

**EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS
DE LA PARTE ALTA DEL RIO FONCE**

**JAIME YAMID LAMUS SIERRA
PABLO FERNANDO PEDRAZA FERREIRA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA
2004**

**EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS
DE LA PARTE ALTA DEL RIO FONCE**

**JAIME YAMID LAMUS SIERRA
PABLO FERNANDO PEDRAZA FERREIRA**

**Tesis de grado para optar a el titulo de
Químico**

**Directora: LUZ YOLANDA VARGAS FIALLO
QUÍMICA. Msc.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA
2004**

DEDICATORIA

A Dios,
Por estar siempre junto a mi
Y no permitirme desfallecer.

A mis padres, Gabriel y Hortensia
Porque siempre me brindaron todo el
Amor, cariño y comprensión.
Porque me enseñaron que la vida es un
Camino lleno de obstáculos, pero con un
Final lleno de satisfacciones.
A ellos porque los amo.

A mis hermanos Nancy; Gabriel, y Pedro
Por darme todo el cariño que necesite
Por el espíritu emprendedor que les aprendí
Y por sus ganas de luchar es que estoy aquí.

A todos mis amigos
Porque en ellos siempre encontré
el apoyo incondicional de un Hermano.

PABLO FERNANDO

DEDICATORIA

El camino orientado al conocimiento
lleva consigo diversos obstáculos,
los cuales son superados con la ayuda
que inspiran quienes están a nuestro lado y
a quienes amamos.

Por eso este nuevo esfuerzo está dirigido:

A mi amigo y Padre Celestial, quien fortalece mi vida
me conforta y me regala cada día nuevos dones
para proclamar su grandeza.

Al amor de mis Padres Jaime y Rosa;
Que me demuestran que la vida tiene un significado,
Y que no hay gozo más grande, que obtener un logro
con esfuerzo y sacrificio.

A la compañía de mis hermanos Wilmer y Luz Dary,
la que me anima para superar cada prueba
en este largo camino.

A la fuerza que me inspiró mi sobrino Nicolás,
quien llegó a remover mi vida.

A mi familia y amigos; que llenan mi vida
de alegría, caminan junto a mí, y me
incitan a luchar con tenacidad.

Gracias a todos por hacer parte
de mi historia de vida.

JAIME YAMID

AGRADECIMIENTOS

A nuestra directora de proyecto, Msc. **YOLANDA VARGAS FIALLO**. Por la orientación y confianza brindada.

A **RICARDO RESTREPO** por su orientación e incondicional ayuda

A **JOHANA MILENA LAYTON** por compartir toda su experiencia.

A **JOHANA RIVEROS** por hacer mas fácil y acogedora nuestra investigación.

A todos y cada uno de los profesores que guiaron nuestras vidas en el camino hacia el triunfo.

A todas las personas que de una u otra forma nos apoyaron durante el transcurso de esta investigación.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	21
1 FUNDAMENTO TEÓRICO	24
1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA	24
1.1.1 Municipio de Encino	24
1.1.2 Municipio de Coromoro	25
1.1.3 Municipio de Ocamonte	25
1.1.4 Municipio de Charalá	26
1.1.5 Municipio del Páramo	27
1.1.6 Municipio de Curití	27
1.1.7 Municipio de Valle de San José	28
1.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA	29
1.2.1 La industria como agente contaminante	30
1.2.2 El agua caliente como contaminante	30
1.2.3 Principales contaminantes del agua	31
1.3 CARACTERIZACIÓN FISICOQUIMICA	33
1.3.1 Dureza	33
1.3.2 Alcalinidad	34
1.3.3 pH	34
1.3.4 Color	35
1.3.5 Conductividad	35
1.3.6 Demanda de oxígeno	36
1.3.7 Sólidos	36
1.3.8 Nitrógeno	37
1.3.9 Fósforo	38
1.3.10 Grasas y aceites	38

