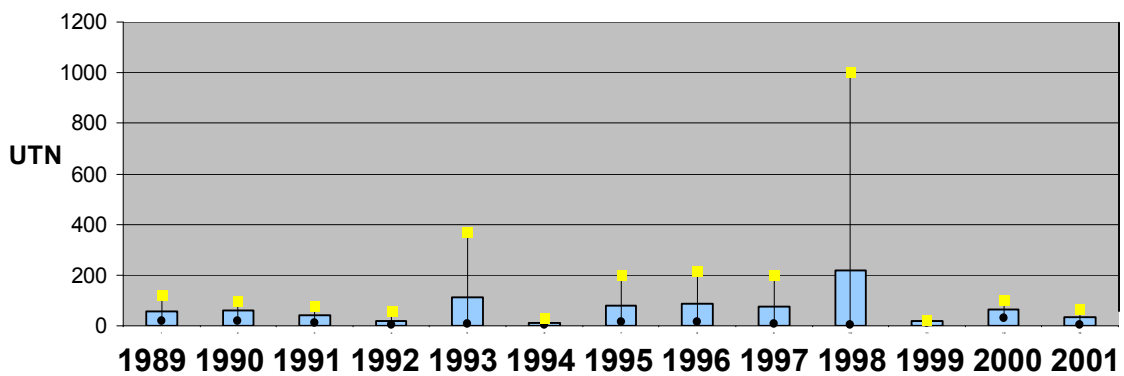


Gráfica 1

15

## Turbiedad

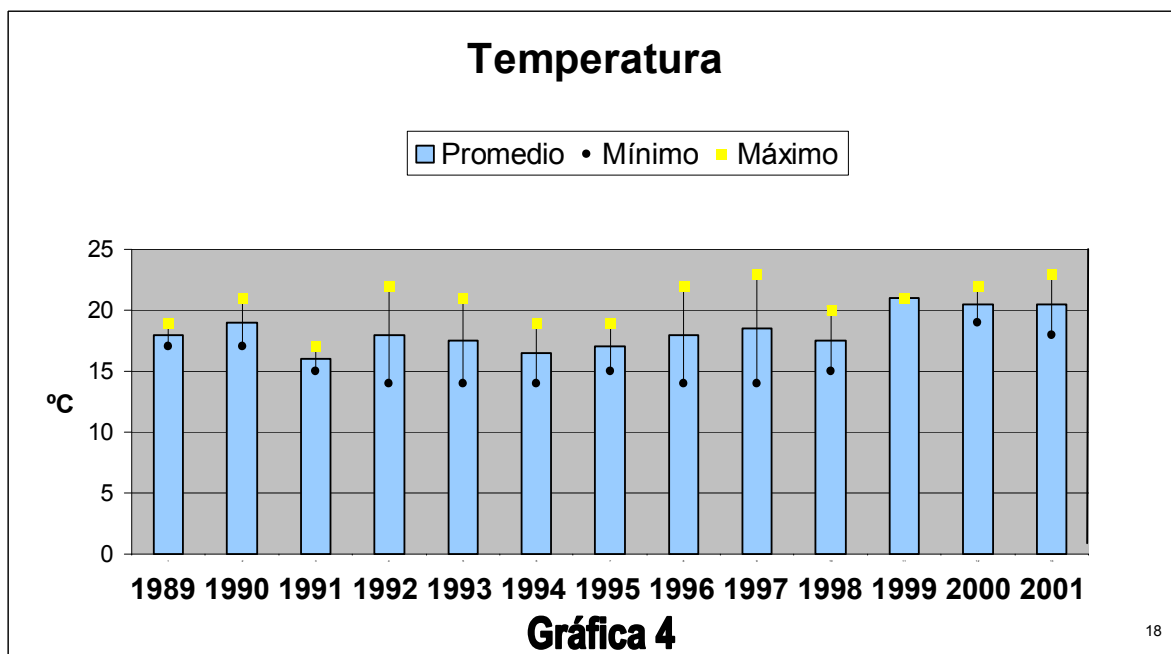
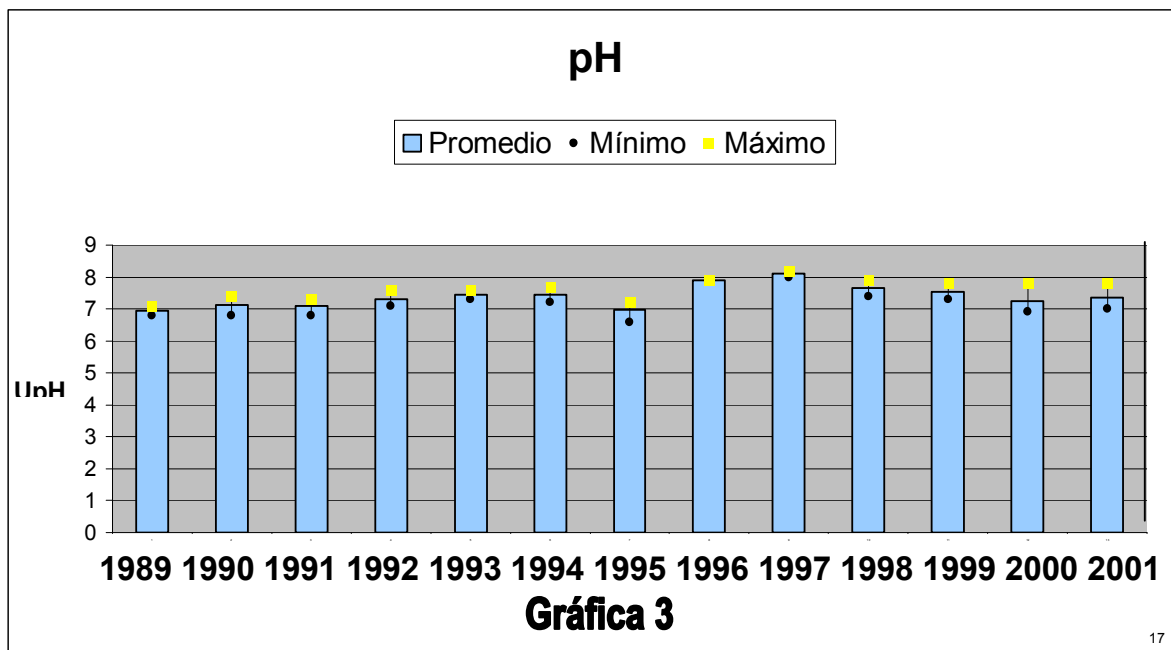
■ Promedio    ● Mínimo    ■ Máximo



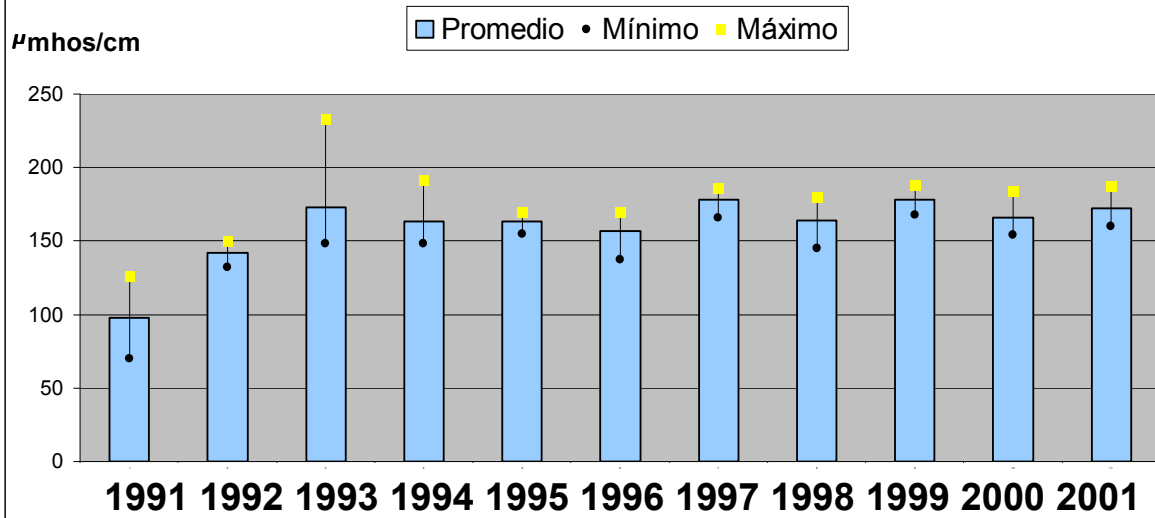
Gráfica 2

16





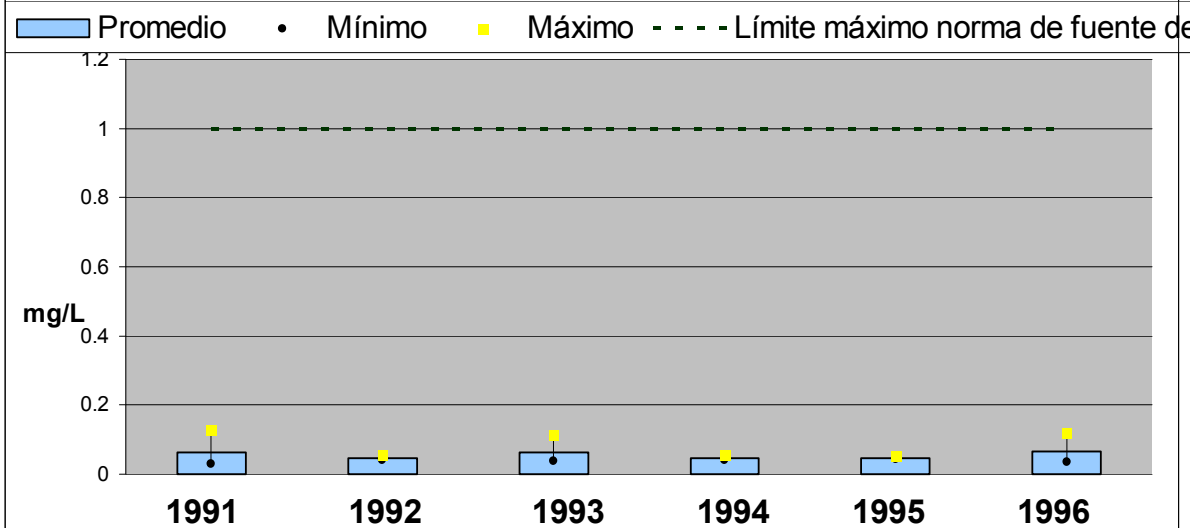
## Conductividad eléctrica



Gráfica 5

19

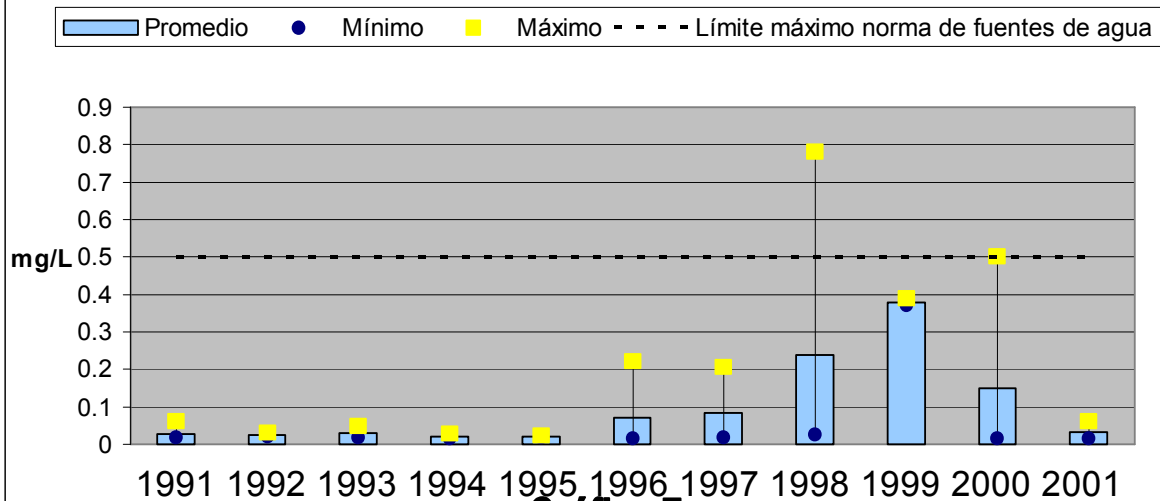
## Nitrógeno



Gráfica 6

20

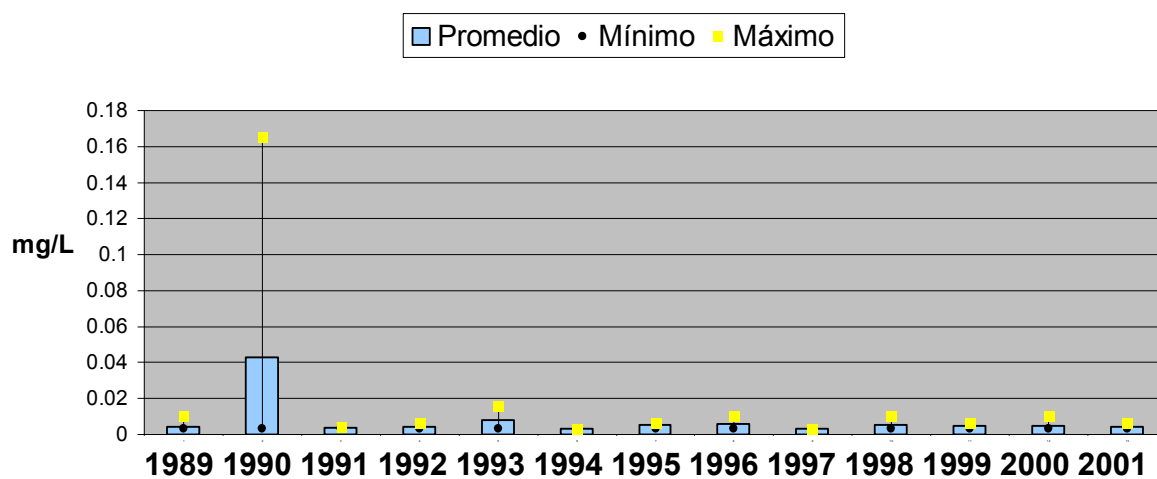
## Amoniaco



Gráfica 7

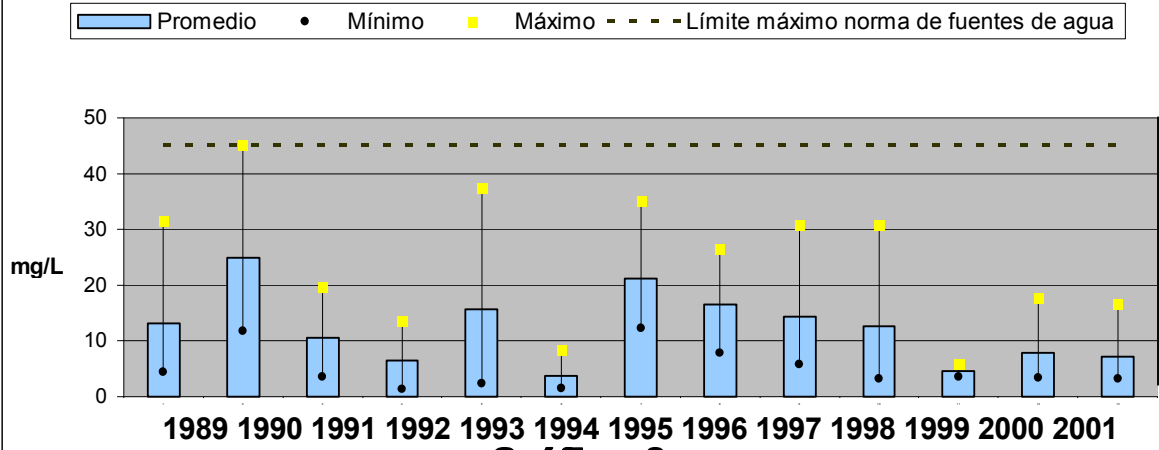
21

## Nitritos<sup>22</sup>



Gráfica 8

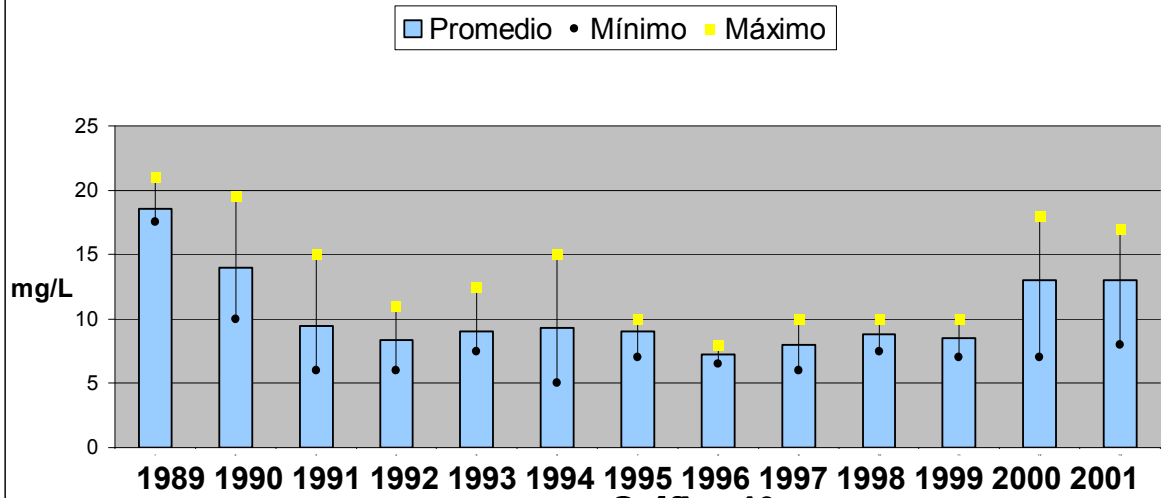
## Nitratos



**Gráfica 9**

23

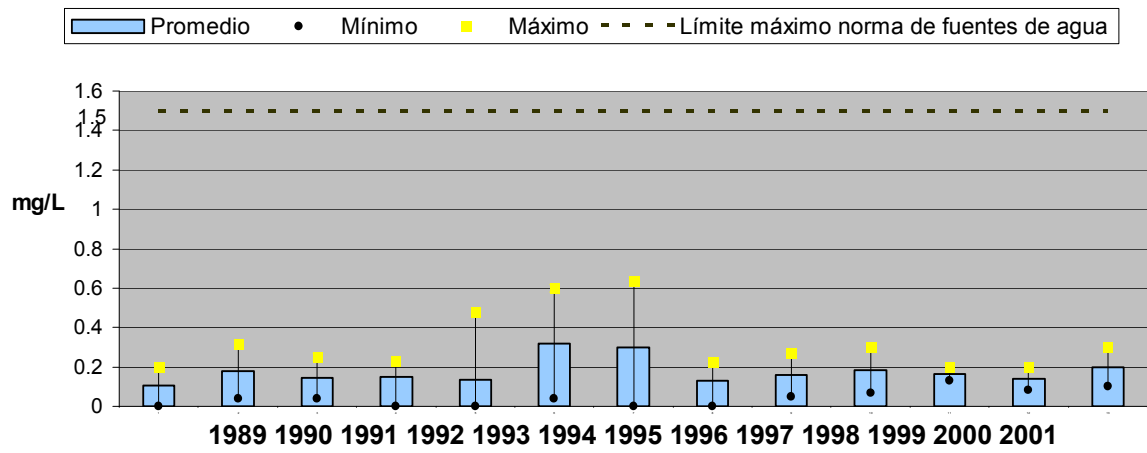
## Cloruros



**Gráfica 10**

24

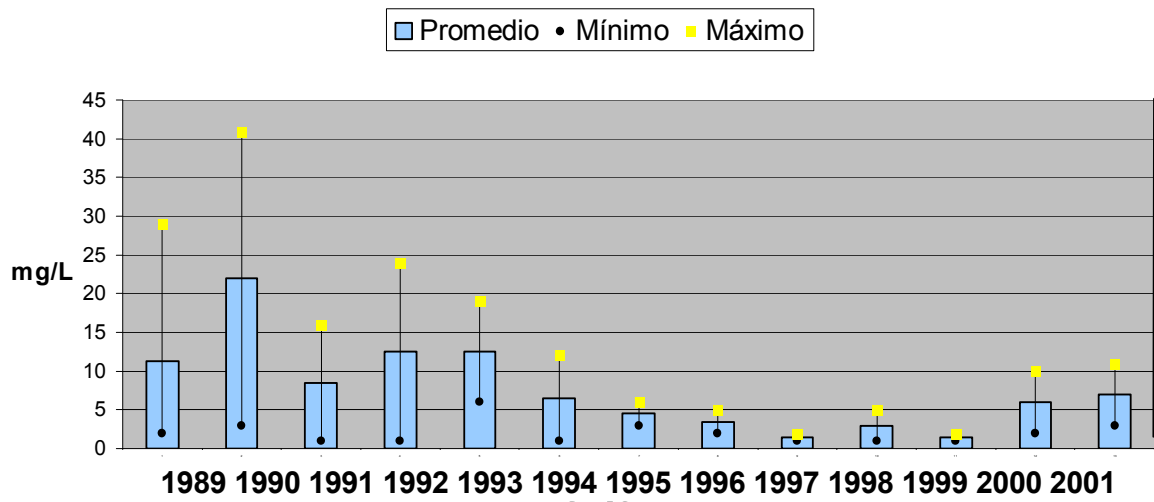
## Fluoruros



Gráfica 11

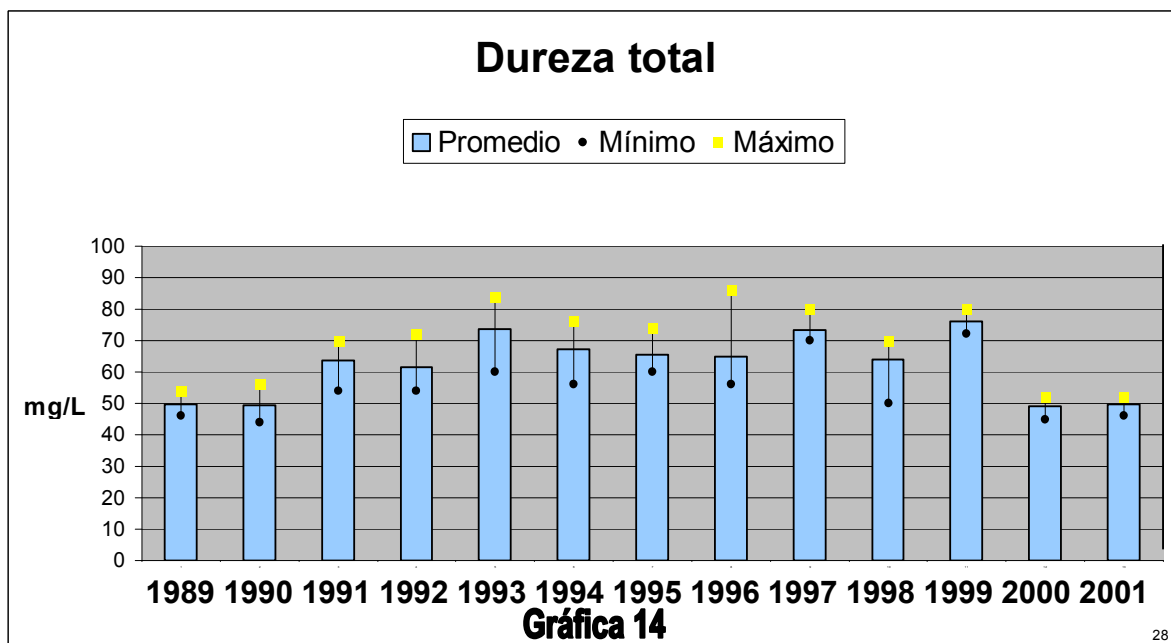
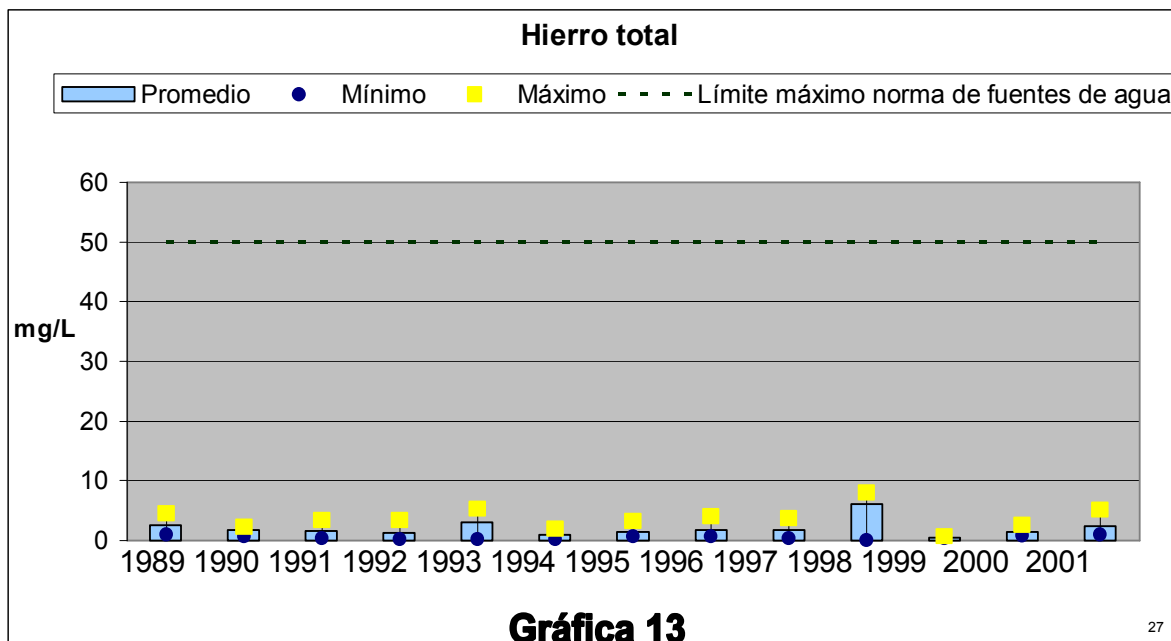
25

## Sulfatos

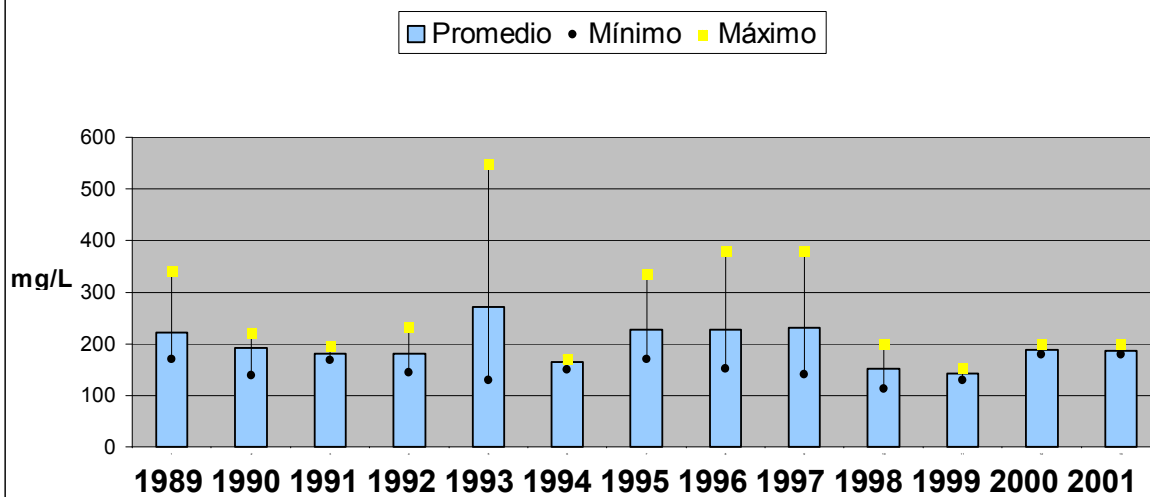


Gráfica 12

26



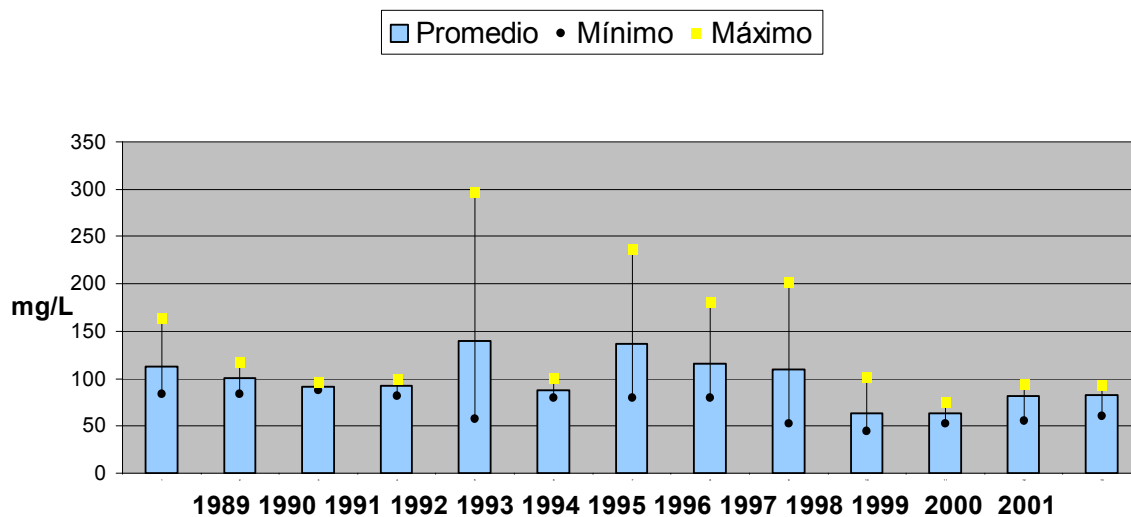
## Sólidos totales



Gráfica 15

29

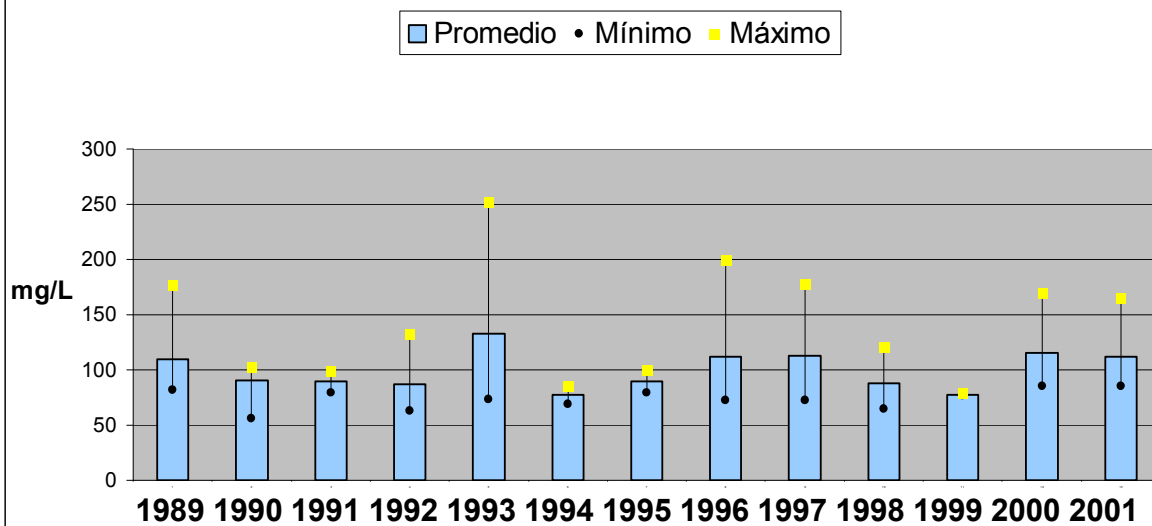
## Sólidos volátiles



Gráfica 16

30

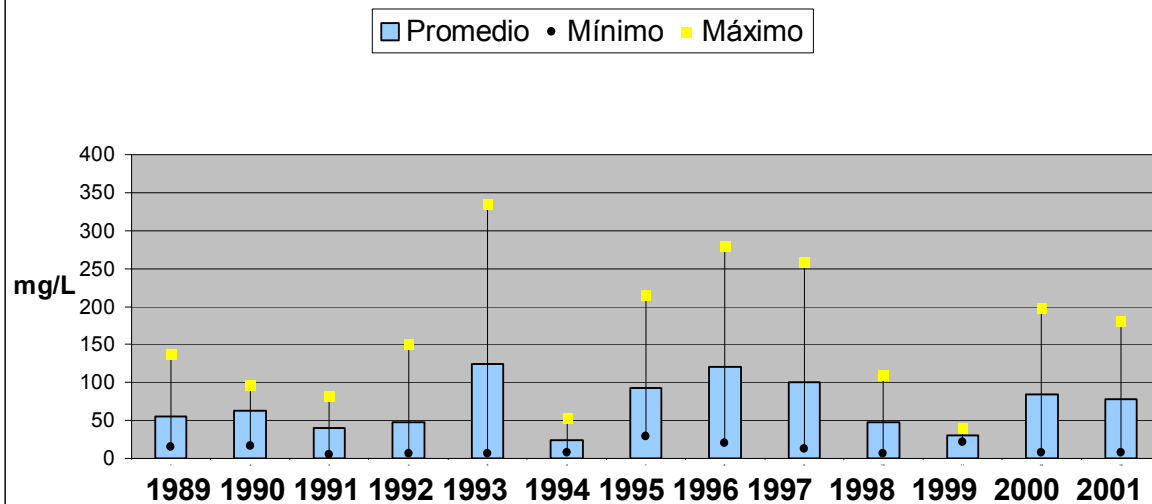
## Sólidos fijos



Gráfica 17

31

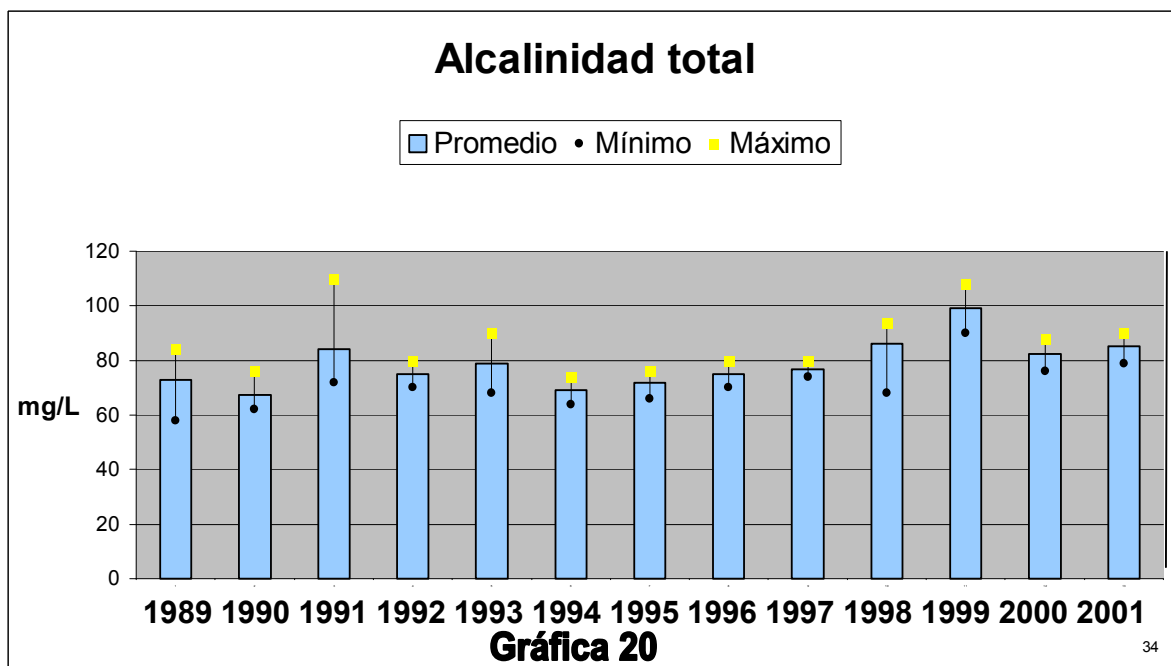
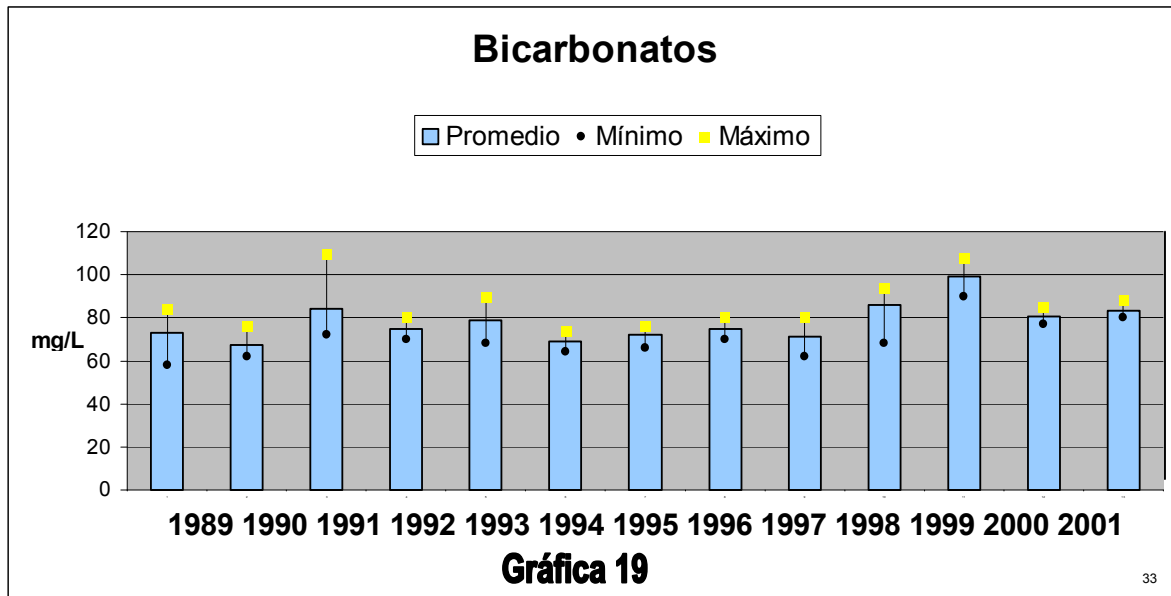
## Sólidos suspendidos



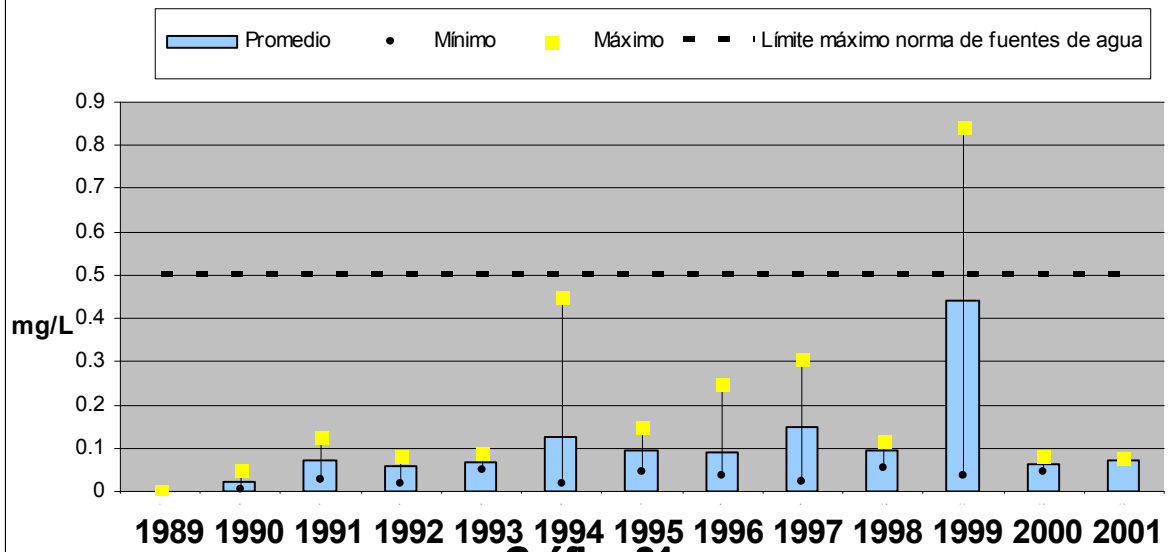
Gráfica 18

32



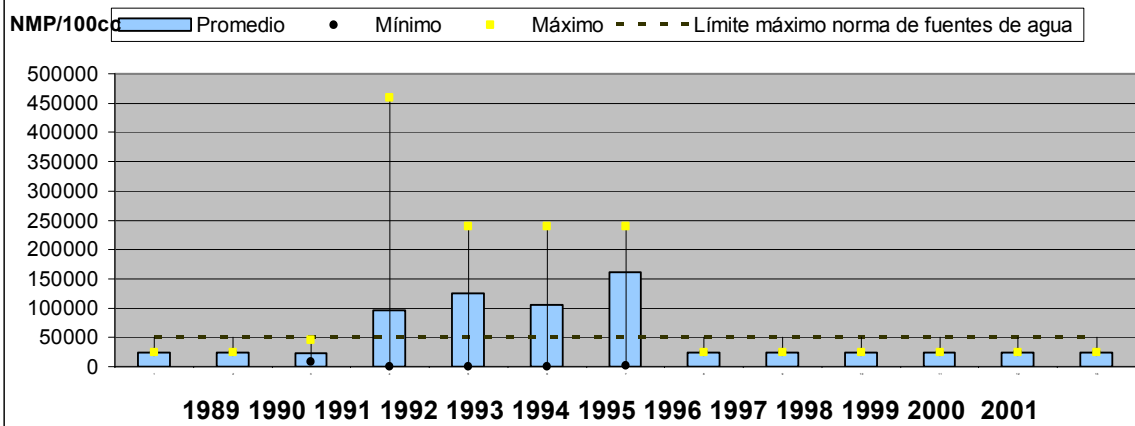


## Detergentes

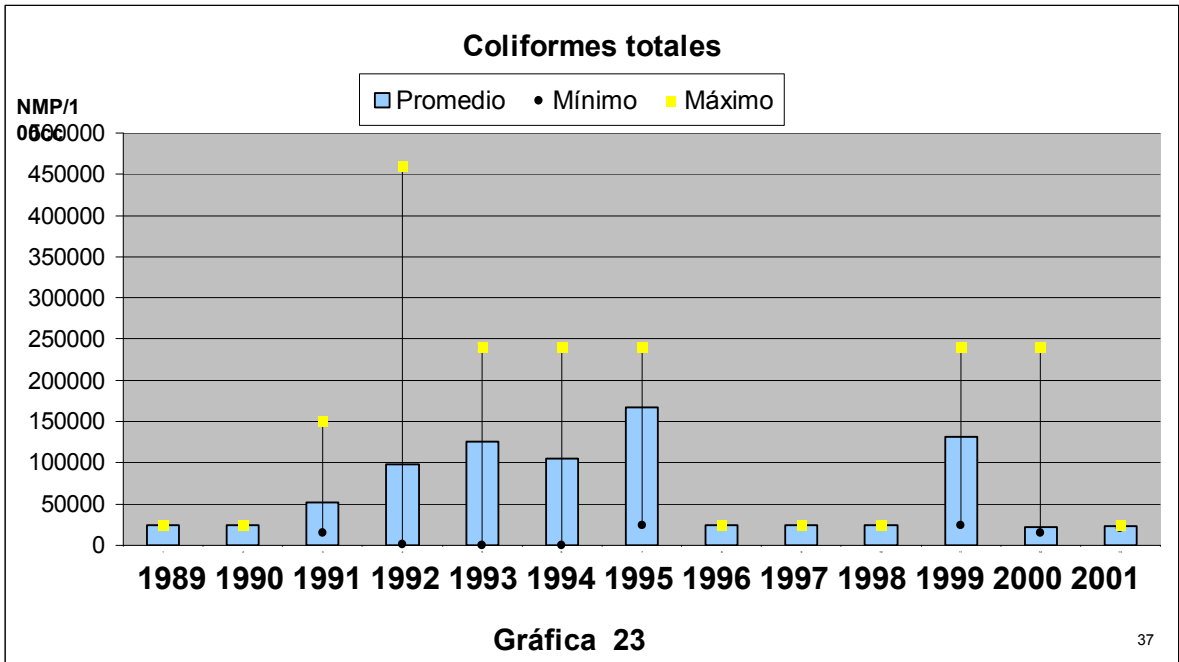


**Gráfica 21**

## Coliformes fecales



**Gráfica 22**



Color (U)

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	46	248	700
1990	47	166.75	280
1991	20	212.4	540
1992	32	137.67	390
1993	12	1551.2	6000
1994	25	70.6	140
1995	59	341.33	900
1996	61	455.25	1300
1997	34	401	1100
1998	15	929.00	4200
1999	62	66	70
2000	42	227.5	498
2001	60	95	168

Turbiedad UTN

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	20	56.8	120
1990	17	60.75	97
1991	11	42.2	80
1992	3	20.08	55
1993	8	111.6	370
1994	2.4	11.8	30
1995	15	77.33	200
1996	14	84.75	215
1997	6.6	75.2	200
1998	3	219.86	1000
1999	12	18	24
2000	30	65	100
2001	5	35.25	66

pHU

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	6.8	6.95	7.1
1990	6.8	7.12	7.4
1991	6.8	7.08	7.3
1992	7.1	7.3	7.6
1993	7.3	7.46	7.6
1994	7.2	7.44	7.7
1995	6.6	6.96	7.2
1996	7.9	7.9	7.9
1997	8	8.1	8.2
1998	7.4	7.66	7.9
1999	7.3	7.55	7.8
2000	6.9	7.25	7.8
2001	7	7.35	7.8

Temperatura °C

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	17	18	19
1990	17	19	21
1991	15	16	17
1992	14	18	22
1993	14	17.5	21
1994	14	16.5	19
1995	15	17	19
1996	14	18	22
1997	14	18.5	23
1998	15	17.5	20
1999	21	21	21
2000	19	20.5	22
2001	18	20.5	23

Conductividad eléctrica µmhos/cm

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1991	70	98	126
1992	132	141.61	150
1993	148	173	233
1994	148	163	192
1995	155	163.33	170
1996	137	157	170
1997	166	178.33	186
1998	145	163.6	180
1999	168	178	188
2000	154	165.5	184
2001	160	172	187

Nitrógeno mg/l

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1991	0.03	0.064	0.13
1992	0.04	0.046	0.055
1993	0.038	0.063	0.112
1994	0.04	0.046	0.055
1995	0.043	0.047	0.052
1996	0.037	0.065	0.118
1997	0	0	0
1998	0	0	0
1999	0	0	0
2000	0	0	0
2001	0	0	0

Amoniaco mg/l

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1991	0.018	0.028	0.06
1992	0.021	0.026	0.03
1993	0.018	0.031	0.049
1994	0.015	0.021	0.028
1995	0.018	0.02	0.022
1996	0.015	0.072	0.22
1997	0.017	0.083	0.207
1998	0.026	0.24	0.78
1999	0.37	0.38	0.39
2000	0.014	0.15	0.5
2001	0.015	0.033	0.061

Nitritos mg/l

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	0.0033	0.0044	0.0099
1990	0.0033	0.043	0.165
1991	0.0033	0.00349	0.00425
1992	0.0033	0.0044	0.0066
1993	0.0033	0.0078	0.016
1994	0.0033	0.0033	0.0033
1995	0.0033	0.0055	0.0066
1996	0.0033	0.0058	0.01
1997	0.0033	0.0033	0.0033
1998	0.0033	0.0052	0.0099
1999	0.0033	0.0049	0.0066
2000	0.0033	0.005	0.01
2001	0.0032	0.0041	0.0066

Nitratos mg/l

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	4.4	13.13	31.5
1990	11.8	24.9	45
1991	3.52	10.65	19.58
1992	1.32	6.49	13.42
1993	2.42	15.76	37.4
1994	1.54	3.69	8.36
1995	12.32	21.24	35
1996	7.9	16.61	26.4
1997	5.72	14.37	30.8
1998	3.3	12.67	30.8
1999	3.52	4.62	5.72
2000	3.48	7.87	17.8
2001	3.2	7.25	16.7

Cloruros mg/l

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	17.5	18.58	21
1990	10	14	19.5
1991	6	9.5	15
1992	6	8.33	11
1993	7.5	9	12.5
1994	5	9.3	15
1995	7	9	10
1996	6.5	7.25	8
1997	6	8	10
1998	7.5	8.8	10
1999	7	8.5	10
2000	7	13	18
2001	8	13	17

Fluoruros mg/l

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	0	0.107	0.2
1990	0.04	0.18	0.32
1991	0.04	0.145	0.25
1992	0	0.152	0.23
1993	0	0.136	0.48
1994	0.04	0.32	0.6
1995	0	0.3	0.64
1996	0	0.132	0.22
1997	0.05	0.16	0.27
1998	0.07	0.185	0.3
1999	0.13	0.165	0.2
2000	0.08	0.14	0.2
2001	0.1	0.2	0.3

Sulfatos mg/l

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	2	11.33	29
1990	3	22	41
1991	1	8.5	16
1992	1	12.5	24
1993	6	12.5	19
1994	1	6.5	12
1995	3	4.5	6
1996	2	3.5	5
1997	1	1.5	2
1998	1	3	5
1999	1	1.5	2
2000	2	6	10
2001	3	7	11