1.3.11 Tensoactivos	39
1.3.12 Coliformes totales y fecales	39
1.4 MARCO LEGAL	40
1.4.1 Decreto No 1594 del 26 de junio de 1984	40
1.5 INSTRUCTIVO PARA LA TOMA DE MUESTRAS PARA EL ANALISIS FISICOQUÍMICO DE CALIDAD DE AGUAS NATURALES.	42
1.5.1 Formato de captura de datos	43
1.5.2 Toma de muestras	43
1.5.3 Llenado de recipientes	44
1.5.4 Plan de muestreo	45
1.6 MODELO DE MUESTREOS DE CAMPO	46
1.7 INDICES DE CONTAMINACIÓN	49
1.7.1 Índice de contaminación por mineralización	52
1.7.2 Índice de contaminación por materia orgánica	52
1.7.3 Índice de contaminación por sólidos suspendidos	52
1.7.4 Índice de contaminación por pH	53
1.7.5 Índice de contaminación trófico	53
2. METODOLOGÍA	54
2.1 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	54
2.2 TOMA DE MUESTRAS	54
2.3 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUIMICOS	55
2.4 ANALISIS DE DATOS	55
2.4.1 Índice de contaminación por mineralización	55
2.4.2 Índice de contaminación por materia orgánica	57
2.4.3 Índice de contaminación por sólidos suspendidos	57
2.4.4 Índice de contaminación por pH	58

2.4.5 Índice de contaminación tráfico	58
3. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS	59
3.1 ANALISIS DE RESULTADOS PARA EL MUNICIPIO DE ENCINO	63
3.2 ANALISIS DE RESULTADOS PARA EL MUNICIPIO DE COROMORO	65
3.3 ANALISIS DE RESULTADOS PARA EL MUNICIPIO DE OCAMONTE	68
3.4 ANALISIS DE RESULTADOS PARA EL MUNICIPIO DE CHARALA	71
3.5 ANALISIS DE RESULTADOS PARA EL MUNICIPIO DEL PARAMO	74
3.6 ANALISIS DE RESULTADOS PARA EL MUNICIPIO DE CURITÍ	71
3.7 ANALISIS DE RESULTADOS PARA EL MUNICIPIO DE VALLE DE SAN JOSE	79
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	84
ANEXOS	87

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores admisibles del agua para consumo humano y doméstico.	35
Tabla 2. Valores admisibles del agua para consumo humano	35
Tabla 3. Valores admisibles del agua para uso agrícola	36
Tabla 4. Valores admisibles del agua para contacto primario	37
Tabla 5. Valores admisibles del agua para contacto secundario	37
Tabla 6. Relación entre los valores ICO y el grado de Contaminación de las aguas	54
Tabla 8. Valores encontrados para los ICO del municipio de Encino	56
Tabla 10. Valores encontrados para los ICO del municipio de Coromoro.	59
Tabla 12. Valores encontrados para los ICO del municipio de Ocamonte	62
Tabla 14. Valores encontrados para los ICO del municipio de Charalá	65
Tabla 16. Valores encontrados para los ICO del municipio del Páramo	68
Tabla 18. Valores encontrados para los ICO del municipio de Curití	71
Tabla 20. Valores encontrados para los ICO del municipio del Valle de San José	73

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Coliformes fecales para el municipio de Encino	56
Gráfica 2. Coliformes fecales para el municipio de Coromoro	59
Gráfica 3. Coliformes fecales para el municipio de Ocamonte	62
Gráfica 4. Coliformes fecales para el municipio de Charalá	65
Gráfica 5. Coliformes fecales para el municipio del Páramo	68
Gráfica 6. Coliformes fecales para el municipio de Curití	71
Gráfica 7. Coliformes fecales para el municipio del Valle de San José	73

LISTA DE ANEXOS

	Pág
Anexo 1. Parámetros Físicoquímicos y su método de análisis	83
Anexo 2. Determinación gráfica de los ICO	84
Anexo 4. Caracterización físicoquímica de cada una de las Muestras de agua para cada municipio. (software acompañante)	115
Anexo 3. Fotografías	116

TITULO: EVALUACION DEL ESTADO DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS DE LA PARTE ALTA DEL RIO FONCE.*

**AUTORES : PEDRAZA, Ferreira. Pablo Fernando **
LAMUS, Sierra. Jaime Yamid ****

PALABRAS CLAVES: Contaminación, impacto ambiental, ríos, índices de contaminación.

DESCRIPCIÓN:

El agua es uno de los compuestos más importantes para el hombre, debido a sus amplias aplicaciones, entre ellas las relacionadas con el consumo humano, actividades domésticas, actividades agrícolas, usos recreacionales, entre otras. Pero la utilización inadecuada de las fuentes hídricas ha producido su alta contaminación, con las consecuencias lógicas en la salubridad del ser humano y otros organismos vivos. Es por ello que las evaluaciones del estado de calidad de las aguas se hacen necesarias y de suma importancia.