Hierro total mg/l

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	0.9	2.55	4.45
1990	0.7	1.692	2.22
1991	0.32	1.568	3.43
1992	0.19	1.302	3.43
1993	0.19	3.036	5.27
1994	0.15	0.888	1.97
1995	0.63	1.5	3.17
1996	0.63	1.817	4
1997	0.32	1.713	3.68
1998	0.07	6.122	7.9
1999	0.39	0.54	0.69
2000	0.8	1.44	2.5
2001	0.91	2.315	5.11

Dureza total mg/l

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	46	49.66	54
1990	44	49.5	56
1991	54	63.6	70
1992	54	61.66	72
1993	60	73.6	84
1994	56	67.2	76
1995	60	65.33	74
1996	56	65	86
1997	70	73.33	80
1998	50	64	70
1999	72	76	80
2000	45	49	52
2001	46	49.75	52

Sólidos  
totales mg/l

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	169	222.16	341
1990	139	191.25	221
1991	168	181	196
1992	144	180.166	233
1993	130	272.2	549
1994	149	165.2	170
1995	170	226.66	336
1996	151	228	380
1997	141	230	380
1998	112	151.2	200
1999	129	141.5	154
2000	180	187.75	200
2001	179	186.75	199

Sólidos volátiles

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	83	112.5	164
1990	83	101	118
1991	88	91.6	97
1992	81	92.83	100
1993	57	139.6	297
1994	79	87.8	101
1995	79	136.66	236
1996	79	116	181
1997	52	109.74	202
1998	44	63.6	102
1999	52	63.5	75
2000	55	81	95
2001	60	82.5	94

Sólidos fijos mg/l

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	82	109.66	177
1990	56	90.25	103
1991	79	89.4	99
1992	63	87.33	133
1993	73	132.6	252
1994	69	77.4	85
1995	79	90	100
1996	72	112	199
1997	72	113	178
1998	65	87.6	121
1999	77	78	79
2000	85	115.75	170
2001	85	112	165

Sólidos suspendidos mg/l

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	15	54.666	138
1990	16	62.25	97
1991	5	40.2	81
1992	6	47.1	150
1993	6	124.4	335
1994	7	23.4	53
1995	29	92.33	215
1996	20	120.75	279
1997	12	100	258
1998	6	48.2	110
1999	21	30.5	40
2000	7	83.75	198
2001	8	78.25	180

Bicarbonatos mg/l

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	58	73	84
1990	62	67.5	76
1991	72	84	110
1992	70	75	80
1993	68	78.8	90
1994	64	69.2	74
1995	66	72	76
1996	70	75	80
1997	62	71.33	80
1998	68	86	94
1999	90	99	108
2000	77	80.75	85
2001	80	83.25	88

Alcalinidad total mg/l

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	58	73	84
1990	62	67.5	76
1991	72	84	110
1992	70	75	80
1993	68	78.8	90
1994	64	69.2	74
1995	66	72	76
1996	70	75	80
1997	74	76.67	80
1998	68	86	94
1999	90	99	108
2000	76	82.25	88
2001	79	85	90

Detergentes mg/l

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	0	0	0
1990	0.003	0.024	0.05
1991	0.027	0.074	0.125
1992	0.02	0.057	0.08
1993	0.05	0.066	0.09
1994	0.02	0.128	0.45
1995	0.043	0.0965	0.15
1996	0.035	0.092	0.248
1997	0.023	0.148	0.306
1998	0.054	0.0924	0.117
1999	0.038	0.439	0.84
2000	0.044	0.063	0.08
2001	0.07	0.0725	0.075

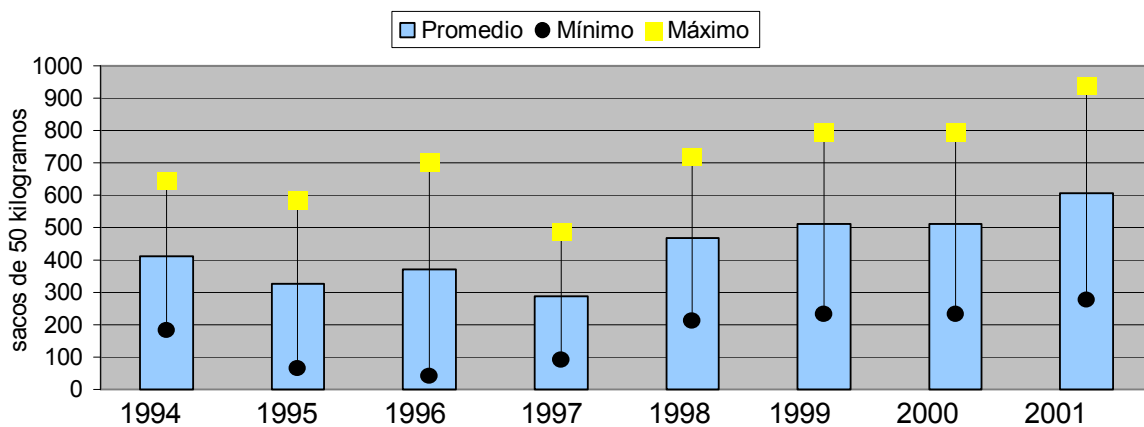
Coliformes totales NMP/100cc

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	24,000	24,000	24,000
1990	24,000	24,000	24,000
1991	15,000	51,800	150,000
1992	1,500	97,883.33	460,000
1993	240	126,060	240,000
1994	240	105,648	240,000
1995	24,000	168,000	240,000
1996	24,000	24,000	24,000
1997	24,000	24,000	24,000
1998	24,000	24,000	24,000
1999	24,000	132,000	240,000
2000	15,000	21,750	240,000
2001	21,000	23,250	24,000

Coliformes fecales NMP/100cc

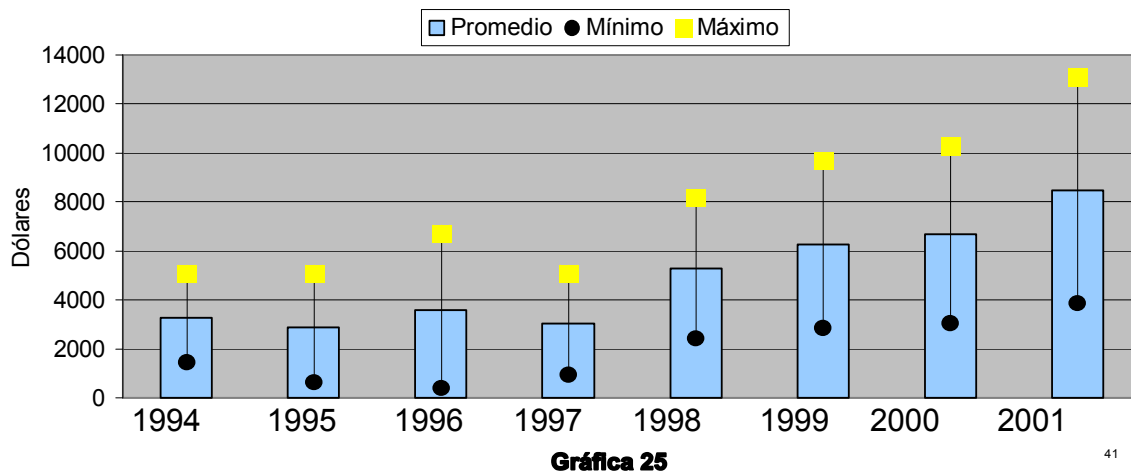
Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1989	24,000	24,000	24,000
1990	24,000	24,000	24,000
1991	7,500	23,300	46,000
1992	280	96,096.67	460,000
1993	240	126,060	240,000
1994	240	105,648	240,000
1995	2,400	160,800	240,000
1996	24,000	24,000	24,000
1997	24,000	24,000	24,000
1998	24,000	24,000	24,000
1999	24,000	24,000	24,000
2000	24,000	24,000	24,000
2001	24,000	24,000	24,000

Sulfato de aluminio  
Consumo planta Cambray



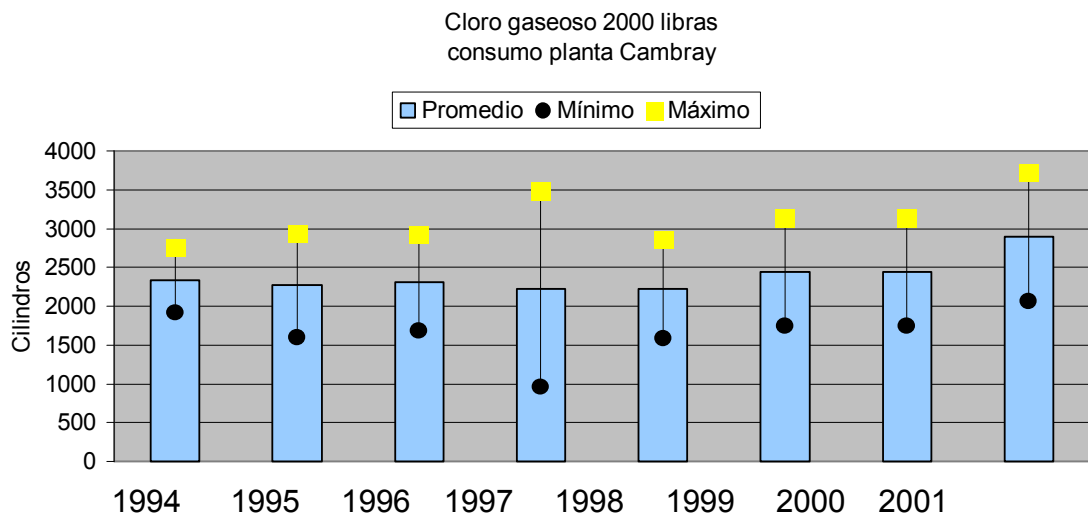
Gráfica 24

Sulfato de aluminio  
Costos planta Cambray



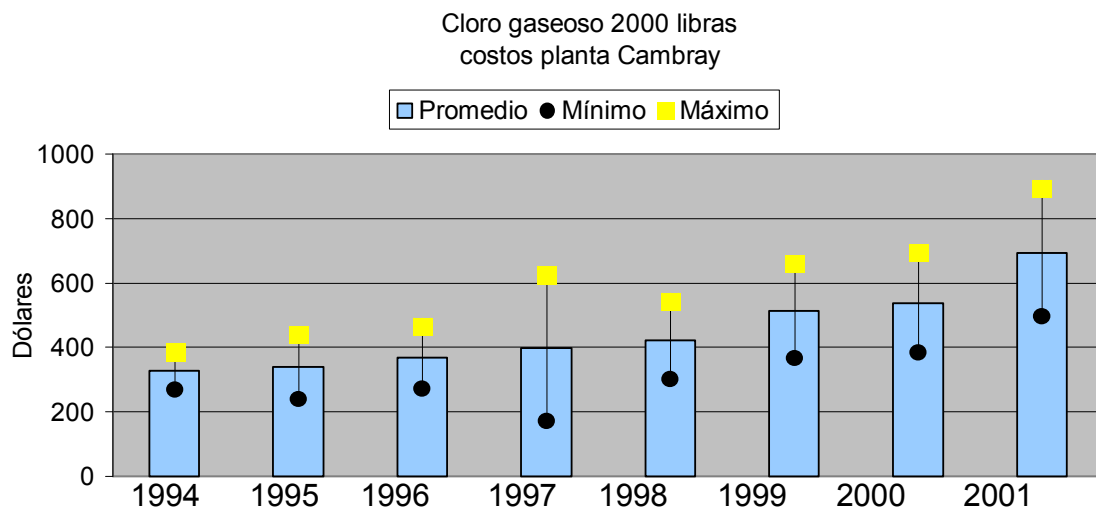
Gráfica 25





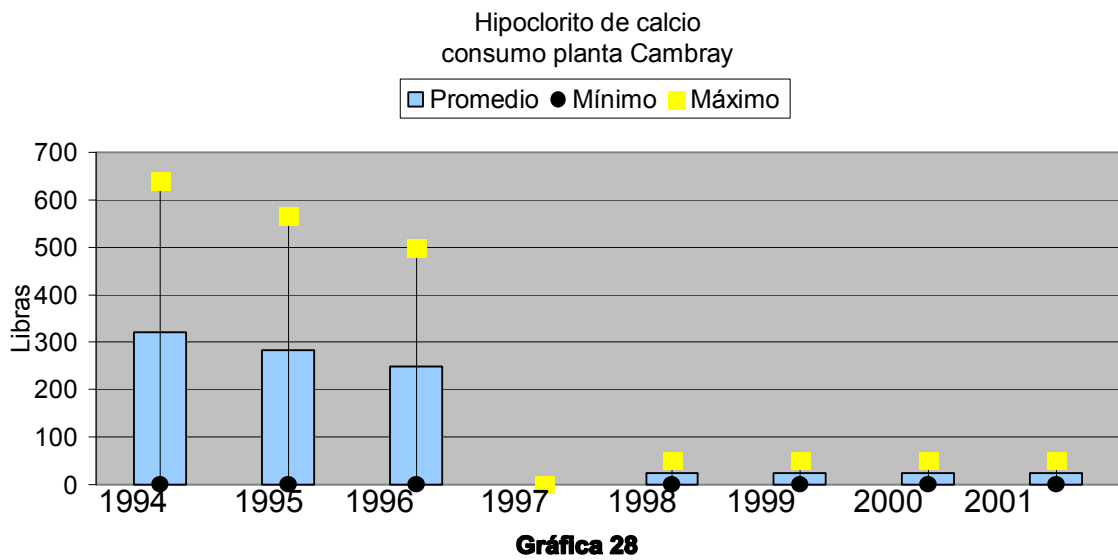
Gráfica 26

42

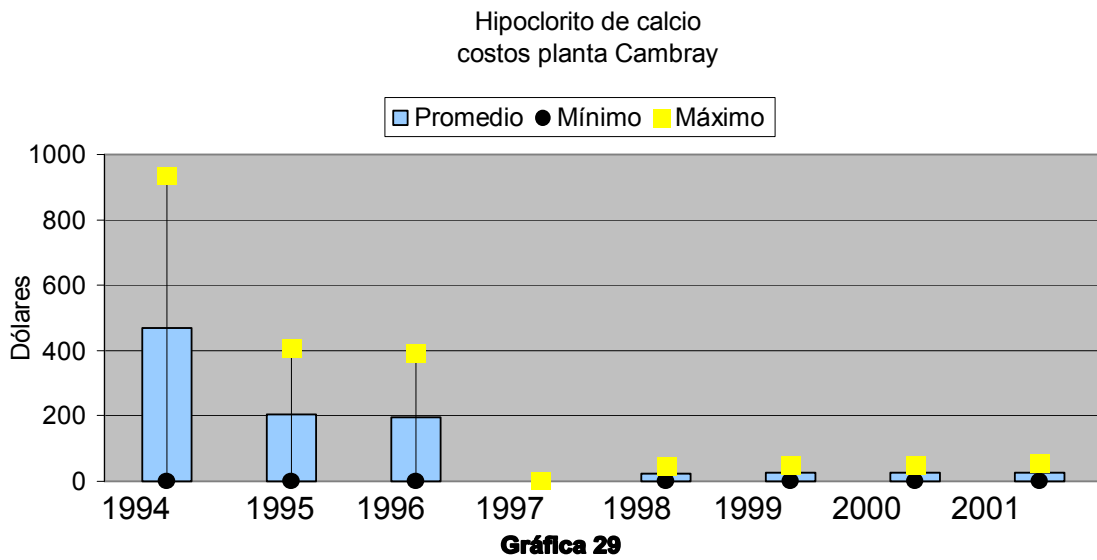


Gráfica 27

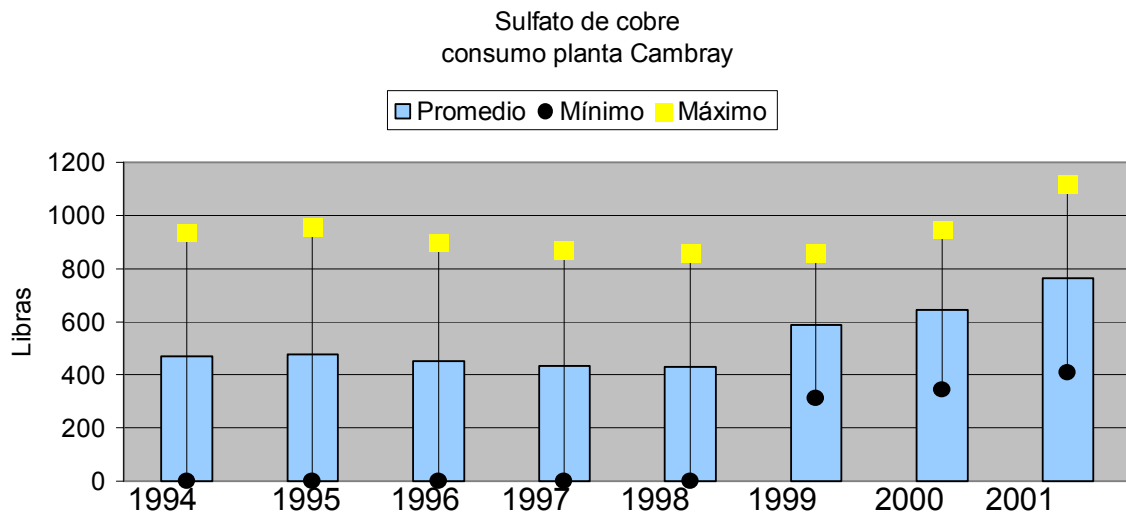
43



44

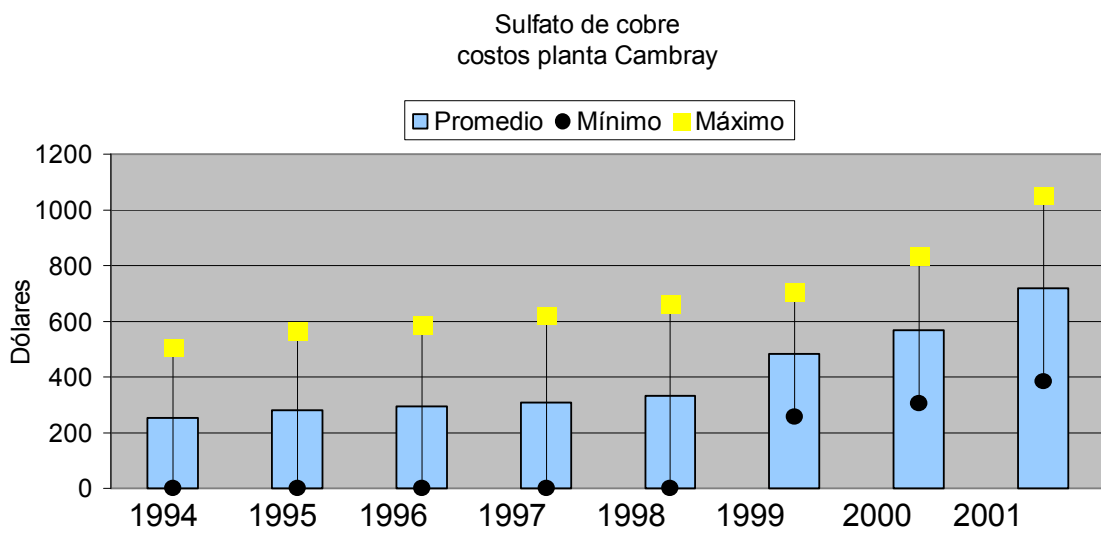


45



**Gráfica 30**

46



**Gráfica 31**

47

Sulfato de aluminio sacos de 50 kilogramos

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1994	183	413	643
1995	65	325.5	586
1996	42	372	702
1997	90	289	488
1998	212	466.5	721
1999	233.2	513.15	793.1
2000	233.2	513.15	793.1
2001	275.6	606.45	937.3

Cloro gaseoso 2000 libras

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1994	1913	2336	2759
1995	1595	2264.5	2934
1996	1687	2302.5	2918
1997	952	2216	3480
1998	1585	2223	2861
1999	1743.5	2445.3	3147.1
2000	1743.5	2445.3	3147.1
2001	2060.5	2889.9	3719.3

Hipoclorito de calcio en libras

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1994	0	320	640
1995	0	283	566
1996	0	248.5	497
1997	0	0	0
1998	0	25	50
1999	0	25	50
2000	0	25	50
2001	0	25	50

Sulfato de cobre en libras

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1994	0	468	936
1995	0	478	956
1996	0	450	900
1997	0	435	870
1998	0	430	860
1999	313	586.5	860
2000	344.3	645.15	946
2001	406.9	762.45	1118

Costos del sulfato de aluminio en dolares para la planta el Cambray

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1994	1451	3274.995	5098.99
1995	610.4	2860.16	5109.92
1996	402.78	3567.48	6732.18
1997	941.4	3022.94	5104.48
1998	2404.08	5290.11	8176.14
1999	2845.02	6260.42	9675.82
2000	3031.6	6670.95	10310.3
2001	3858.4	8490.3	13122.2

Costos del cloro gaseoso en dolares para la planta el Cambray

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1994	267.82	327.04	386.26
1995	239.25	339.675	440.1
1996	269.92	368.4	466.88
1997	171.36	398.88	626.4
1998	301.15	422.37	543.59
1999	366.13	513.51	660.89
2000	383.57	537.965	692.36
2001	494.52	693.575	892.63

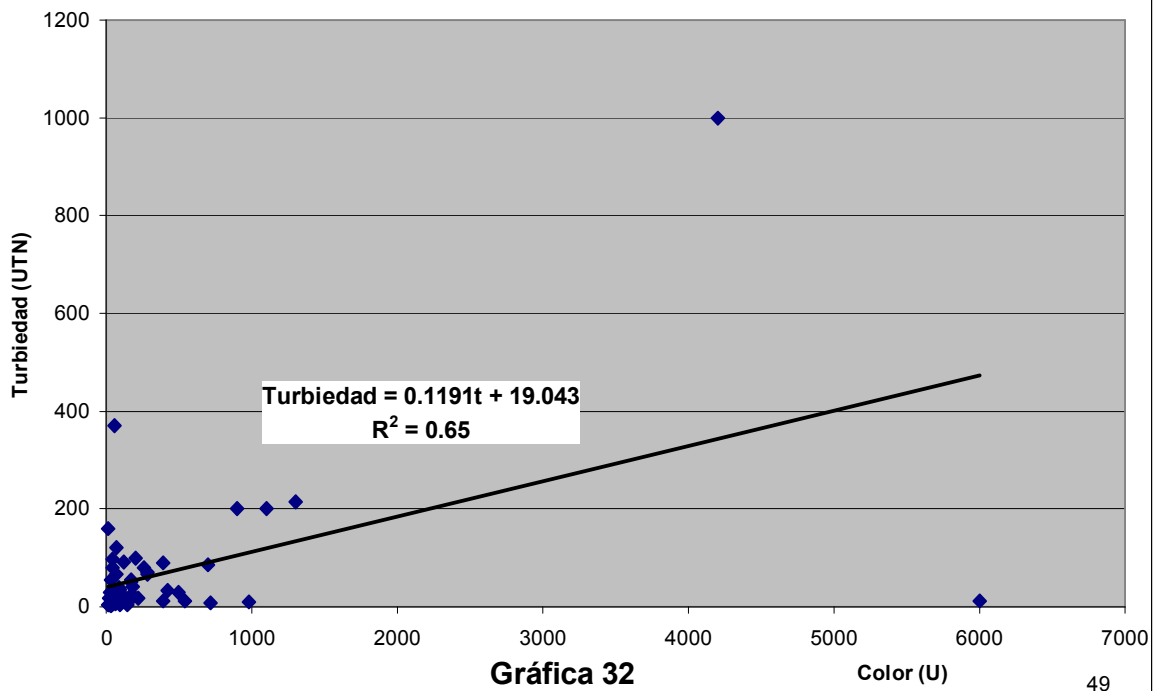
Costos del hipoclorito de calcio en dolares para la planta el Cambray

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1994	0	468	936
1995	0	203.76	407.52
1996	0	196.315	392.63
1997	0	0	0
1998	0	23.5	47
1999	0	25	50
2000	0	25	50
2001	0	27.5	55

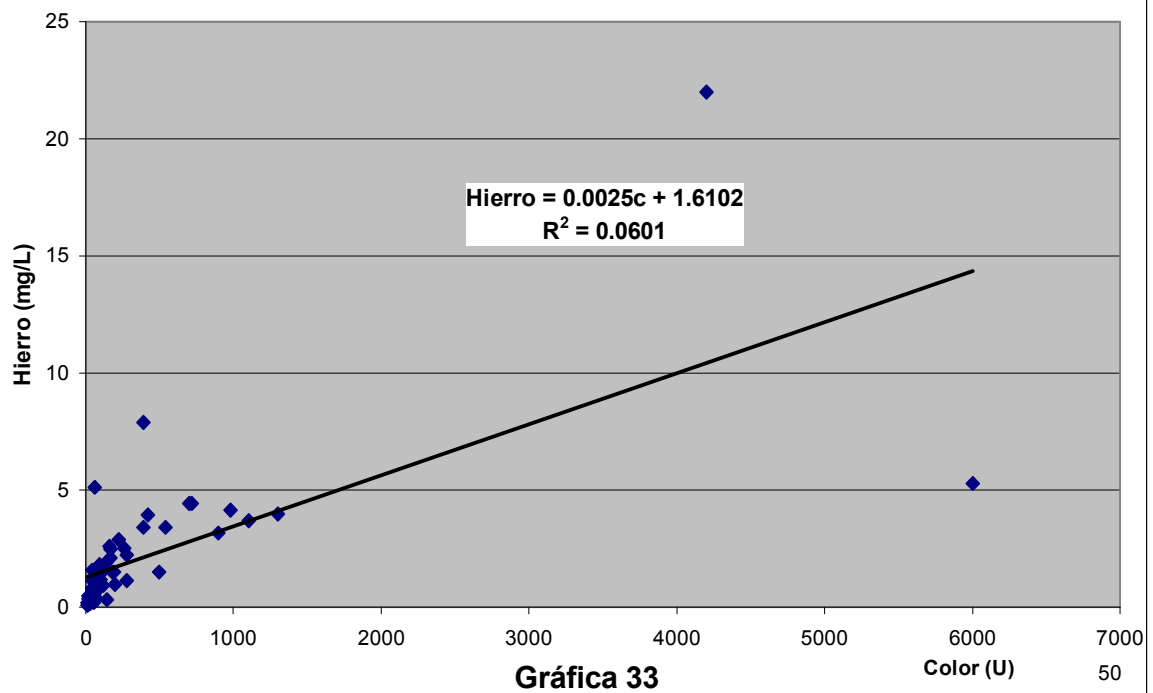
Costos del sulfato de cobre en dolares para la planta el Cambray

Fecha	Mínimo	Promedio	Máximo
1994	0	252.5	505
1995	0	282.02	564.04
1996	0	292.5	585
1997	0	308.85	617.7
1998	0	331.1	662.2
1999	256.66	480.93	705.2
2000	302.98	567.73	832.48
2001	382.48	716.7	1050.92

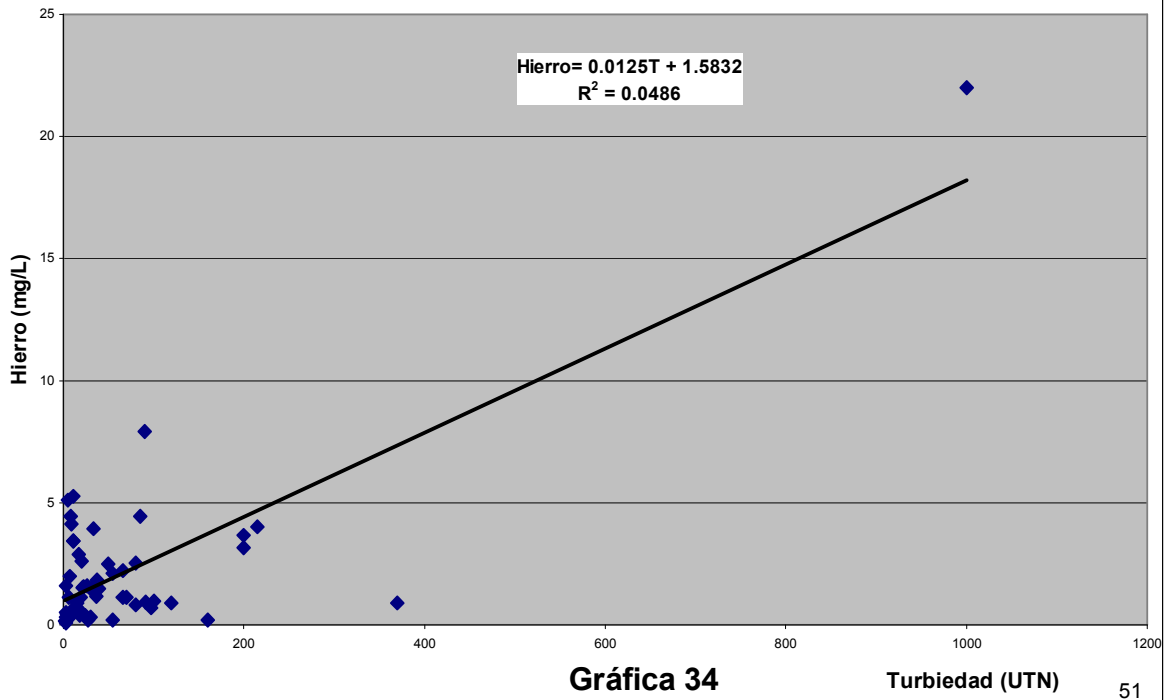
**Gráfico de regresión lineal de color vrs. turbiedad**



**Gráfico de regresión lineal de color vrs. hierro**



**Gráfico de regresión lineal de turbiedad vrs. hierro**



**Gráfico de regresión lineal de nitratos vrs. sulfatos**

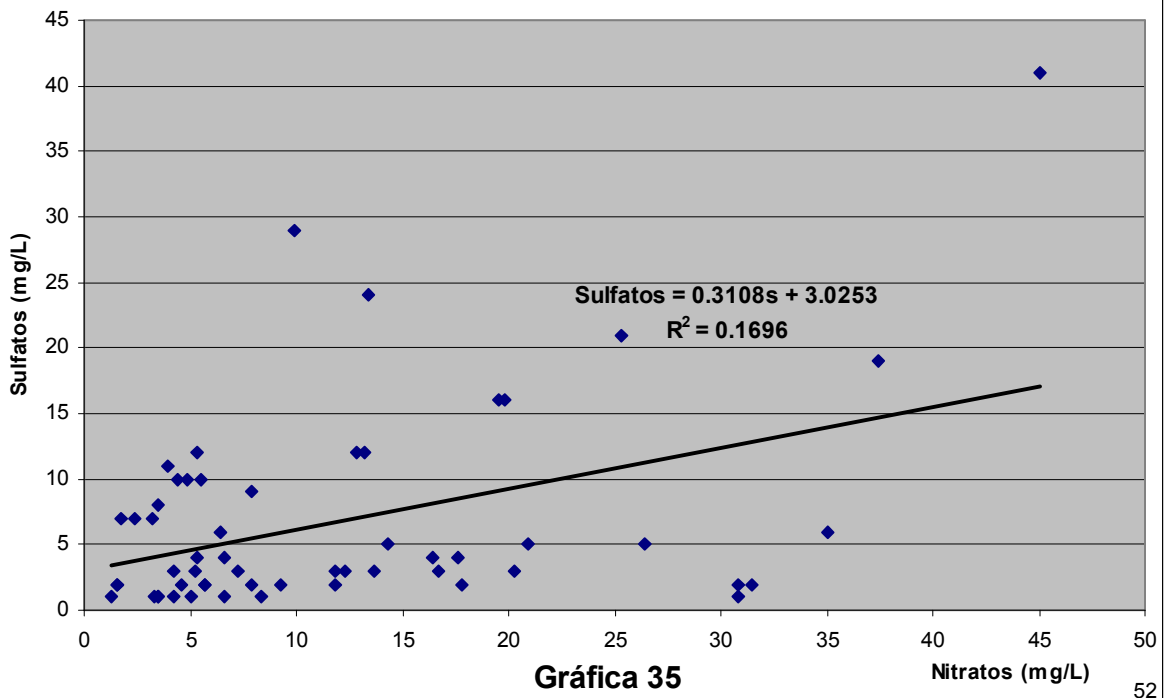


Gráfico de regresión lineal de cloruros vrs. dureza total

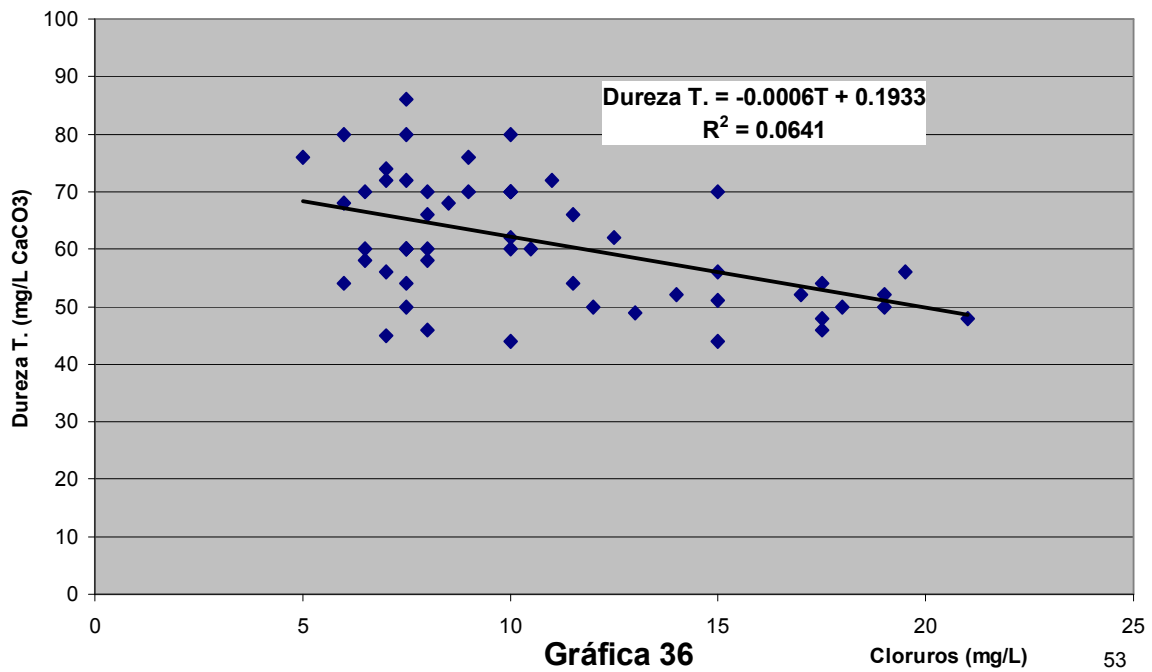
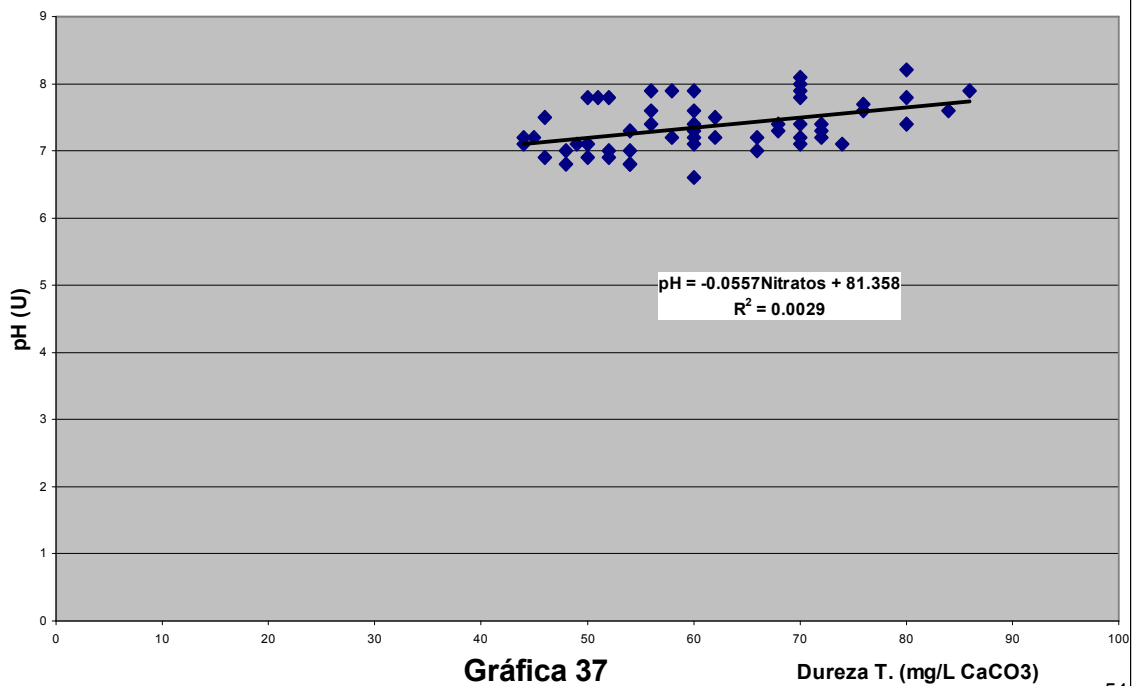


Gráfico de regresión lineal de dureza total vrs. pH



## DATOS DE CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD

Color	Turbiedad	Nitritos	Nitratos	Cloruros	Fluoruros	Sulfatos	Hierro	Dureza T	pH	Temp	Detergentes	Col Fecales
46	26	0.0033	31.5	21	0.09	2	1.59	48	7	17	0	24,000
72	120	0.0033	5.5	17.5	0.2	10	0.9	46	6.9	18	0	24,000
700	85	0.0033	9.9	17.5	0.07	29	4.45	54	7	19	0	24,000
420	33	0.0033	4.4	19	0	10	3.93	52	6.9	19	0	24,000
160	20	0.0033	13.2	19	0.16	12	2.6	50	7.1	17	0	24,000
90	38	0.0099	14.3	17.5	0.12	5	1.84	48	6.8	21	0	24,000
47	97	0.0033	17.6	19.5	0.04	4	0.7	56	7.4	19	0	24,000
120	91	0.0033	45	15	0.31	41	0.95	44	7.2	18	0.02	24000
220	17	0.165	25.3	11.5	0.32	21	2.9	54	6.8	17	0.003	24000
280	66	0.0033	11.88	10	0.14	3	2.22	44	7.1	17	0.05	24000
20	18	0.0033	3.52	11.5	0.25	1	0.38	66	7	16	0.125	24000
260	80	0.0033	13.64	7.5	0.04	3	2.54	54	6.8	16	0.09	15000
97	36	0.0033	7.26	7.5	0.19	3	1.17	60	7.2	17	0.045	24000
540	11	0.00425	19.58	15	0.05	16	3.43	70	7.1	15	0.085	7500
145	3.5	0.0033	9.24	6	0.21	2	0.32	68	7.3	22	0.027	46000
58	27	0.0033	4.62	8	0.15	2	0.2	58	7.2	16	0.05	1500
32	55	0.0033	1.32	6	0.19	1	0.19	54	7.3	16	0.06	460000
190	21	0.0066	7.92	6.5	0	9	1.52	60	7.1	16	0.075	280
390	11	0.0066	13.42	8	0.17	24	3.43	66	7.2	14	0.02	110000
97	3	0.0033	6.6	11	0.23	4	1.59	72	7.4	15	0	2400
59	370	0.0033	5.06	10.5	0.17	1	0.88	60	7.6	21	0.08	2400
12	160	0.016	6.38	12.5	0.48	6	0.19	84	7.6	20	0.05	240,000
6000	11	0.0066	12.8	9	0	12	5.27	76	7.6	19	0.06	24000
980	9	0.0099	37.4	8.5	0	19	4.13	68	7.4	18	0.09	240
720	8	0.0033	19.8	7.5	0	16	4.45	80	7.4	14	0.05	240,000
44	5.8	0.0033	2.42	7.5	0.2	7	1.14	60	7.3	14	0.08	240
37	3.6	0.0033	1.76	5	0.606	7	0.44	76	7.7	19	0.06	240,000
25	30	0.0033	1.54	7.5	0.24	2	0.32	72	7.2	17	0.02	24000
120	22	0.0033	5.28	6.5	0.07	12	1.56	70	7.2	17	0.03	24,000
140	7	0.0033	8.36	12.5	0.19	1	1.97	62	7.5	15	0.45	240000
31	2.4	0.0033	1.54	15	0.04	2	0.15	56	7.6	19	0.08	240000
900	200	0.0066	12.32	10	0.64	3	3.17	62	7.2	17	0.043	2400
65	17	0.0033	35	7	0.26	6	0.63	74	7.1	19	0.096	240000
59	15	0.0066	16.4	10	0	4	0.7	60	6.6	15	0.15	24000
61	14	0.0033	26.4	7	0.22	5	0.63	56	7.9	14	0.051	24000
1300	215	0.01	20.24	8	0.12	3	4	60	7.9	22	0.248	24000
280	70	0.0033	11.88	7.5	0	2	1.15	86	7.9	17	0.035	24000
180	40	0.0066	7.92	6.5	0.19	2	1.49	58	7.9	17	0.035	24000
34	6.6	0.0033	6.6	10	0.05	1	0.32	70	8.1	14	0.115	24000
68	19	0.0033	5.72	6	0.06	2	1.14	80	8.2	23	0.023	24000
1100	200	0.0033	30.8	8	0.27	2	3.68	70	8	18	0.306	24000
15	3.00	0.0033	3.3	10	0.07	1	0.07	70	7.9	15	0.085	24000
20	3	0.0033	4.18	10	0.07	3	0.5	70	7.8	17	0.09	24000
20	3.3	0.0066	4.18	7.5	0.3	1	0.14	50	7.8	18	0.116	24000
390	90	0.0033	20.9	7.5	0.2	5	7.9	60	7.4	19	0.117	24000
4200	1000	0.0099	30.8	9	0.2	1	22	70	7.4	20	0.054	24000
62	12	0.0066	3.52	7	0.13	1	0.69	72	7.3	21	0.84	24000



70	24	0.0033	5.72	10	0.2	2	0.39	80	7.8	21	0.038	24000
42	80	0.0033	3.48	7	0.17	8	0.8	45	7.2	19	0.08	24000
200	100	0.01	5.3	14	0.2	4	0.96	52	7.8	21	0.05	24000
498	30	0.0033	4.9	18	0.13	10	1.5	50	6.9	22	0.044	24000
170	50	0.0033	17.8	13	0.08	2	2.5	49	7.1	20	0.078	24000
80	15	0.0033	3.2	8	0.3	7	0.91	46	7.5	21	0.07	24000
60	5	0.0066	5.2	15	0.22	3	5.11	51	7.8	18	0.07	24000
72	66	0.0032	3.9	17	0.14	11	1.14	52	7	20	0.074	24000
168	55	0.0033	16.7	12	0.1	3	2.1	50	7.1	23	0.075	24000

**MATRIZ DE CORRELACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD  
FACTORES DE CORRELACIÓN**

	Turbiedad	Nitritos	Nitratos	Cloruros	Fluoruros	Sulfatos	Hierro T	Dureza T	pH	Temp.	Detergentes	Col. Fec.
Color	0.490633	0.010659	0.26316	0	-0.1255	0.094786	0.67121 5	0.2256566 7	0	0.12055	-0.00392	-0.09576672
Turbiedad		-0.00816	0.26695	-0.015294	0.145347	-0.118841	0.78343 2	0.0493797 7	0.05531 7	0.24257	-0.01464	-0.08554347
Nitritos			0.18912	0.0225445	0.177243	0.247035	0.06643 9	-0.0697181	0.18939 8	-	-0.07335	-0.04118927
Nitratos				0.0889106	-0.0352	<b>0.411834</b>	0.39151 9	-0.042275	0.12492 3	-0.0413	-0.0428	-0.08902277
Cloruros					-0.1651	0.245876	0.00716 7	-0.4705181	0.37633 6	0.1501	-0.2248	-0.15487051
Fluoruros						-0.023384	-0.05466	<b>0.0224092</b> 1	-	0.0809	-0.0213	0.20952716
Sulfatos							0.08225 7	-0.1589933	0.32825 4	-0.1195	-0.2448	-0.04730043
Hierro								0.0684259 4	-	0.0908	-0.0301	-0.12130048
Dureza									<b>0.44485</b> 5	-0.1024	0.162	0.20187934
pH										0.0731	0.1358	0.06811337
Temperatura											0.0692	-0.10936035
Detergentes												0.07691055

La metodología empleada de matriz de correlación para los parámetros de calidad del agua establece que una variable correlaciona entre ella y correlaciona los demás parámetros, estableciendo que lo que aparece en negrilla tiene un buen factor de correlación, por lo cual se pueden descartar los demás resultados ya que no tienen ningún significativo.

## 13. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### Al efectuar el análisis estadístico de los datos se pudo establecer lo siguiente:

- La tendencia del parámetro **Color** se puede observar en la gráfica No.1, generalmente se mantiene sin mucha variación exceptuando los años 1993 y 1998, que es cuando se incrementan, y alcanzan valores máximos de 6000U y 4200U respectivamente. El valor máximo promedio fue de 1551U y se registró en 1993; el valor mínimo promedio fue de 70.6 U en 1994; el valor mínimo se alcanzó en 1993 fue de 12U. Sólo en los años 1990, 1994, 1999 y 2001 se cumplió con la norma de fuentes de agua de la Organización Mundial de la Salud OMS que establece que el valor máximo respecto al color ha de fijarse en 300 unidades, basándose en que una cifra menor señala una calidad aceptable para el tratamiento, pero, si se sobrepasa puede ser preciso un tratamiento especial para que el agua satisfaga las normas establecidas para el agua potable.
- La tendencia del parámetro **Turbiedad** se puede observar en la gráfica No.2. Generalmente se ha mantenido estable, excepto, en los años 1993 y 1998, donde alcanza los valores máximos de 370 UTN y 1000 UTN respectivamente. El valor máximo promedio fue de 220 UTN y se registró en 1998, el valor mínimo promedio fue de 12 UTN en 1994 y el valor mínimo lo alcanzó en 1994, con un valor de 2.4 UTN.
- El parámetro **pH** se mantiene estable, varía entre 6.5 pH a 8 pH como se observa en la gráfica No.3.
- El parámetro **Temperatura** se mantiene estable, según la gráfica No.4. El valor más alto se registró en 1997 y 2001, con un valor de 23°C; el valor máximo promedio fue de 21°C y se registró en 1999; el valor mínimo promedio fue de 16°C y se registró en 1991 y el valor mínimo ocurrió en los años 1992, 1993, 1994, 1996 y 1997, con un valor de 14°C.
- El parámetro de **Conductividad eléctrica** no registra mucha variación, excepto en 1993, cuando registra el valor máximo de 233µmhos/cm. El valor máximo promedio fue de 178.33µmhos/cm registrándose en 1997; el valor mínimo

promedio fue de 157 $\mu$ mhos/cm, registrándose en 1996 y el valor mínimo se registra en 1991, con un valor de 70 $\mu$ mhos/cm gráfica No.5

- El parámetro **Nitrógeno** registró los valores máximos en los años 1991, 1993 y 1996, con valores de 0.13 mg/l, 0.112 mg/l y 0.118 mg/l. En todos los años cumplió con la norma de fuentes de agua de la Organización Mundial de la Salud OMS, la cual establece que el nitrógeno se encuentran dentro del grupo cuatro, el cual describe que son indicadores químicos de contaminación; el límite máximo de contaminación para este parámetro es 1mg/l; el valor máximo promedio fue de 0.065 mg/l, se registró en 1996; el valor mínimo promedio fue de 0.046 mg/l, en 1992 y 1994 y el mínimo se registra en 1991, con un valor de 0.03 mg/l. Lamentablemente, no se pudieron analizar los años 1989, 1990 y de 1997 al 2001 por falta de información de ese parámetro, gráfica No.6
- El parámetro **Amoniaco**, en la mayoría de los años, se mantiene bastante estable excepto en 1996, 1997, 1998 y 2000, en donde registró valores máximos de 0.22 mg/l, 0.207 mg/l, 0.78 mg/l y 0.5 mg/l respectivamente. En 1999 presenta valores altos de máximo y mínimo promedio, pero es porque solamente se cuenta con dos registros para ese año, sólo en 1998 no se cumplió con la norma de fuentes de agua de la Organización Mundial de la Salud OMS la cual establece que el amoniaco se encuentra dentro del grupo cuatro, el cual describe que son indicadores químicos de contaminación, el límite máximo de contaminación para este parámetro es de 0.5 mg/l y el valor para ese año fue de 0.78 mg/l, mientras que el mínimo se registra en el 2000, con un valor de 0.014 mg/l, además, lamentablemente no se cuenta con los registros de 1989 y 1990 gráfica No.7.
- El parámetro de **Nitritos** se presenta en la gráfica No.8, generalmente no varía mucho año con año, con la excepción de 1990, cuando el valor máximo se registró en 0.165 mg/l. El valor máximo promedio fue de 0.043 mg/l registrado en 1990; el valor mínimo promedio fue de 0.0033 mg/l en 1994 y 1997 y el mínimo se da en el 2001 con un valor de 0.0032 mg/l.
- El parámetro de **Nitratos**, según la gráfica No.9, no varía demasiado año con año y en todos los años cumplió con la norma de fuentes de agua de la Organización Mundial de la Salud OMS, la cual establece que el nitrato se encuentra dentro del grupo dos, el cual indica que es componente peligroso para la salud, el límite máximo es de 45 mg/l; el máximo se registró en 1990, con un valor de 45 mg/l; el valor máximo promedio fue de 24.9 mg/l también en 1990; el valor mínimo promedio fue de 3.69 mg/l, en 1994 y el mínimo en 1992, con un valor de 1.32 mg/l.
- El parámetro de **Cloruros** en 1989, es cuando registró su valor máximo de 21 mg/l, el valor máximo promedio fue de 18.58 mg/l en 1989; el valor mínimo promedio fue de 7.25 mg/l en 1996 y en 1994 obtiene el valor mínimo de 5 mg/l gráfica No.10.