En ese sentido, el presente trabajo de grado realiza una evaluación del estado de contaminación de la parte alta del río Fonce, de Santander. Para el mismo, se ha elegido una amplia variedad de parámetros fisicoquímicos establecidos por norma en el decreto 1594/84 (valores máximos permisibles) para contacto primario y secundario y de índices de contaminación (ICO), que relacionan todas las variables fisicoquímicas antes mencionadas. Ellos son: los índices de contaminación por materia orgánica (ICOMO), índice de contaminación por mineralización (ICOMI), índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), índice de contaminación por pH (ICOpH) , e índice de contaminación trófico (ICOTRO). Mediante estos se califican diferentes cualidades de las aguas que permiten caracterizar el tipo de problema ambiental existente (sin tener que recurrir a la observación de cada una de las variables fisicoquímica evaluadas), y por lo tanto, posibilitando formular posibles soluciones para evitar la contaminación de un curso hídrico.

Los resultados obtenidos bajo la aplicación de los ICO arrojan valores muy altos por contaminación con materia orgánica, de acuerdo a los valores obtenidos en la DBO, y coliformes totales. Consecuencias de la descarga producida, en su mayor parte, por los municipios ubicados sobre la cuenca de la parte alta del río Fonce. Situación que sugiere la necesidad de la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales en dichos municipios.

* Tesis

** Facultad de ciencias, Escuela de Química, Luz Yolanda Vargas Fiallo.

ABSTRACT

TITLE: ASSESSMENT OF THE POLLUTION STATE OF THE WATERS AT THE UPPER PART OF FONCE RIVER*

AUTHORS: LAMUS SIERRA, Jaime Yamid
PEDRAZA FERREIRA, Pablo Fernando****

KEY WORDS: Pollution, Impact on the environment, Rivers, Pollution rating

Description:

Water is one of the most important compounds for humans, due to the fact that it has lots of implementations, such as those related to human consumption, domestic and agricultural activities, recreational use, and so forth. But the inappropriate use of the water sources has caused their high contamination, with the logical consequences for health in human beings and living organisms. For that reason, an assessment of the water quality is necessary and of the utmost importance.

In that way, this research work develops an assessment of the pollution state of the waters at the upper part of "Fonce" river, in the department of Santander (Colombia). For that work, a wide variety of physical-chemical parameters are chosen, following the regulation laid down by the government decree 1594/84 (maximum measures permitted) for primary and secondary contact, and for pollution rating (ICO), that relate all the physical-chemical variables mentioned above. Those are: Pollution rating by Organic Matters (ICOMO), Pollution rating by Mineralization (ICOMI), Pollution rating by Hung Solids (ICOSUS), Pollution rating by pH (ICOpH), and Trophic Pollution rating (ICOTRO). By means of those ones, different water qualities are rated, and that permits to characterize what sort of environmental problem exists (without resorting to observe each one of the physical-chemical variables assessed); and therefore, some possible solutions are formulated for preventing the pollution of that water current.

The results obtained under the implementation of the ICO's show a very high pollution rating with organic matters, in accordance with the measures obtained in the oxygen biochemical demand (DBO) and total coliforms. All that as a consequence of the organic unloading produced, on the whole, by the municipalities located on the upper river sides. That situation shows the necessity of the setting up of a residual water treatment plant in each town.

* Thesis

** Science Faculty, Chemistry School, Luz Yolanda Vargas Fiallo

INTRODUCCIÓN

El agua por sus características de disolvente universal y por su papel esencial en los organismos, se ha convertido en una de las sustancias de mayor utilización en las muy diversas actividades humanas. Pero el manejo inadecuado de los recursos hídricos por parte del hombre, ha alterado su composición en muchos lugares del planeta, y de paso, afectado los procesos y resultados de los diferentes usos que se hacen de estos.

En el caso del Río Fonce, una de las más importantes corrientes hídricas del departamento de Santander, las alteraciones que puedan estar presentándose en su composición, incidirán en los diferentes usos que se hacen de sus aguas: consumo humano y animal; riego de cultivos y la práctica de deportes acuáticos y otras actividades ecoturísticas, principalmente.