- El parámetro de **Fluoruros**, representado en la gráfica No.11, indica que para todos los años cumplió con la norma de fuentes de agua de la Organización Mundial de la Salud OMS, ya que ésta establece que los fluoruros se encuentran dentro del grupo dos, el cual indica que son componentes peligrosos para la salud; el límite máximo es de 1.5 mg/l y el valor máximo lo registró en 1995, fue de 0.64 mg/l; el valor máximo promedio fue de 0.32 mg/l en el año 1994. El valor mínimo promedio fue de 0.107 mg/l, en 1989 y el mínimo se produjo en los años 1989, 1992, 1993, 1995, y 1996, con un valor de 0 mg/l.
- El parámetro de **Sulfatos**, según la gráfica No.12, indica que sus valores más altos se registraron en los años 1989, 1990 y 1992, los cuales son 29 mg/l, 41 mg/l y 24 mg/l respectivamente, el valor máximo promedio fue de 22 mg/l en 1990; el valor mínimo promedio fue de 1.5 mg/l obtenido en 1997 y 1999 y el mínimo se presenta en 1991, 1992, 1994, 1997 y 1998, con un valor de 1 mg/l.
- El parámetro **Hierro total**, representado en la gráfica No.13, indica que para todos los años evaluados cumplió con la norma de fuentes de agua de la Organización Mundial de la Salud OMS, ya que la misma establece que el Hierro Total se encuentra dentro del grupo uno, el cual indica que es un compuesto que influye sobre la potabilidad del agua siendo el límite máximo de 50 mg/l, el valor máximo que se registró en el año 1998 fue de 7.9 mg/l, en ese mismo año también se registró el valor mínimo el cual fue de 0.07 mg/l; el valor máximo promedio fue de 6.12 mg/l registrado en 1998, el valor mínimo promedio fue de 0.54 mg/l en 1999.
- El parámetro de **Dureza total** representado en la grafica No.14 se muestra bastante uniforme en los años analizados, registra su máximo en el año 1996 con un valor de 86 mg/l; el valor máximo promedio fue de 73.6 mg/l en 1993, el valor mínimo promedio fue de 49 mg/l, en el 2000, y el mínimo en 1990 con un valor de 44 mg/l.
- El parámetro **Sólidos totales**, representado en la gráfica No.15, no varía mucho año con año, excepto en 1993, cuando registró el valor máximo de 549 mg/l; el valor máximo promedio fue de 272.2 mg/l, obtenido en 1993; el valor mínimo promedio fue de 141.5 mg/l en 1999 y en el año 1998 se registra el valor mínimo de 112 mg/l.
- El parámetro **Sólidos volátiles**, representado en la gráfica No.16, registró un valor máximo de 297 mg/l en 1993, el valor máximo promedio fue de 139.6 mg/l, registrándolo también en 1993; el valor mínimo promedio fue de 63.5 mg/l, en 1999 y registró un valor mínimo de 44 mg/l en 1998.
- El parámetro **Sólidos fijos**, representado en la gráfica No.17 registró un valor máximo de 252 mg/l en 1993, el valor máximo promedio fue de 132.6 mg/l registrándolo también en 1993; el valor mínimo promedio fue de 77.4 mg/l, registrado en 1994 y un valor mínimo de 56 mg/l en 1990.

- El parámetro **Sólidos suspendidos**, representado en la gráfica No.18, registró un valor máximo de 335 mg/l en 1993, el valor máximo promedio fue de 124.4 mg/l registrado también en 1993, el valor mínimo promedio fue de 23.4 mg/l, registrado en 1994 y el valor mínimo fue de 5 mg/l en el año 1991.
- El parámetro **Bicarbonatos**, representado en la gráfica No.19, registró un valor máximo de 110 mg/l en 1991; el valor máximo promedio fue de 99 mg/l en 1999; el valor mínimo promedio fue de 67.5 mg/l, en 1990 y el valor mínimo fue de 58 mg/l en 1989.
- El parámetro **Alcalinidad total**, representado en la gráfica No.20, registró un valor máximo de 110 mg/l en 1991; el valor máximo promedio fue de 99 mg/l registrado en 1999; el valor mínimo promedio fue de 67.5 mg/l, en 1990 y el valor mínimo fue de 58 mg/l, en 1989.
- El parámetro **Detergentes**, representado en la gráfica No.21, registró un valor máximo de 0.84 mg/l en 1999; el valor máximo promedio fue de 0.439 mg/l, también en 1999; el valor mínimo promedio fue de 0 mg/l, en 1989 y el valor mínimo fue de 0 mg/l, también en 1989. Solo en 1999 no se cumplió con la norma de fuentes de agua de la Organización Mundial de la Salud OMS, la cual establece que los sulfonatos de alquilbencilo se encuentra dentro del grupo uno, el cual describe que son compuestos que influyen sobre la potabilidad del agua el límite máximo de contaminación para este parámetro es de 0.5 mg/l y el valor para ese año fue de 0.84 mg/l
- Los parámetros de **Coliformes totales y fecales**, representados en las gráficas No.22 y No.23, que en 1989, 1990, 1991, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000 y 2001 se cumplió con la norma de fuentes de agua de la Organización Mundial de la Salud OMS, ya que la misma establece cuatro clasificaciones que a continuación se describen: I). Calidad bacteriológica, que no exige más que un simple tratamiento de desinfección, el rango es 0-50 NMP/100cc. II). Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de métodos de tratamiento (coagulación, filtración, desinfección), el rango es 50-5000 NMP/100cc. III). Contaminación intensa que obliga a tratamientos más activos, el rango es 5000- 50000. IV). Contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales; estas fuentes sólo se utilizan en último extremo, el rango es mas de 50000 NMP/100cc, mientras el valor máximo fue de 460,000 NMP/100cc ocurrido en 1992; el valor máximo promedio fue de 160,800 NMP/100cc, ocurrido en 1995; el valor mínimo promedio fue de 240 NMP/100cc, en 1993 y 1994.

Como comentario general de los parámetros mencionados anteriormente se pudo establecer que los valores máximos se dan en mayo, junio, agosto, septiembre y octubre y los valores mínimos se dan enero, febrero, marzo, abril y mayo. También se estableció que la contaminación sí ha aumentado con el tiempo, debido a que los

valores mínimos de los parámetros se encuentran más cercanos a 1989 y 1990 y los valores máximos se encuentran más cercanos al 2000 y 2001, con excepción de 1993 y 1998, que son los que varían la tendencia del resto de los años debido a eventos especiales, tal es el caso del Huracán Calvin, que estuvo más cerca del territorio nacional, también la tormenta tropical Arlene afectó del 18 al 21 de junio. La tormenta tropical Bret afectó del 4 al 11

agosto; la tormenta tropical Cindy afectó del 14 al 17 de agosto; la tormenta tropical Dennis, del 23 al 28 de agosto; el huracán Emily de categoría III, del 22 de agosto al 6 de septiembre; el huracán Flond de categoría I, del 7 al 13 de septiembre; el huracán Gert de categoría II, del 14 al 21 de septiembre y el huracán Harvey de categoría I, del 18 al 21 de septiembre, todos del año 1993 y, por último, la tormenta tropical Mitch, que afectó al territorio nacional a finales de octubre y principios de noviembre en 1998 (Fuente INSIVUMEH).

Al efectuar el análisis estadístico de los químicos utilizados en el tratamiento del agua para consumo humano, tal es el caso del sulfato de aluminio, cloro gaseoso y el sulfato de cobre, la tendencia de las gráficas es a aumentar el consumo año con año, al igual que con los costos de los mencionados químicos. Caso contrario ocurre con el Hipoclorito de Calcio, la tendencia ha sido disminuir el consumo y, por consiguiente, los costos para este químico.

Al efectuar el análisis estadístico de correlación se pudo establecer que existe muy buen factor de correlación entre las variables color / turbiedad que es de 0.49; así como el color / hierro 0.67; turbiedad / hierro 0.78, las variables nitritos / sulfatos 0.41; cloruros / dureza total 0.47 y dureza total / pH 0.44 en la vertiente del río Pinula. Se puede afirmar lo anterior ya que esta vertiente pertenece a la parte alta de la microcuenca del río Pinula, en donde las descargas son de tipo doméstico y sedimentos que son arrastrados hacia el río Pinula, aumentan el **color y la turbiedad**. Estos parámetros físicos pueden ser derivados de desechos orgánicos, hojas, maderas, raíces, en diferentes estados de descomposición y la presencia de taninos, ácido húmico entre otros. Es importante mencionar que para que exista una buena correlación, los valores deben estar cercanos, iguales o mayores a 0.5.

Esta vertiente, también comprende una área plana que se encuentra a lo largo y ancho de la microcuenca y representa el 65.9% del área total (48.94 km<sup>2</sup>) en donde existen demasiadas urbanizaciones, cuyas descargas orgánicas son vertidas, en muchos casos, sin ningún tratamiento, esto hace que al analizar ciertas variables independientes (como el hierro) con otras dependientes (como el color) no tengan buena correlación.

Esto puede explicarse por el exceso de descargas domésticas, las cuales interfieren en las lecturas de elementos inorgánicos como el hierro.

Con respecto al análisis de la Desviación Estándar, se pudo establecer que es inversamente proporcional al factor de correlación, esto indica que mientras más alto es el valor de Desviación Estándar, es menor el valor del factor de correlación. Es bien importante tomar en cuenta la hora y la época del año en que se tomó la muestra, ya que estos factores, incluso la calibración de los equipos, podrían proporcionar datos erróneos que podrían variar la lectura de los resultados.

En el caso de la gráficas de los parámetros físicos químicos y microbiológicos que se encuentran en los anexos, registran el número de valores en los meses trabajados en cada uno de los años, pasando del último valor registrado de cada año al primer valor registrado del siguiente año y comparados con la norma de fuentes de agua de la Organización Mundial de la Salud, lo cual ya fue analizado anteriormente.



## 14. CONCLUSIONES

1. La hipótesis planteada fue comprobada afirmativamente, debido a que la contaminación que presentan las aguas superficiales del río Pinula se incrementó durante el período estudiado, comprendido entre 1989 a 2001, producto de las descargas de aguas residuales domésticas e industriales, sin tratar que son enviados a dicho cuerpo de agua.
2. Los parámetros: amoníaco, nitrógeno, nitratos, fluoruros y hierro durante el período de 1989 al 2001, cumplieron con la norma de fuentes de agua de la Organización Mundial de la Salud OMS, mientras que los valores del color, principalmente en la época de invierno, se encontraron por arriba de los límites máximos permisibles de la norma de fuentes de agua de la OMS.
3. Los resultados de los coliformes totales y fecales en 1992, 1993, 1994 y 1995 se encontraron en la categoría IV de la norma de fuentes de agua de la OMS, la cual establece que la contaminación es muy intensa y se hace inaceptable para potabilizarla, a menos que se recurra a tratamientos especiales.
4. Producto del incremento de la contaminación del agua los insumos para potabilizar el agua han aumentado con el tiempo en un 60% con respecto a 1994.
5. El análisis estadístico demostró que existen adecuadas correlaciones lineales entre los parámetros (color / turbiedad =0.49), (color / hierro total =0.67), (turbiedad / hierro total =0.78), (nitratos / sulfatos =0.41), (cloruros / dureza total =0.47), y (dureza total / pH =0.44).
6. El crecimiento no planificado de la ciudad de Guatemala ha influido negativamente en el uso y manejo del suelo, agua y bosque, esto ha creado un deterioro ambiental, especialmente del recurso hídrico, en la microcuenca del río Pinula.

7. Debido al crecimiento de la población, según el censo del año 1994 elaborado por Instituto Nacional de Estadística INE, el número de habitantes con influencia dentro de la microcuenca para Santa Catarina Pinula fue de 3,861 hab., comparado con el censo elaborado por el INE en el 2002, el número de habitantes con influencia dentro de la microcuenca para Santa Catarina Pinula es de 6,377hab. Por la misma influencia que este municipio tiene dentro de la cuenca y el número de personas que ahí viven, ha aumentado la contaminación de las aguas superficiales.

## **15. RECOMENDACIONES**

1. Implementar y ejecutar planes de manejo integral a la cuenca y a la microcuenca del río Pinula a efecto de protegerla y, con ello, disminuir la contaminación producto de las descargas de aguas residuales de origen doméstico e industrial.
2. En conjunto, las municipalidades de Santa Catarina Pinula y de Guatemala, a través del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, se deben pronunciar con el fin de proteger y evitar la contaminación del río Pinula y sus afluentes por las aguas residuales de origen doméstico e industrial que se producen en dichos sectores.
3. Es necesario implementar un plan de educación ambiental para realizar un cambio de conducta en la población y en las autoridades municipales y, con ello, hacer conciencia del uso de la microcuenca del río Pinula, ya que la utilización racional del recurso hídrico dará en el futuro garantía de un mayor provecho de los caudales, tanto en cantidades como en una mejor calidad de los mismos.
4. La municipalidad de Guatemala debe coordinar, a través de la Empresa Municipal de Agua EMPAGUA, las políticas y estrategias necesarias con la municipalidad de Santa Catarina Pinula para proteger la parte alta de la microcuenca del río Pinula que es de donde se abastece en estos momentos la planta de tratamiento el Cambray. Lo anterior contribuirá a detener o disminuir la contaminación que se está generando, ya que si esta sigue en aumento, como lo demuestra el análisis estadístico, según la norma de fuentes de agua de la OPS/OMS, llegará el momento en que esta fuente de abastecimiento será inaceptable debido al alto grado de contaminantes que llevan las aguas del río Pinula.

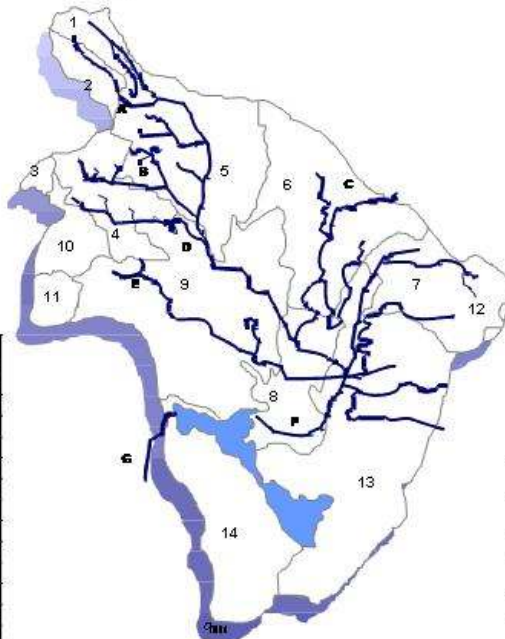
## 16. BIBLIOGRAFÍA

1. Cordon y Mérida ingenieros. **Proyecto de evaluación del problema erosión y transporte de sedimentos en la cuenca del Lago de Amatitlán.** Informe final AMSA . Guatemala. 1997.
2. Cordon y Mérida – ESI, ingenieros. **Estudio Hidrológico de la cuenca del Río Villalobos.** Informe final AMSA. Guatemala. 2002
3. Escobar Vicente. **Plan de manejo integrado de la subcuenca del Lago de Amatitlán.** 2005 tomo A. Guatemala. 1997.
4. García García Hayro Oswaldo. **Cuantificación de la calidad del agua del río Villalobos en época seca y lluviosa en un periodo de 24 horas dos veces al mes en un punto previo a la entrada al lago de Amatitlán.** Estudio especial Lic. Hayro García. Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos Facultad de Ingeniería, 2002. 24pp.
5. Instituto Nacional de Estadística. **Censo Poblacional Población Urbana y Rural .**Guatemala. 1994 y 2002.
6. Lopera Posada, Tatiana. **Plan preliminar de manejo integral de la microcuenca del río Pinula con énfasis en el recurso Hídrico.** Tesis Ing. Civil. Universidad del Valle de Guatemala, Departamento de Ingeniería Civil, 1997. 96pp.
7. Muñiz Antonio. **Pronostico de Aspectos Sanitarios Informe final presentado a la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán, AMSA.** Guatemala. 1996.
8. **Normas Internacionales para el Agua potable Organización Mundial de la Salud OMS** Ginebra 1964, traducción Española de la 2ª edición Inglesa P.38-41.
9. Organización Panamericana de la Salud OPS. **Guías para la calidad de agua potable volumen 2.**

**ANEXOS**

I. PLANO DE LA CUENCA DEL LAGO DE  
AMATITLÁN EL CUAL CONTIENE LA  
CUENCA DEL RÍO VILLALOBOS Y LA  
SUBCUENCA PINULA

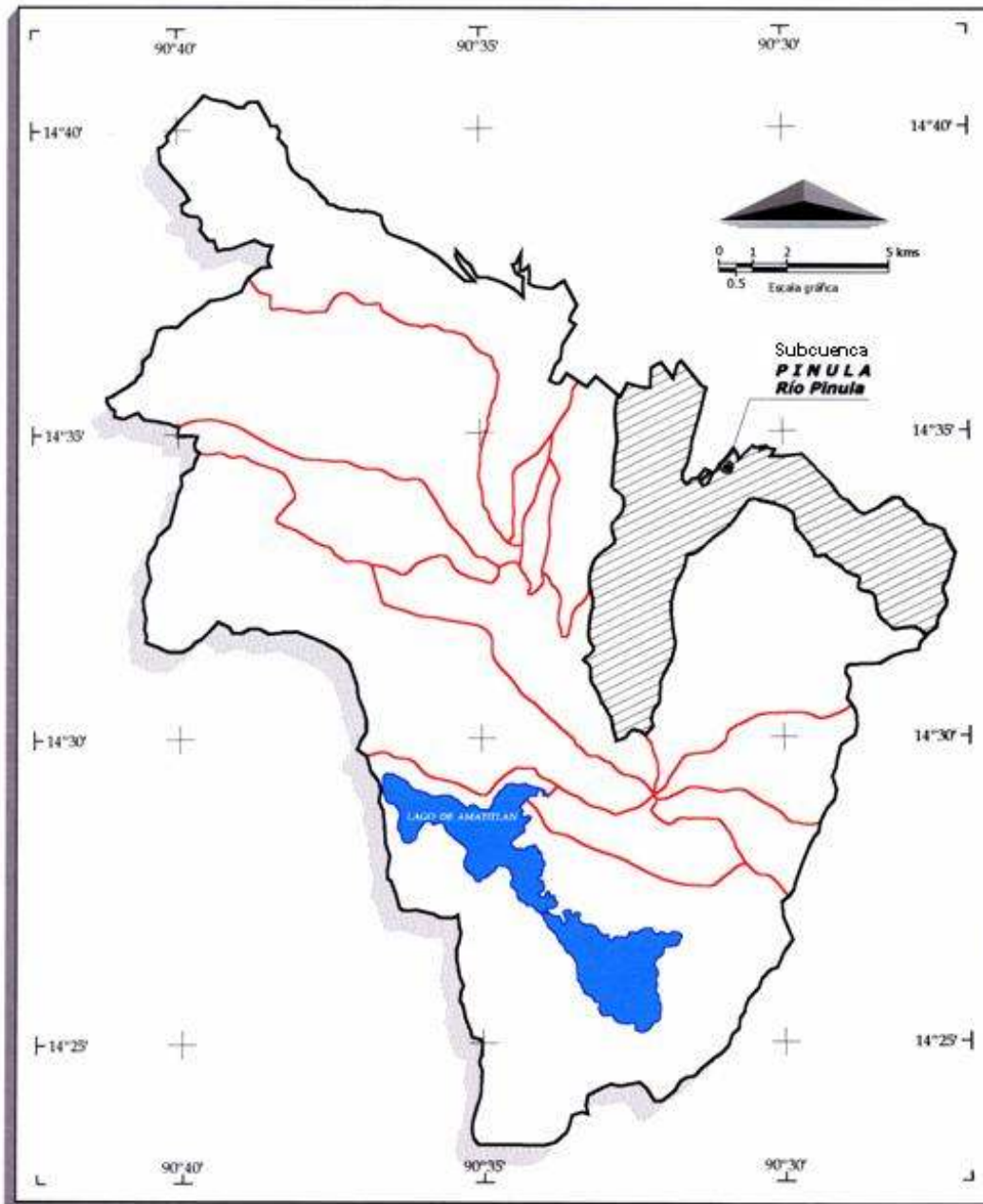
## Cuenca del lago de Amatitlán



Municipio	Área total Km <sup>2</sup>	Área que interviene en la cuenca Km <sup>2</sup>
1 San Pedro Sacatepéquez	30.00	5.89
2 Santiago Sacatepéquez	15.00	5.74
3 San Bartolomé Milpas Altas	7.00	1.77
4 San Lucas Sacatepéquez	24.00	19.24
5 Mixco	99.00	45.26
6 Guatemala	228.00	42.65
7 Santo Catarina Pinula	48.00	25.18
8 San Miguel Petapa	20.14	20.14
9 Villa Nueva	75.00	73.42
10 Santa Lucía Milpas Altas	19.00	9.83
11 Magdalena Milpas Altas	8.00	5.94
12 Frajanes	91.00	2.65
13 Villa Canales	353.00	76.34
14 Amatitlán	114.00	32.15
Cuerpo del Lago	15.11	15.11
Área total de la cuenca		381.31

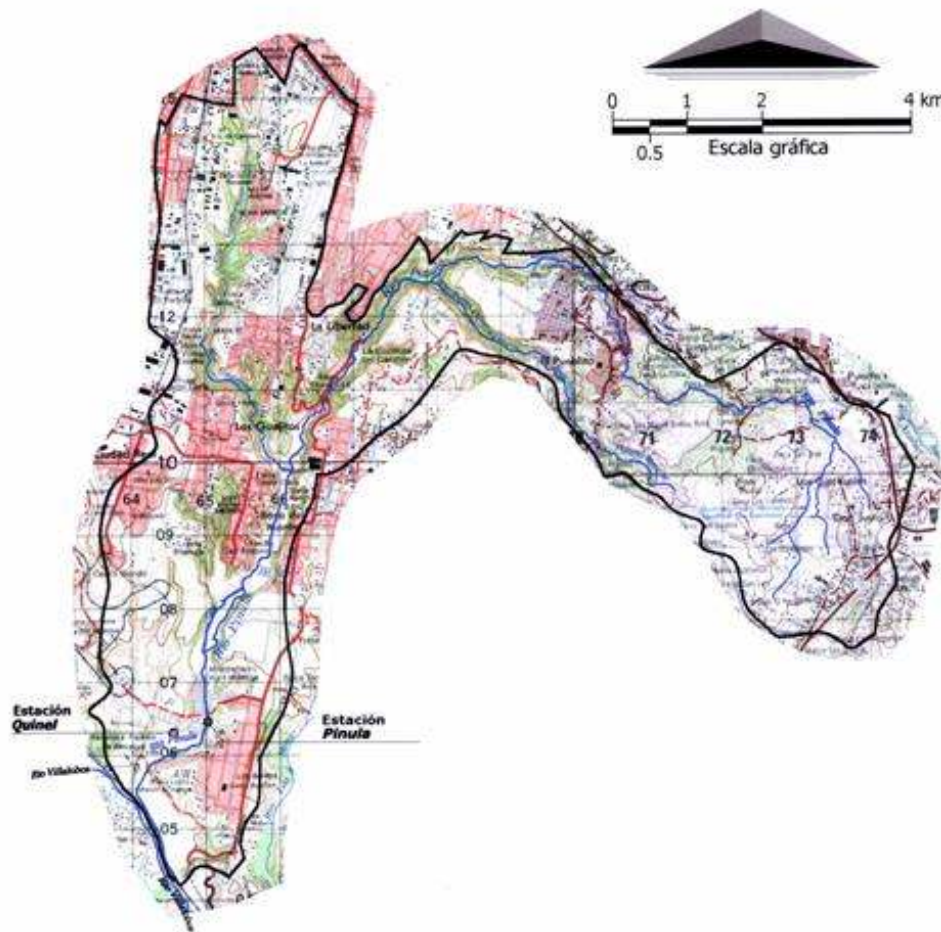
Ríos	
A	Río Pansalich
B	Río San Lucas
C	Río Pinula
D	Río Molino
E	Río Platanitos
F	Río Villalobos
G	Río Michatoya

# MAPA GENERAL SUBCUENCA CUENCA DEL RÍO VILLALOBOS

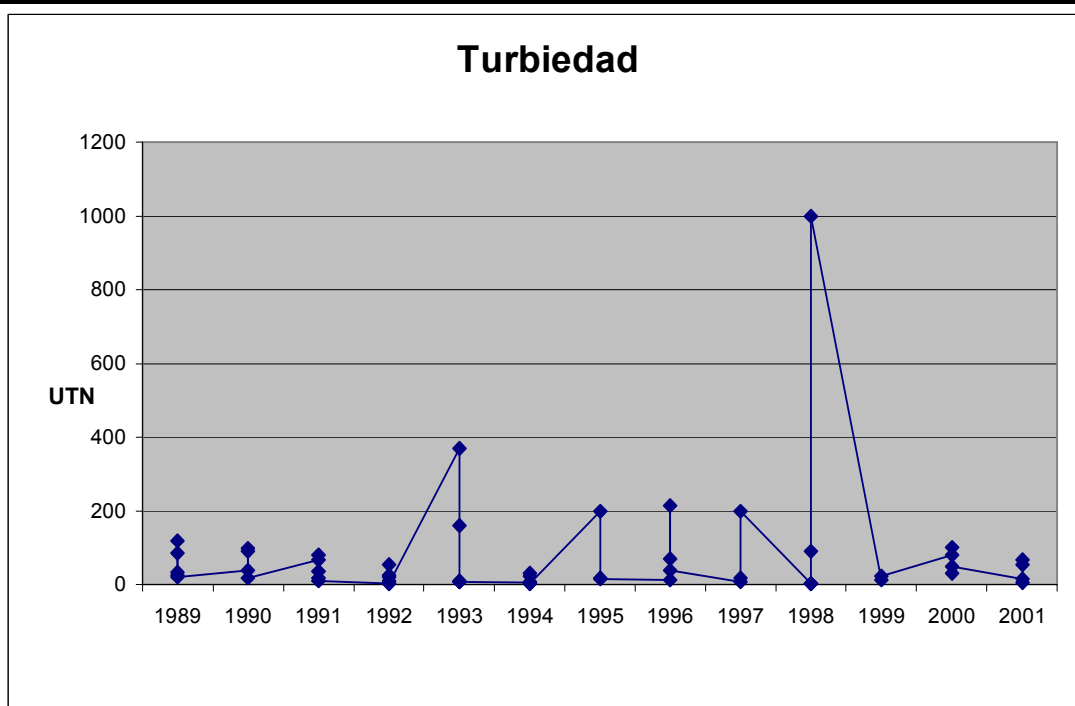
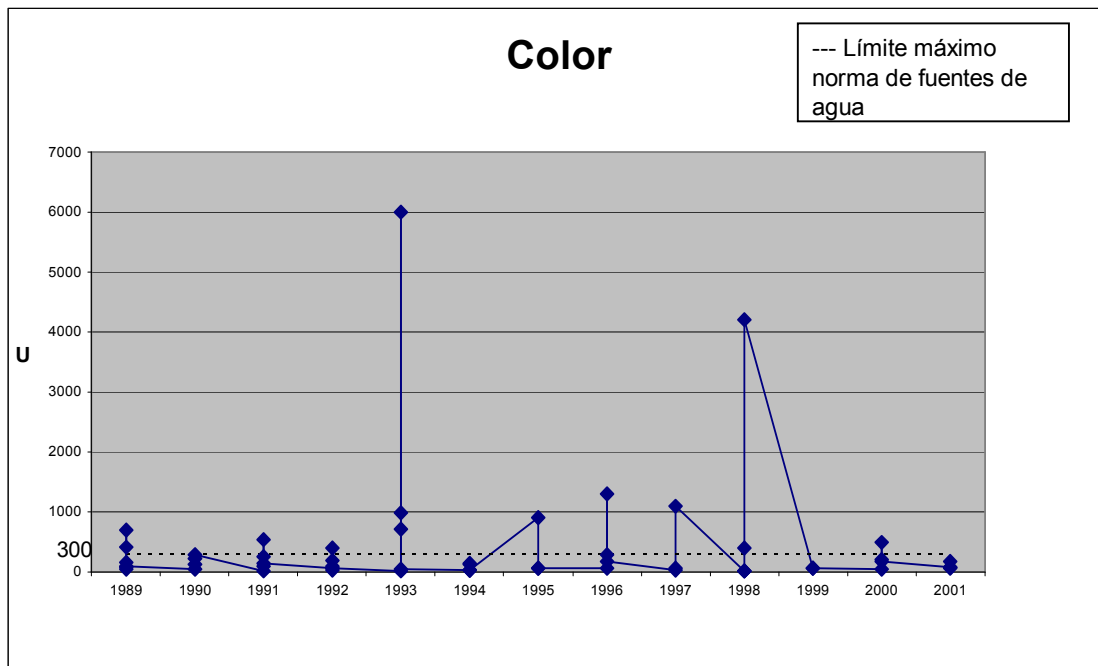




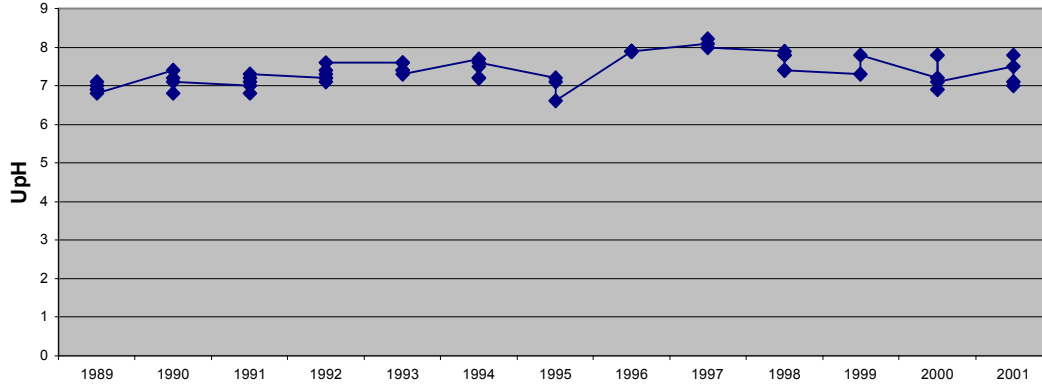
ÁREA AMPLIADA:  
SUBCUENCA **PINULA**  
Río Pinula



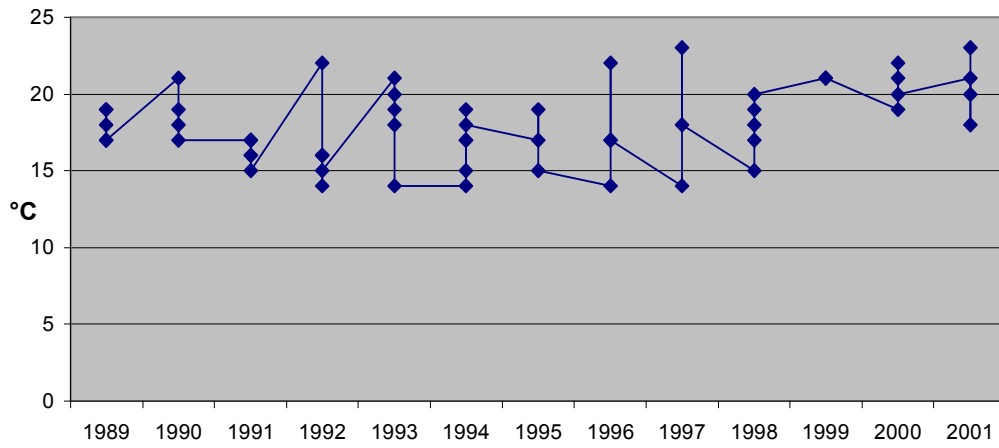
II. GRÁFICAS Y CUADROS DE CARGAS  
CONTAMINANTES DE LOS  
PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y  
BACTERIOLÓGICOS DE LA VERTIENTE  
DEL RÍO PINULA



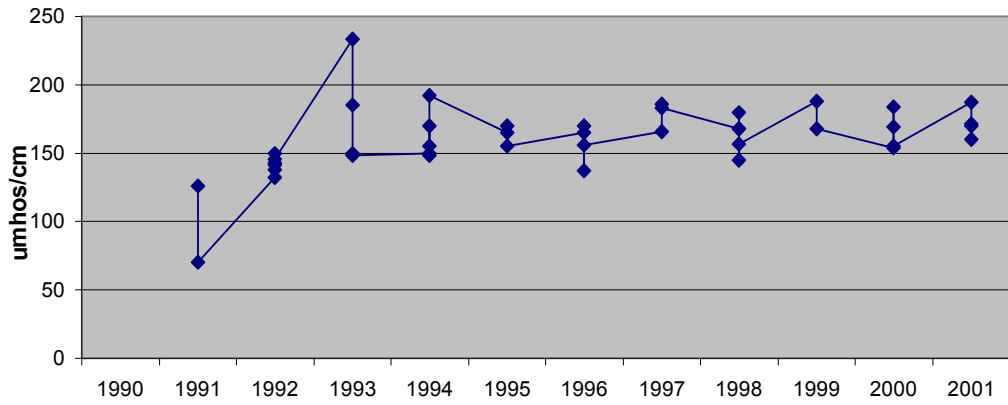
### pH



### Temperatura

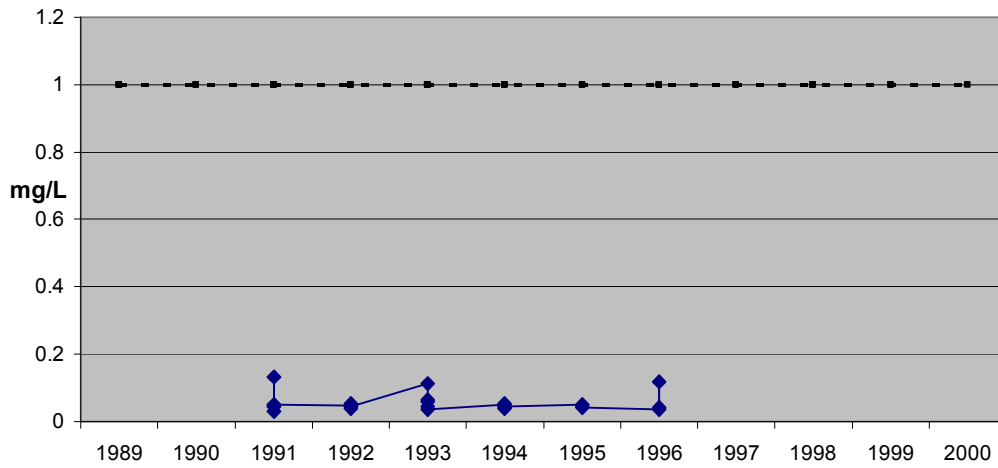


### Conductividad eléctrica



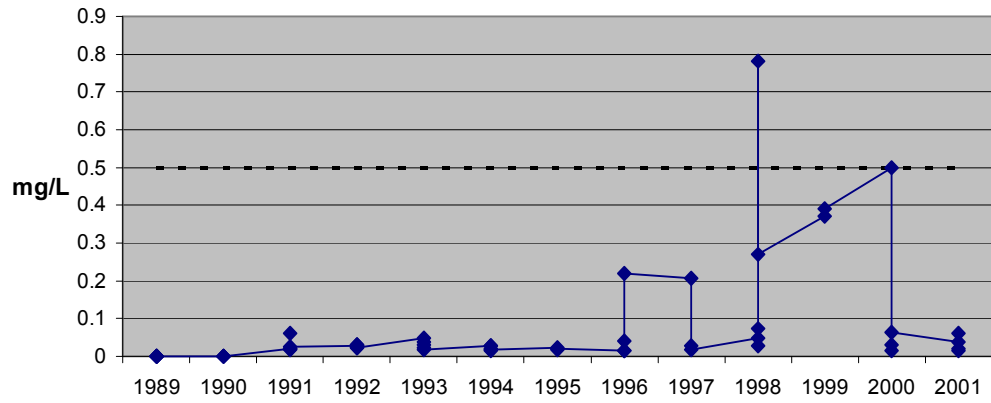
### Nitrógeno

--- Límite máximo norma de fuentes de agua

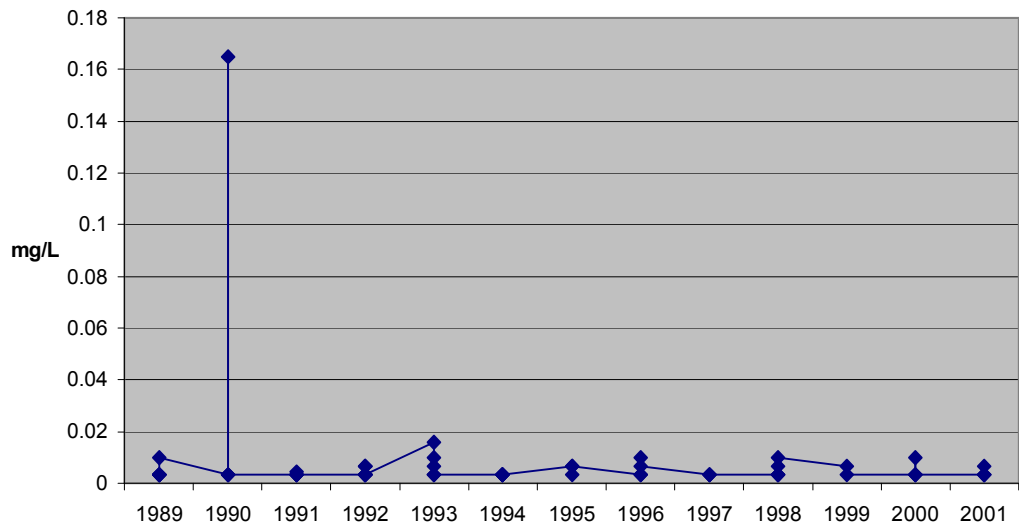


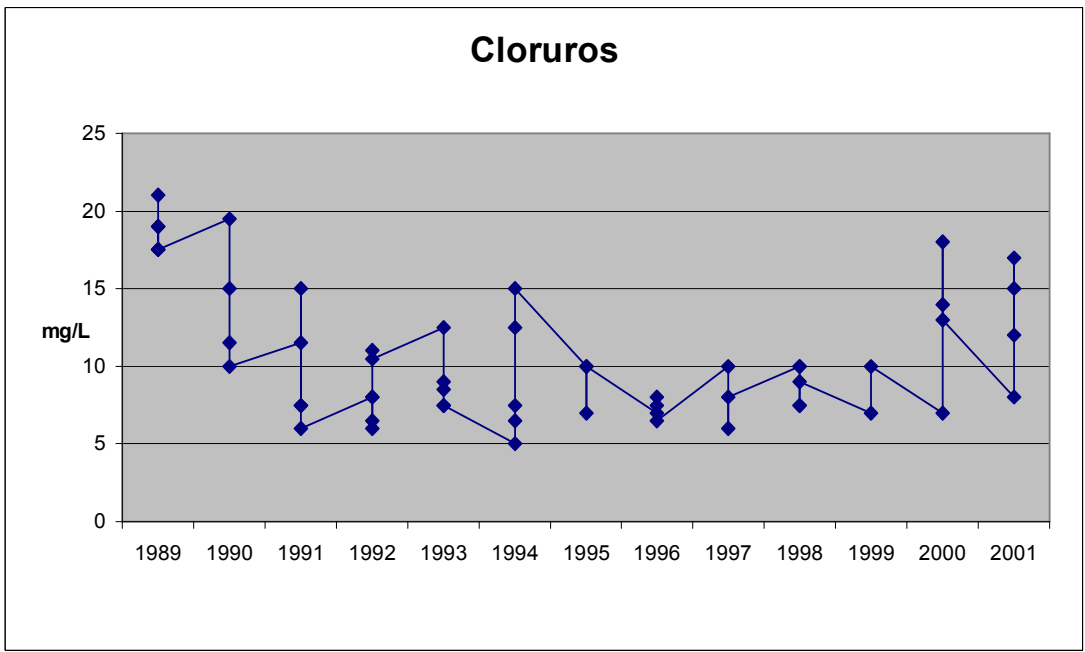
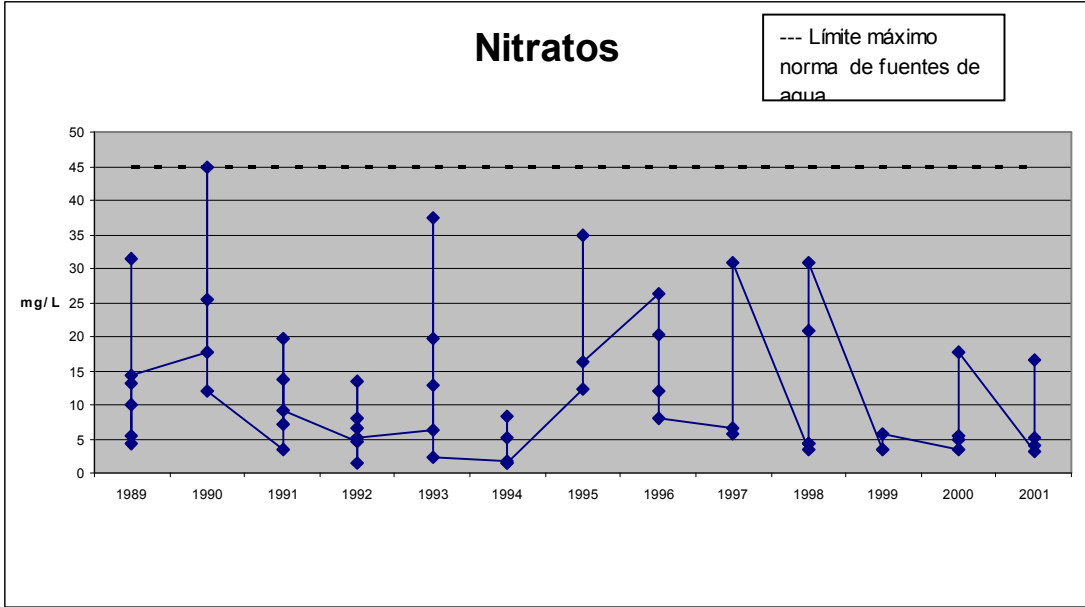
## Amoniaco

--- Límite máximo  
norma de fuentes de  
agua



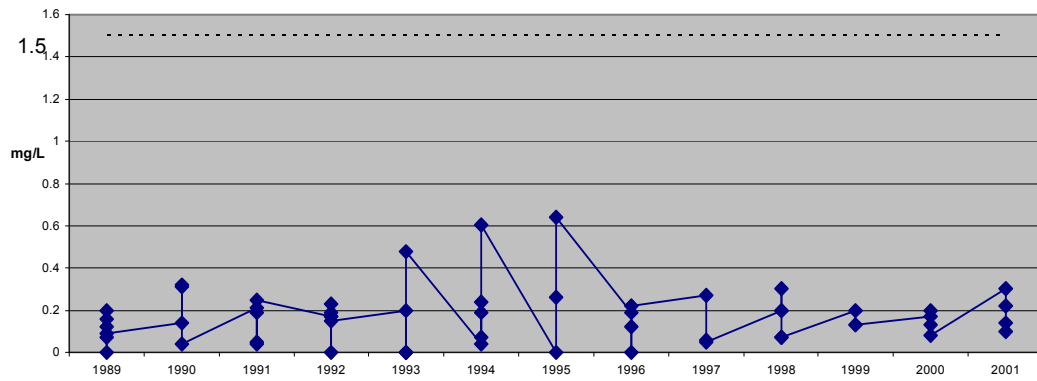
## Nitritos



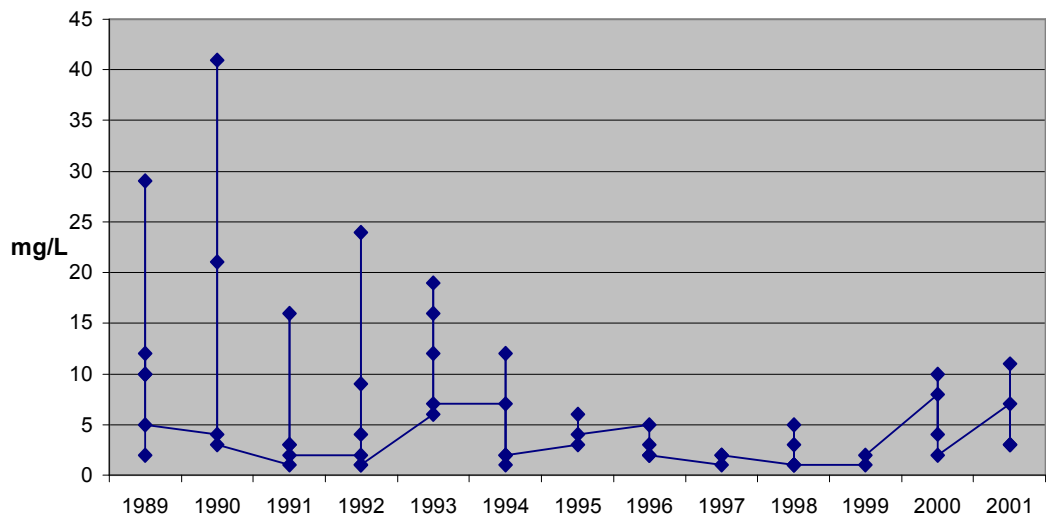


## Fluoruros

--- Límite máximo  
norma de fuentes de  
agua



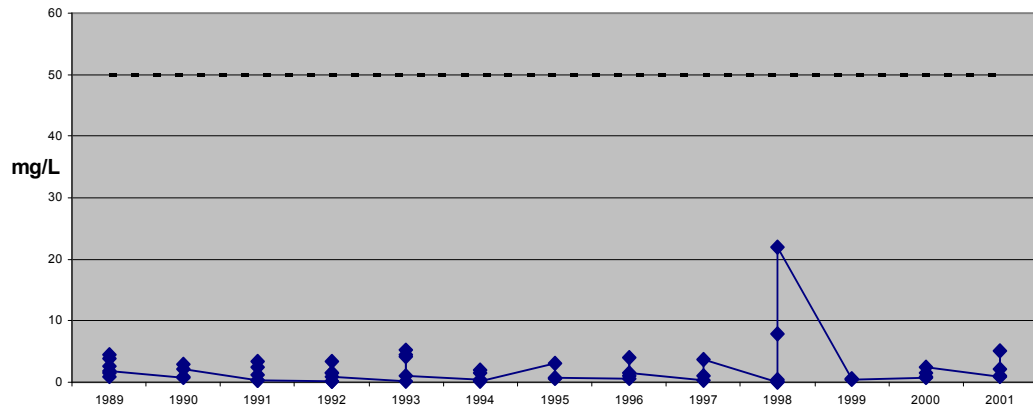
## Sulfatos



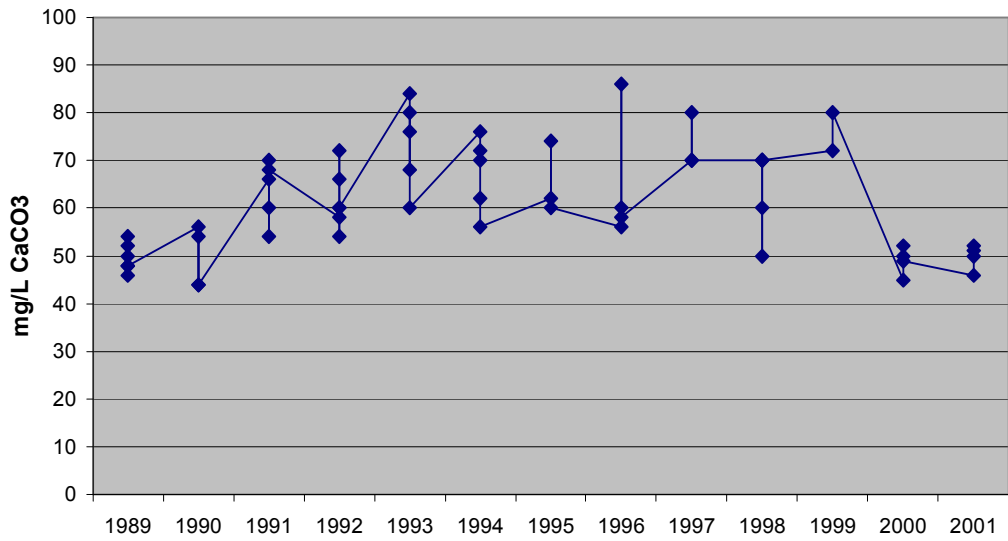


### Hierro total

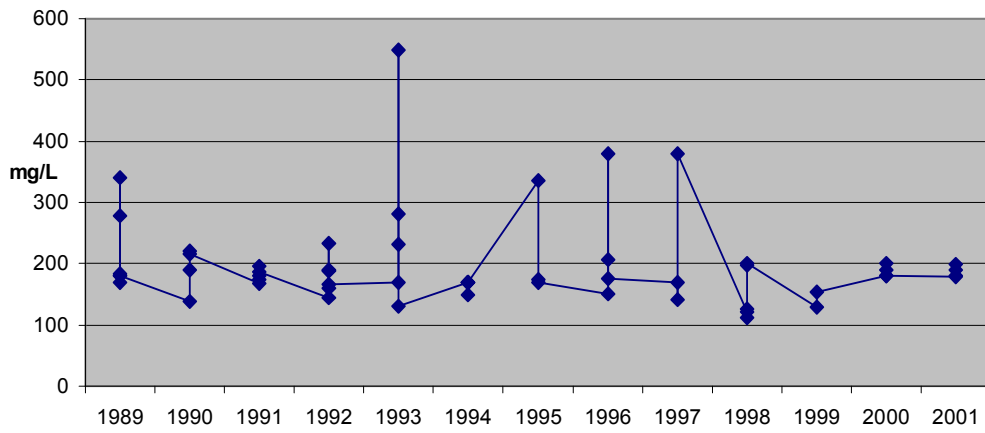
--- Límite máximo norma de fuentes de agua



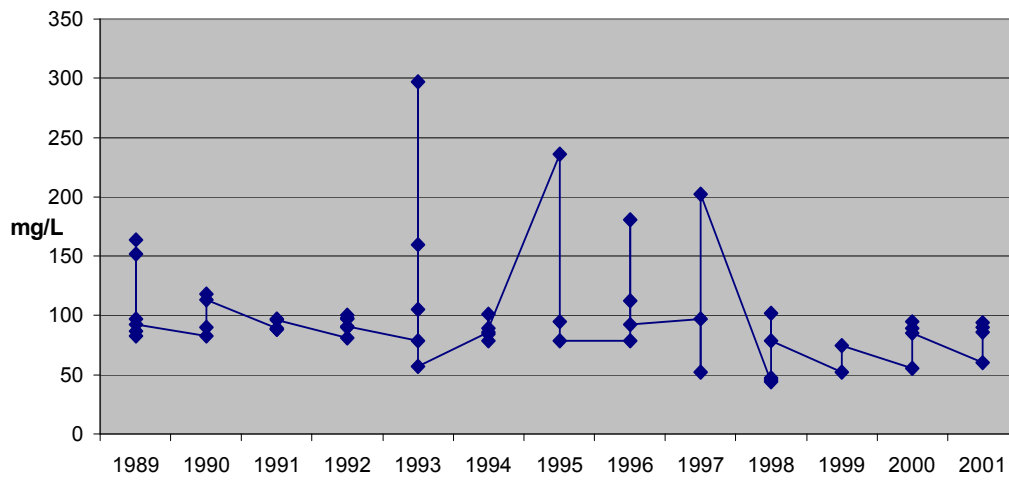
### Dureza total



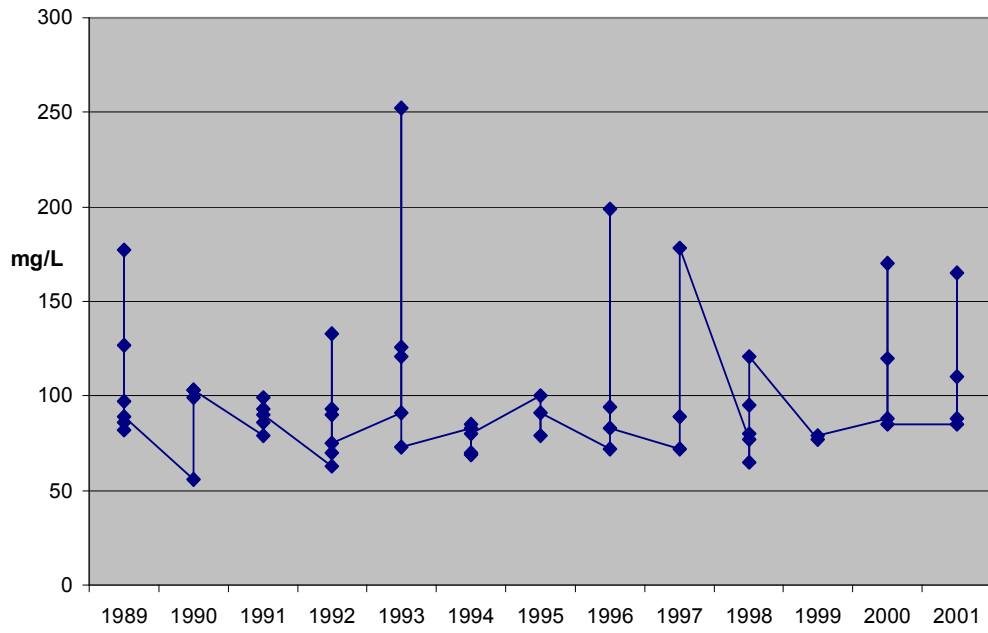
### Sólidos totales



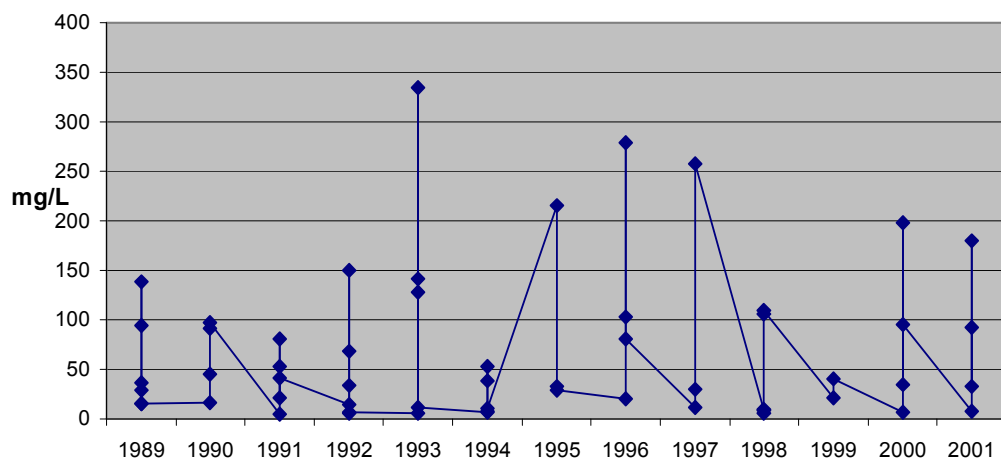
### Sólidos volátiles



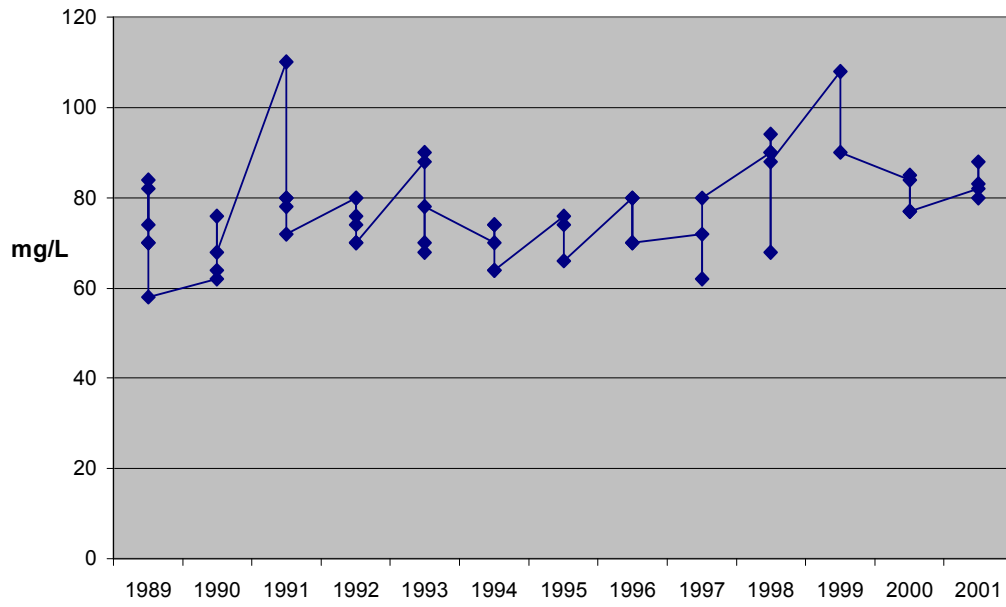
### Sólidos fijos



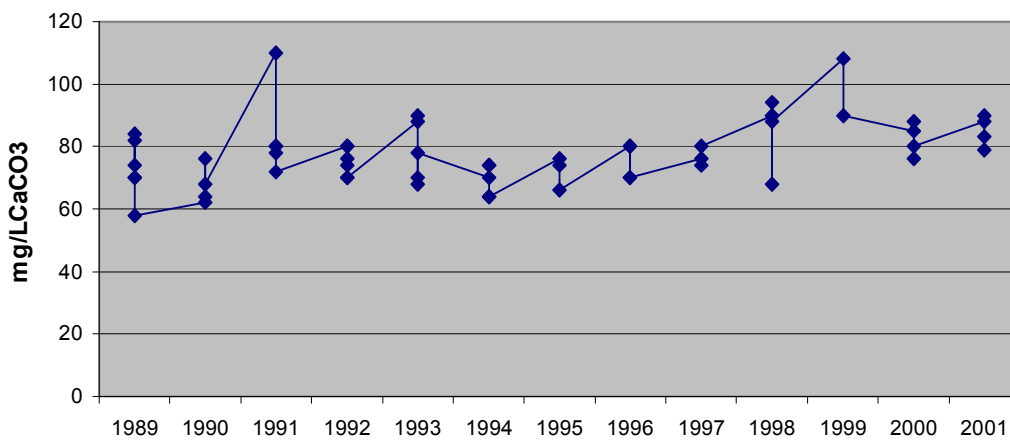
### Sólidos suspendidos

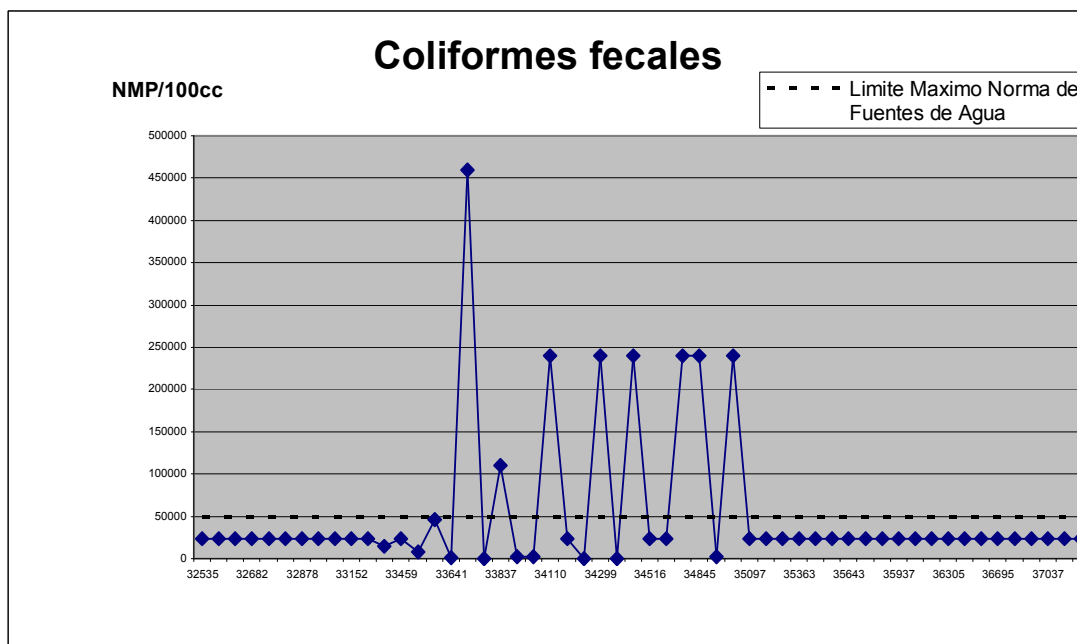
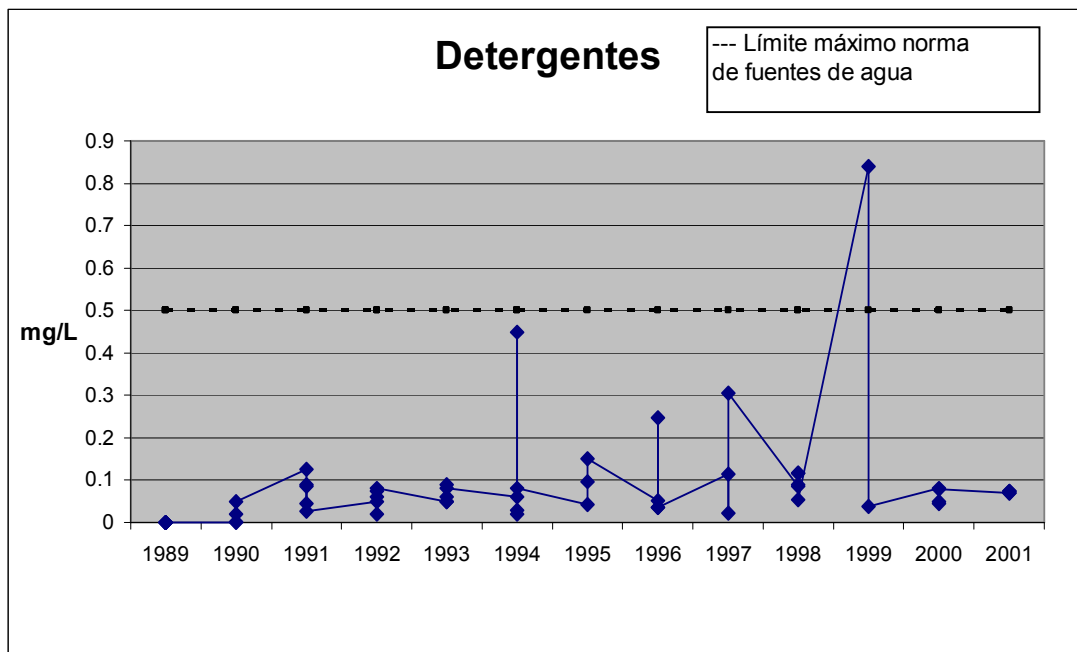


## Bicarbonatos

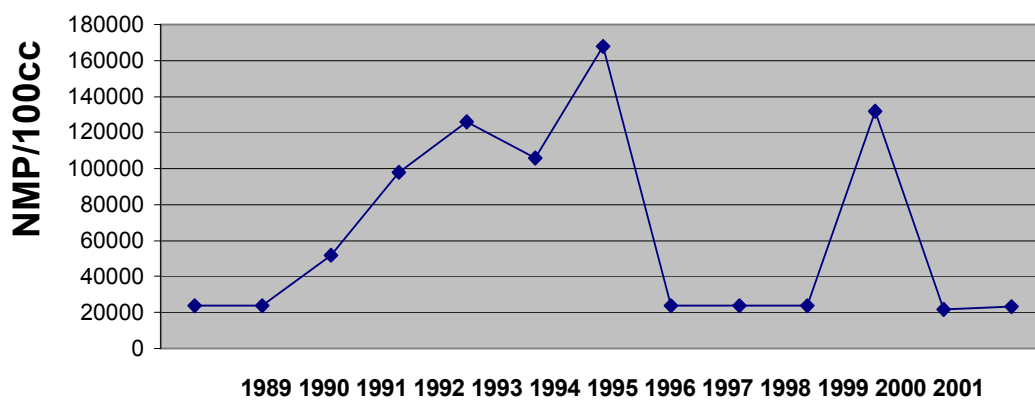


## Alcalinidad total





## Coliformes totales



Fecha	Color (U)
27/01/1989	46
31/03/1989	72
23/05/1989	700
23/06/1989	420
08/09/1989	160
03/11/1989	90
05/01/1990	47
18/05/1990	120
20/07/1990	220
06/10/1990	280
08/02/1991	20
05/07/1991	260
09/08/1991	97
04/10/1991	540
06/12/1991	145
07/02/1992	58
03/04/1992	32
05/06/1992	190
21/08/1992	390
20/11/1992	97
04/12/1992	59
19/03/1993	12
21/05/1993	6,000
02/07/1993	980
20/08/1993	720
26/11/1993	44
18/02/1994	37
22/04/1994	25
01/07/1994	120
14/10/1994	140
09/12/1994	31
26/05/1995	900
21/07/1995	65
17/11/1995	59
02/02/1996	61
17/05/1996	1300
21/06/1996	280
25/10/1996	180
24/01/1997	34
06/06/1997	68
01/08/1997	1,100
06/02/1998	15
20/03/1998	20
22/05/1998	20
17/07/1998	390
04/09/1998	4,200
04/03/1999	62
25/05/1999	70
26/03/2000	42
26/05/2000	200
21/06/2000	498
28/09/2000	170
29/03/2001	80
24/05/2001	60
20/06/2001	72
15/09/2001	168

Fecha	Turbiedad UTN
27/01/1989	26
31/03/1989	120
26/05/1989	85
23/06/1989	33
08/09/1989	20
05/01/1990	38
18/05/1990	97
20/07/1990	91
06/10/1990	17
08/02/1991	66
05/07/1991	18
09/08/1991	80
04/10/1991	36
06/12/1991	11
07/02/1992	3.5
03/04/1992	27
05/06/1992	55
21/08/1992	21
20/11/1992	11
04/12/1992	3
19/03/1993	370
21/05/1993	160
02/07/1993	11
20/08/1993	9
26/11/1993	8
18/02/1994	5.8
22/04/1994	3.6
27/05/1994	30
01/07/1994	22
14/10/1994	7
09/12/1994	2.4
26/05/1995	200
21/07/1995	17
17/11/1995	15
02/02/1996	14
17/05/1996	215
21/06/1996	70
25/10/1996	40
24/01/1997	6.6
06/06/1997	19
01/08/1997	200
06/02/1998	3
20/03/1998	3
22/05/1998	3.3
17/07/1998	90
04/09/1998	1,000.00
04/03/1999	12
25/05/1999	24
26/03/2000	80
22/05/2000	100
23/06/2000	30
24/09/2000	50
25/03/2001	15
26/05/2001	5
27/06/2001	66
28/09/2001	55

Fecha	pHU
27/01/1989	7
31/03/1989	6.9
23/05/1989	7
23/06/1989	6.9
08/09/1989	7.1
03/11/1989	6.8
05/01/1990	7.4
18/05/1990	7.2
20/07/1990	6.8
06/10/1990	7.1
08/02/1991	7
05/07/1991	6.8
09/08/1991	7.2
04/10/1991	7.1
06/12/1991	7.3
07/02/1992	7.2
03/04/1992	7.3
05/06/1992	7.1
21/08/1992	7.2
20/11/1992	7.4
04/12/1992	7.6
19/03/1993	7.6
21/05/1993	7.6
02/07/1993	7.4
20/08/1993	7.4
26/11/1993	7.3
18/02/1994	7.7
22/04/1994	7.2
01/07/1994	7.2
14/10/1994	7.5
09/12/1994	7.6
26/05/1995	7.2
21/07/1995	7.1
17/11/1995	6.6
02/02/1996	7.9
17/05/1996	7.9
21/06/1996	7.9
25/10/1996	7.9
24/01/1997	8.1
06/06/1997	8.2
01/08/1997	8
06/02/1998	7.9
20/03/1998	7.8
22/05/1998	7.8
17/07/1998	7.4
04/09/1998	7.4
04/03/1999	7.3
25/05/1999	7.8
26/03/2000	7.2
24/05/2000	7.8
27/06/2000	6.9
23/09/2000	7.1
29/03/2001	7.5
27/05/2001	7.8
22/06/2001	7
23/09/2001	7.1

Fecha	Temperatura °C
27/01/1989	17
31/03/1989	18
26/05/1989	19
23/06/1989	19
08/09/1989	17
05/01/1990	21
18/05/1990	19
20/07/1990	18
06/10/1990	17
08/02/1991	17
05/07/1991	16
09/08/1991	16
04/10/1991	17
06/12/1991	15
07/02/1992	22
03/04/1992	16
05/06/1992	16
21/08/1992	16
20/11/1992	14
04/12/1992	15
19/03/1993	21
21/05/1993	20
02/07/1993	19
20/08/1993	18
26/11/1993	14
18/02/1994	14
22/04/1994	19
27/05/1994	17
01/07/1994	17
14/10/1994	15
09/12/1994	18
26/05/1995	17
21/07/1995	19
17/11/1995	15
02/02/1996	14
17/05/1996	22
21/06/1996	17
25/10/1996	17
24/01/1997	14
06/06/1997	23
01/08/1997	18
06/02/1998	15
20/03/1998	17
22/05/1998	18
17/07/1998	19
04/09/1998	20
04/03/1999	21
25/05/1999	21
22/03/2000	19
22/05/2000	21
23/06/2000	22
24/09/2000	20
25/03/2001	21
26/05/2001	18
27/06/2001	20
28/09/2001	23

Fecha	µmhos/cm
27/01/1989	
31/03/1989	
23/05/1989	
23/06/1989	
08/09/1989	
03/11/1989	
05/01/1990	
18/05/1990	
20/07/1990	
06/10/1990	
08/02/1991	
05/07/1991	
09/08/1991	
04/10/1991	126
06/12/1991	70
07/02/1992	132
03/04/1992	137.6
05/06/1992	141.5
21/08/1992	143
20/11/1992	150
04/12/1992	145.6
19/03/1993	233
21/05/1993	185
02/07/1993	150
20/08/1993	149
26/11/1993	148
18/02/1994	150
22/04/1994	155
01/07/1994	170
14/10/1994	148
09/12/1994	192
26/05/1995	165
21/07/1995	170
17/11/1995	155
02/02/1996	165
17/05/1996	137
21/06/1996	170
25/10/1996	156
24/01/1997	166
06/06/1997	186
01/08/1997	183
06/02/1998	168
20/03/1998	168
22/05/1998	180
17/07/1998	145
04/09/1998	157
04/03/1999	188
25/05/1999	168
26/04/2000	154
26/05/2000	184
27/06/2000	169
28/09/2000	155
29/03/2001	187
30/05/2001	170
26/06/2001	171
01/09/2001	160

Fecha	Nitrógeno mg/L
27/01/1989	
31/03/1989	
23/05/1989	
23/06/1989	
08/09/1989	
03/11/1989	
31/03/1989	
18/05/1990	
20/07/1990	
06/10/1990	
08/02/1991	
05/07/1991	0.03
09/08/1991	0.045
04/10/1991	0.132
06/12/1991	0.05
07/02/1992	0.047
03/04/1992	0.046
05/06/1992	0.04
21/08/1992	0.047
20/11/1992	0.055
04/12/1992	0.045
19/03/1993	0.112
21/05/1993	0.058
02/07/1993	0.065
20/08/1993	0.044
26/11/1993	0.038
18/02/1994	0.05
22/04/1994	0.04
01/07/1994	0.055
14/10/1994	0.042
09/12/1994	0.045
26/05/1995	0.052
21/07/1995	0.046
17/11/1995	0.043
02/02/1996	0.037
17/05/1996	0.118
21/06/1996	0.042
25/10/1996	
24/01/1997	
06/06/1997	
01/08/1997	
06/02/1998	
20/03/1998	
22/05/1998	
17/07/1998	
04/09/1998	
04/03/1999	
25/05/1999	
26/05/2000	



Fecha	Amoniaco mg/l
27/01/1989	0
31/03/1989	0
23/05/1989	0
23/06/1989	0
08/09/1989	0
03/11/1989	0
05/01/1990	0
18/05/1990	0
20/07/1990	0
06/10/1990	0
08/02/1991	0.02
05/07/1991	0.0183
09/08/1991	0.02074
04/10/1991	0.061
06/12/1991	0.024
07/02/1992	0.027
03/04/1992	0.027
05/06/1992	0.022
21/08/1992	0.03
20/11/1992	0.0305
04/12/1992	0.02196
19/03/1993	0.049
21/05/1993	0.03
02/07/1993	0.037
20/08/1993	0.022
26/11/1993	0.018
18/02/1994	0.027
22/04/1994	0.028
01/07/1994	0.02
14/10/1994	0.015
09/12/1994	0.017
26/05/1995	0.022
21/07/1995	0.018
17/11/1995	0.02
02/02/1996	0.015
17/05/1996	0.04
21/06/1996	0.015
25/10/1996	0.22
24/01/1997	0.207
06/06/1997	0.027
01/08/1997	0.017
06/02/1998	0.049
20/03/1998	0.0266
22/05/1998	0.073
17/07/1998	0.781
04/09/1998	0.269
04/03/1999	0.37
25/05/1999	0.39
26/03/2000	0.5
26/05/2000	0.03
27/06/2000	0.014
28/10/2000	0.062
17/03/2001	0.038
25/05/2001	0.02
04/06/2001	0.015
01/10/2001	0.061

Fecha	Nitritos mg/l
27/01/1989	0.0033
31/03/1989	0.0033
23/05/1989	0.0033
23/06/1989	0.0033
08/09/1989	0.0033
03/11/1989	0.0099
05/01/1990	0.0033
18/05/1990	0.0033
20/07/1990	0.165
06/10/1990	0.0033
08/02/1991	0.0033
05/07/1991	0.0033
09/08/1991	0.0033
04/10/1991	0.00425
06/12/1991	0.0033
07/02/1992	0.0033
03/04/1992	0.0033
05/06/1992	0.0066
21/08/1992	0.0066
20/11/1992	0.0033
04/12/1992	0.0033
19/03/1993	0.016
21/05/1993	0.0066
02/07/1993	0.0099
20/08/1993	0.0033
26/11/1993	0.0033
18/02/1994	0.0033
22/04/1994	0.0033
01/07/1994	0.0033
14/10/1994	0.0033
09/12/1994	0.0033
26/05/1995	0.0066
21/07/1995	0.0033
17/11/1995	0.0066
02/02/1996	0.0033
17/05/1996	0.01
21/06/1996	0.0033
25/10/1996	0.0066
24/01/1997	0.0033
06/06/1997	0.0033
01/08/1997	0.0033
06/02/1998	0.0033
20/03/1998	0.0033
22/05/1998	0.0066
17/07/1998	0.0033
04/09/1998	0.0099
04/03/1999	0.0066
25/05/1999	0.0033
26/03/2000	0.0033
26/05/2000	0.01
05/06/2000	0.0033
10/09/2000	0.0033
04/03/2001	0.0033
16/05/2001	0.0066
20/06/2001	0.0032
08/09/2001	0.0033

Fecha	Nitratos mg/l
27/01/1989	31.5
31/03/1989	5.5
23/05/1989	9.9
23/06/1989	4.4
08/09/1989	13.2
03/11/1989	14.3
05/01/1990	17.6
18/05/1990	45
20/07/1990	25.3
06/10/1990	11.88
08/02/1991	3.52
05/07/1991	13.64
09/08/1991	7.26
04/10/1991	19.58
06/12/1991	9.24
07/02/1992	4.62
03/04/1992	1.32
05/06/1992	7.92
21/08/1992	13.42
20/11/1992	6.6
04/12/1992	5.06
19/03/1993	6.38
21/05/1993	12.8
02/07/1993	37.4
20/08/1993	19.8
26/11/1993	2.42
18/02/1994	1.76
22/04/1994	1.54
01/07/1994	5.28
14/10/1994	8.36
09/12/1994	1.54
26/05/1995	12.32
21/07/1995	35
17/11/1995	16.4
02/02/1996	26.4
17/05/1996	20.24
21/06/1996	11.88
25/10/1996	7.92
24/01/1997	6.6
06/06/1997	5.72
01/08/1997	30.8
06/02/1998	3.3
20/03/1998	4.18
22/05/1998	4.18
17/07/1998	20.9
04/09/1998	30.8
04/03/1999	3.52
25/05/1999	5.72
26/03/2000	3.48
26/05/2000	5.3
27/06/2000	4.9
28/09/2000	17.8
29/03/2001	3.2
30/05/2001	5.2
05/06/2001	3.9
01/09/2001	16.7

Fecha	Cloruros mg/l
27/01/1989	21
31/03/1989	17.5
23/05/1989	17.5
23/06/1989	19
08/09/1989	19
03/11/1989	17.5
05/01/1990	19.5
18/05/1990	15
20/07/1990	11.5
06/10/1990	10
08/02/1991	11.5
05/07/1991	7.5
09/08/1991	7.5
04/10/1991	15
06/12/1991	6
07/02/1992	8
03/04/1992	6
05/06/1992	6.5
21/08/1992	8
20/11/1992	11
04/12/1992	10.5
19/03/1993	12.5
21/05/1993	9
02/07/1993	8.5
20/08/1993	7.5
26/11/1993	7.5
18/02/1994	5
22/04/1994	7.5
01/07/1994	6.5
14/10/1994	12.5
09/12/1994	15
26/05/1995	10
21/07/1995	7
17/11/1995	10
02/02/1996	7
17/05/1996	8
21/06/1996	7.5
25/10/1996	6.5
24/01/1997	10
06/06/1997	6
01/08/1997	8
06/02/1998	10
20/03/1998	10
22/05/1998	7.5
17/07/1998	7.5
04/09/1998	9
04/03/1999	7
25/05/1999	10
26/03/2000	7
26/05/2000	14
27/06/2000	18
28/09/2000	13
29/03/2001	8
30/05/2001	15
22/06/2001	17
01/09/2001	12

Fecha	Fluoruros mg/l
03/11/1989	0.09
08/09/1989	0.2
23/06/1989	0.07
23/05/1989	0
31/03/1989	0.16
27/01/1989	0.12
06/10/1990	0.04
20/07/1990	0.31
18/05/1990	0.32
05/01/1990	0.14
06/12/1991	0.25
04/10/1991	0.04
09/08/1991	0.19
05/07/1991	0.05
08/02/1991	0.21
04/12/1992	0.15
20/11/1992	0.19
21/08/1992	0
05/06/1992	0.17
03/04/1992	0.23
07/02/1992	0.17
26/11/1993	0.48
20/08/1993	0
02/07/1993	0
21/05/1993	0
19/03/1993	0.2
09/12/1994	0.606
14/10/1994	0.24
01/07/1994	0.07
22/04/1994	0.19
18/02/1994	0.04
17/11/1995	0.64
21/07/1995	0.26
26/05/1995	0
25/10/1996	0.22
21/06/1996	0.12
17/05/1996	0
02/02/1996	0.19
01/08/1997	0.05
06/06/1997	0.06
24/01/1997	0.27
04/09/1998	0.07
17/07/1998	0.07
22/05/1998	0.3
20/03/1998	0.2
06/02/1998	0.2
25/05/1999	0.13
04/03/1999	0.2
26/03/2000	0.17
26/05/2000	0.2
27/06/2000	0.13
28/09/2000	0.08
29/03/2001	0.3
30/05/2001	0.22
25/06/2001	0.14
01/09/2001	0.1

Fecha	Sulfatos mg/l
27/01/1989	2
31/03/1989	10
23/05/1989	29
23/06/1989	10
08/09/1989	12
03/11/1989	5
05/01/1990	4
18/05/1990	41
20/07/1990	21
06/10/1990	3
08/02/1991	1
05/07/1991	3
09/08/1991	3
04/10/1991	16
06/12/1991	2
07/02/1992	2
03/04/1992	1
05/06/1992	9
21/08/1992	24
20/11/1992	4
04/12/1992	1
19/03/1993	6
21/05/1993	12
02/07/1993	19
20/08/1993	16
26/11/1993	7
18/02/1994	7
22/04/1994	2
01/07/1994	12
14/10/1994	1
09/12/1994	2
26/05/1995	3
21/07/1995	6
17/11/1995	4
02/02/1996	5
17/05/1996	3
21/06/1996	2
25/10/1996	2
24/01/1997	1
06/06/1997	2
01/08/1997	2
06/02/1998	1
20/03/1998	3
22/05/1998	1
17/07/1998	5
04/09/1998	1
04/03/1999	1
25/05/1999	2
20/03/2000	8
26/05/2000	4
10/06/2000	10
08/09/2000	2
25/03/2001	7
22/05/2001	3
09/06/2001	11
01/09/2001	3

Fecha	Hierro T. mg/l
27/01/1989	1.59
31/03/1989	0.9
23/05/1989	4.45
23/06/1989	3.93
08/09/1989	2.6
03/11/1989	1.84
05/01/1990	0.7
18/05/1990	0.95
20/07/1990	2.9
06/10/1990	2.22
08/02/1991	0.38
05/07/1991	2.54
09/08/1991	1.17
04/10/1991	3.43
06/12/1991	0.32
07/02/1992	0.2
03/04/1992	0.19
05/06/1992	1.52
21/08/1992	3.43
20/11/1992	1.59
04/12/1992	0.88
19/03/1993	0.19
21/05/1993	5.27
02/07/1993	4.13
20/08/1993	4.45
26/11/1993	1.14
18/02/1994	0.44
22/04/1994	0.32
01/07/1994	1.56
14/10/1994	1.97
09/12/1994	0.15
26/05/1995	3.17
21/07/1995	0.63
17/11/1995	0.7
02/02/1996	0.63
17/05/1996	4
21/06/1996	1.15
25/10/1996	1.49
24/01/1997	0.32
06/06/1997	1.14
01/08/1997	3.68
06/02/1998	0.07
20/03/1998	0.5
22/05/1998	0.14
17/07/1998	7.9
04/09/1998	22
04/03/1999	0.69
25/05/1999	0.39
26/03/2000	0.8
18/05/2000	0.96
27/06/2000	1.5
07/09/2000	2.5
26/03/2001	0.91
10/05/2001	5.11
26/06/2001	1.14
01/09/2001	2.1

Fecha	Dureza T. mg/l
27/01/1989	48
31/03/1989	46
23/05/1989	54
23/06/1989	52
08/09/1989	50
03/11/1989	48
05/01/1990	56
18/05/1990	44
20/07/1990	54
06/10/1990	44
08/02/1991	66
05/07/1991	54
09/08/1991	60
04/10/1991	70
06/12/1991	68
07/02/1992	58
03/04/1992	54
05/06/1992	60
21/08/1992	66
20/11/1992	72
04/12/1992	60
19/03/1993	84
21/05/1993	76
02/07/1993	68
20/08/1993	80
26/11/1993	60
18/02/1994	76
22/04/1994	72
01/07/1994	70
14/10/1994	62
09/12/1994	56
26/05/1995	62
21/07/1995	74
17/11/1995	60
02/02/1996	56
17/05/1996	60
21/06/1996	86
25/10/1996	58
24/01/1997	70
06/06/1997	80
01/08/1997	70
06/02/1998	70
20/03/1998	70
22/05/1998	50
17/07/1998	60
04/09/1998	70
04/03/1999	72
25/05/1999	80
26/03/2000	45
26/05/2000	52
27/06/2000	50
08/09/2000	49
29/03/2001	46
24/05/2001	51
25/06/2001	52
01/09/2001	50

Fecha	Sólidos T. mg/l
27/01/1989	169
31/03/1989	183
23/05/1989	341
23/06/1989	279
08/09/1989	180
03/11/1989	181
05/01/1990	139
18/05/1990	189
20/07/1990	221
06/10/1990	216
08/02/1991	168
05/07/1991	196
09/08/1991	174
04/10/1991	181
06/12/1991	186
07/02/1992	144
03/04/1992	160
05/06/1992	188
21/08/1992	190
20/11/1992	233
04/12/1992	166
19/03/1993	170
21/05/1993	549
02/07/1993	281
20/08/1993	231
26/11/1993	130
18/02/1994	169
22/04/1994	149
01/07/1994	169
14/10/1994	170
09/12/1994	169
26/05/1995	336
21/07/1995	174
17/11/1995	170
02/02/1996	151
17/05/1996	380
21/06/1996	206
25/10/1996	175
24/01/1997	169
06/06/1997	141
01/08/1997	380
06/02/1998	121
20/03/1998	112
22/05/1998	126
17/07/1998	197
04/09/1998	200
04/03/1999	129
25/05/1999	154
26/03/2000	180
16/05/2000	190
20/06/2000	200
09/09/2000	181
29/03/2001	179
24/05/2001	189
21/06/2001	199
01/09/2001	180

Fecha	Sólidos V. mg/l
27/01/1989	87
31/03/1989	97
23/05/1989	164
23/06/1989	152
08/09/1989	83
03/11/1989	92
05/01/1990	83
18/05/1990	90
20/07/1990	118
06/10/1990	113
08/02/1991	89
05/07/1991	97
09/08/1991	88
04/10/1991	88
06/12/1991	96
07/02/1992	81
03/04/1992	90
05/06/1992	98
21/08/1992	97
20/11/1992	100
04/12/1992	91
19/03/1993	79
21/05/1993	297
02/07/1993	160
20/08/1993	105
26/11/1993	57
18/02/1994	86
22/04/1994	79
01/07/1994	84
14/10/1994	101
09/12/1994	89
26/05/1995	236
21/07/1995	95
17/11/1995	79
02/02/1996	79
17/05/1996	181
21/06/1996	112
25/10/1996	92
24/01/1997	97
06/06/1997	52
01/08/1997	202
06/02/1998	44
20/03/1998	47
22/05/1998	46
17/07/1998	102
04/09/1998	79
04/03/1999	52
25/05/1999	75
26/03/2000	55
15/05/2000	89
06/06/2000	95
04/09/2000	85
29/03/2001	60
16/05/2001	90
07/06/2001	94
01/09/2001	86

Fecha	Sólidos F. mg/l
27/01/1989	82
31/03/1989	86
23/05/1989	177
23/06/1989	127
08/09/1989	97
03/11/1989	89
05/01/1990	56
18/05/1990	99
20/07/1990	103
06/10/1990	103
08/02/1991	79
05/07/1991	99
09/08/1991	86
04/10/1991	93
06/12/1991	90
07/02/1992	63
03/04/1992	70
05/06/1992	90
21/08/1992	93
20/11/1992	133
04/12/1992	75
19/03/1993	91
21/05/1993	252
02/07/1993	121
20/08/1993	126
26/11/1993	73
18/02/1994	83
22/04/1994	70
01/07/1994	85
14/10/1994	69
09/12/1994	80
26/05/1995	100
21/07/1995	79
17/11/1995	91
02/02/1996	72
17/05/1996	199
21/06/1996	94
25/10/1996	83
24/01/1997	72
06/06/1997	89
01/08/1997	178
06/02/1998	77
20/03/1998	65
22/05/1998	80
17/07/1998	95
04/09/1998	121
04/03/1999	77
25/05/1999	79
26/03/2000	88
20/05/2000	170
27/06/2000	120
08/09/2000	85
29/03/2001	85
26/05/2001	165
26/06/2001	110
01/09/2001	88

Fecha	Sólidos S. mg/l
27/01/1989	15
31/03/1989	29
23/05/1989	138
23/06/1989	94
08/09/1989	37
03/11/1989	15
05/01/1990	16
18/05/1990	45
20/07/1990	91
06/10/1990	97
08/02/1991	5
05/07/1991	81
09/08/1991	21
04/10/1991	53
06/12/1991	41
07/02/1992	14
03/04/1992	6
05/06/1992	34
21/08/1992	68
20/11/1992	150
04/12/1992	7
19/03/1993	6
21/05/1993	335
02/07/1993	141
20/08/1993	128
26/11/1993	12
18/02/1994	7
22/04/1994	8
01/07/1994	53
14/10/1994	38
09/12/1994	11
26/05/1995	215
21/07/1995	33
17/11/1995	29
02/02/1996	20
17/05/1996	279
21/06/1996	103
25/10/1996	81
24/01/1997	12
06/06/1997	30
01/08/1997	258
06/02/1998	10
20/03/1998	9
22/05/1998	6
17/07/1998	106
04/09/1998	110
04/03/1999	21
25/05/1999	40
18/03/2000	7
26/05/2000	198
08/06/2000	35
05/09/2000	95
19/03/2001	8
25/05/2001	180
06/06/2001	33
01/09/2001	92

Fecha	Bicarbonatos mg/l
27/01/1989	70
31/03/1989	84
23/05/1989	74
23/06/1989	82
08/09/1989	70
03/11/1989	58
05/01/1990	62
18/05/1990	64
20/07/1990	76
06/10/1990	68
08/02/1991	110
05/07/1991	80
09/08/1991	80
04/10/1991	78
06/12/1991	72
07/02/1992	80
03/04/1992	74
05/06/1992	80
21/08/1992	76
20/11/1992	70
04/12/1992	70
19/03/1993	88
21/05/1993	90
02/07/1993	70
20/08/1993	68
26/11/1993	78
18/02/1994	70
22/04/1994	74
01/07/1994	74
14/10/1994	64
09/12/1994	64
26/05/1995	76
21/07/1995	74
17/11/1995	66
02/02/1996	80
17/05/1996	70
21/06/1996	80
25/10/1996	70
24/01/1997	72
06/06/1997	62
01/08/1997	80
06/02/1998	90
20/03/1998	94
22/05/1998	90
17/07/1998	68
04/09/1998	88
04/03/1999	108
25/05/1999	90
26/03/2000	84
22/05/2000	77
24/06/2000	85
09/09/2000	77
29/03/2001	82
25/05/2001	83
20/06/2001	88
01/09/2001	80

Fecha	mg/CaCo3
27/01/1989	70
31/03/1989	84
23/05/1989	74
23/06/1989	82
08/09/1989	70
03/11/1989	58
05/01/1990	62
18/05/1990	64
20/07/1990	76
06/10/1990	68
08/02/1991	110
05/07/1991	80
09/08/1991	80
04/10/1991	78
06/12/1991	72
07/02/1992	80
03/04/1992	74
05/06/1992	80
21/08/1992	76
20/11/1992	70
04/12/1992	70
19/03/1993	88
21/05/1993	90
02/07/1993	70
20/08/1993	68
26/11/1993	78
18/02/1994	70
22/04/1994	74
01/07/1994	74
14/10/1994	64
09/12/1994	64
26/05/1995	76
21/07/1995	74
17/11/1995	66
02/02/1996	80
17/05/1996	70
21/06/1996	80
25/10/1996	70
24/01/1997	76
06/06/1997	74
01/08/1997	80
06/02/1998	90
20/03/1998	94
22/05/1998	90
17/07/1998	68
04/09/1998	88
04/03/1999	108
25/05/1999	90
26/03/2000	85
22/05/2000	88
06/06/2000	76
24/09/2000	80
29/03/2001	88
20/05/2001	90
07/06/2001	79
21/09/2001	83

Fecha	Detergentes mg/l
27/01/1989	0
31/03/1989	0
23/05/1989	0
23/06/1989	0
08/09/1989	0
03/11/1989	0
05/01/1990	0
18/05/1990	0.02
20/07/1990	0.003
06/10/1990	0.05
08/02/1991	0.125
05/07/1991	0.09
09/08/1991	0.045
04/10/1991	0.085
06/12/1991	0.027
07/02/1992	0.05
03/04/1992	0.06
05/06/1992	0.075
21/08/1992	0.02
20/11/1992	
04/12/1992	0.08
19/03/1993	0.05
21/05/1993	0.06
02/07/1993	0.09
20/08/1993	0.05
26/11/1993	0.08
18/02/1994	0.06
22/04/1994	0.02
01/07/1994	0.03
14/10/1994	0.45
09/12/1994	0.08
26/05/1995	0.043
21/07/1995	0.096
17/11/1995	0.15
02/02/1996	0.051
17/05/1996	0.248
21/06/1996	0.035
25/10/1996	0.035
24/01/1997	0.115
06/06/1997	0.023
01/08/1997	0.306
06/02/1998	0.085
20/03/1998	0.09
22/05/1998	0.116
17/07/1998	0.117
04/09/1998	0.054
04/03/1999	0.84
25/05/1999	0.038
19/03/2000	0.08
24/05/2000	0.05
25/06/2000	0.044
04/09/2000	0.078
16/03/2001	0.07
26/05/2001	0.07
24/06/2001	0.074
01/09/2001	0.075



III. CUADROS CON LOS DATOS DE  
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS  
PARÁMETROS DE COLOR Y  
TURBIEDAD, NITRITOS Y NITRATOS,  
CLORUROS Y FLUORUROS, SULFATOS Y  
HIERRO, HIERRO Y DUREZA, pH Y  
TEMPERATURA

**Desviación estándar de los parámetros**

**color y turbiedad**

Color	Turbiedad
46	26
72	120
700	85
420	33
160	20
90	38
47	97
120	91
220	17
280	66
20	18
260	80
97	36
540	11
145	3.5
58	27
32	55
190	21
390	11
97	3
59	370
12	160
6000	11
980	9
720	8
44	5.8
37	3.6
25	30
120	22
140	7
31	2.4
900	200
65	17
59	15
61	14
1300	215
280	70
180	40
34	6.6
68	19
1100	200
15	3.00
20	3
20	3.3
390	90
4200	1000
62	12
70	24
42	80
200	100
498	30
170	50
80	15
60	5
72	66
168	55

**Desviación estándar**  
**712.0881867**

**Desviación estándar de los parámetros  
nitritos y  
nitratos**

Nitritos	Nitratos
0.0033	31.5
0.0033	5.5
0.0033	9.9
0.0033	4.4
0.0033	13.2
0.0099	14.3
0.0033	17.6
0.0033	45
0.165	25.3
0.0033	11.88
0.0033	3.52
0.0033	13.64
0.0033	7.26
0.00425	19.58
0.0033	9.24
0.0033	4.62
0.0033	1.32
0.0066	7.92
0.0066	13.42
0.0033	6.6
0.0033	5.06
0.016	6.38
0.0066	12.8
0.0099	37.4
0.0033	19.8
0.0033	2.42
0.0033	1.76
0.0033	1.54
0.0033	5.28
0.0033	8.36
0.0033	1.54
0.0066	12.32
0.0033	35
0.0066	16.4
0.0033	26.4
0.01	20.24
0.0033	11.88
0.0066	7.92
0.0033	6.6
0.0033	5.72
0.0033	30.8
0.0033	3.3
0.0033	4.18
0.0066	4.18
0.0033	20.9
0.0099	30.8
0.0066	3.52
0.0033	5.72
0.0033	3.48
0.01	5.3
0.0033	4.9
0.0033	17.8
0.0033	3.2
0.0066	5.2
0.0032	3.9
0.0033	16.7

**Desviación estándar**  
**9.444200402**

**Desviación estándar de los parámetros**

**cloruros y fluoruros**

Cloruros	Fluoruros
21	0.09
17.5	0.2
17.5	0.07
19	0
19	0.16
17.5	0.12
19.5	0.04
15	0.31
11.5	0.32
10	0.14
11.5	0.25
7.5	0.04
7.5	0.19
15	0.05
6	0.21
8	0.15
6	0.19
6.5	0
8	0.17
11	0.23
10.5	0.17
12.5	0.48
9	0
8.5	0
7.5	0
7.5	0.2
5	6.06
7.5	0.24
6.5	0.07
12.5	0.19
15	0.04
10	0.64
7	0.26
10	0
7	0.22
8	0.12
7.5	0
6.5	0.19
10	0.05
6	0.06
8	0.27
10	0.07
10	0.07
7.5	0.3
7.5	0.2
9	0.2
7	0.13
10	0.2
7	0.17
14	0.2
18	0.13
13	0.08
8	0.3
15	0.22
17	0.14
12	0.1

**Desviación estándar**  
**6.078261845**



**Desviación estándar de los parámetros sulfatos y hierro**

Sulfatos	Hierro
2	1.59
10	0.9
29	4.45
10	3.93
12	2.6
5	1.84
4	0.7
41	0.95
21	2.9
3	2.22
1	0.38
3	2.54
3	1.17
16	3.43
2	0.32
2	0.2
1	0.19
9	1.52
24	3.43
4	1.59
1	0.88
6	0.19
12	5.27
19	4.13
16	4.45
7	1.14
7	0.44
2	0.32
12	1.56
1	1.97
2	0.15
3	3.17
6	0.63
4	0.7
5	0.63
3	4
2	1.15
2	1.49
1	0.32
2	1.14
2	3.68
1	0.07

**Desviación estándar  
6.346111736**

**Desviación estándar de los parámetros hierro y dureza total**

Hierro	Dureza T
1.59	48
0.9	46
4.45	54
3.93	52
2.6	50
1.84	48
0.7	56
0.95	44
2.9	54
2.22	44
0.38	66
2.54	54
1.17	60
3.43	70
0.32	68
0.2	58
0.19	54
1.52	60
3.43	66
1.59	72
0.88	60
0.19	84
5.27	76
4.13	68
4.45	80
1.14	60
0.44	76
0.32	72
1.56	70
1.97	62
0.15	56
3.17	62
0.63	74
0.7	60
0.63	56
4	60
1.15	86
1.49	58
0.32	70
1.14	80
3.68	70
0.07	70

**Desviación estándar  
30.78448084**

**Desviación estándar de los parámetros pH y temperatura**

pH	Temp
7	17
6.9	18
7	19
6.9	19
7.1	17
6.8	21
7.4	19
7.2	18
6.8	17
7.1	17
7	16
6.8	16
7.2	17
7.1	15
7.3	22
7.2	16
7.3	16
7.1	16
7.2	14
7.4	15
7.6	21
7.6	20
7.6	19
7.4	18
7.4	14
7.3	14
7.7	19
7.2	17
7.2	17
7.5	15
7.6	18
7.2	17
7.1	19
6.6	15
7.9	14
7.9	22
7.9	17
7.9	17
8.1	14
8.2	23
8	18
7.9	15

**Desviación estándar  
5.620183838**



---

Ing. Mario Roberto Hernández Morán  
**INVESTIGADOR**



---

Ing. Msc. Zenón Much Santos  
**ASESOR**