Por ello, se desarrolló el presente trabajo investigativo, que consistió en un análisis de sus aguas en la parte de su cuenca ubicada en las jurisdicciones de los municipios de Encino, Charalá, Coromoro, Ocamonte, Páramo, Valle de San José y Curití. Para el análisis evaluativo, se tomaron los parámetros fisicoquímicos establecidos en el decreto 1594/84, que a su vez fueron valorados mediante Índices de Contaminación (ICO), estableciéndose de esta forma el grado de contaminación de esta fuente hídrica en el sector ya mencionado y por comparación con los valores considerados normales por los mismos, el nivel de adecuación para los diferentes usos que se hacen de sus aguas.

La metodología del proceso de análisis del Río Fonce se basó en la toma de muestras integradas-compuestas y su posterior análisis de laboratorio para establecer el nivel cuantitativo de los indicadores tomados como referencia.

Los resultados obtenidos en general, muestran una contaminación muy alta sobre los afluentes del Río Fonce en su cuenca alta, por materia orgánica y coliformes totales, lo que hace riesgoso la utilización de este recurso hídrico para consumo humano, tanto en contacto primario como secundario. Ello porque este grado crítico de contaminación puede acarrear consecuencias, como la incidencia de enfermedades infectocontagiosas en los humanos, y afectar negativamente el desarrollo de plantas y animales que se surten de este recurso.

Por otra parte, se hace importante resalta los efectos sobre el ecoturismo, uno de los renglones económicos que se presentan en la actualidad como alternativa de desarrollo de los municipios ubicados en la cuenca del Río Fonce, específicamente, en lo que se refiere a la practica de deportes acuáticos, la cual podría ser restringida como consecuencia de los niveles críticos de contaminación. Respecto a los demás índices evaluados, sus valores fueron casi nulos, lo que pone en evidencia que la contaminación referida es consecuencia únicamente y en su mayor proporción por la descarga orgánica sobre sus aguas, por parte de los municipios ubicados en su cuenca.

Las recomendaciones más importantes que se pueden hacer, de acuerdo con los resultados obtenidos son la continuación de los estudios sobre el Río Fonce, dada la gran importancia que esta fuente

hídrica tiene para una vasta región de Santander, y con base en esa información implementar desde ya un plan de para su recuperación. La oportunidad y pertinencia de las medidas que se tomen será clave, antes que el deterioro de este recurso hídrico se haga inmanejable y el impacto ambiental del mismo sea irreparable.

1. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA ^(1,2)

El proyecto se desarrollará en la cuenca del Río Fonce que abarca los siguientes municipios:

1.1.1 Municipio de Encino

Localización: 06° 08' 27'' latitud norte y 73° 06' 07'' longitud oeste.

Altura sobre el nivel del mar: 1870 m.

Temperatura promedio: 18°

Precipitación media anual: 3281 mm.

Área: 418 km²

Población; 255 h en el sector urbano y 2153 h en el sector rural.

El terreno es montañoso y su relieve corresponde a la cordillera oriental, Al noroeste se encuentra un sector plano formado por los valles de los ríos Negro, Guachavita y Pienta.

Presenta cuatro vertimientos. El principal abarca la mayor parte del casco urbano y consiste en la descarga de aguas domésticas a la quebrada el Guamo. Un segundo vertimiento conduce las aguas lluvias y de las aguas servidas del matadero y de casas cercanas al mismo. El tercer vertimiento conduce las aguas residuales domésticas del sector donde se construyo un conjunto de casas nuevas. Y el cuarto

vertimiento, ubicado en los alrededores de la escuela que se encuentra a la entrada del casco urbano.

1.1.2 Municipio de Coromoro

Localización: 06° 17' 63'' latitud norte y 73° 02' 39'' longitud oeste.

Altura sobre el nivel del mar: 1540 m.

Temperatura media: 20 °C

Precipitación anual media: 2748 mm

Área municipal: 554 km².

Población: 592 h en el sector urbano y 5874 h en el sector rural.

El territorio es montañoso y esta bañado por los ríos Coromoro, Changres, Yama, además de otras corrientes menores.

Las aguas residuales domésticas son vertidas en dos puntos principales; uno en el río Yama y comprende las aguas residuales domésticas producidas por el municipio. El otro se descarga a la Quebrada la Sopera y se encuentra ubicado sobre el margen izquierdo de la entrada al casco urbano por la vía que comunica con el municipio de Charalá.

1.1.3 Municipio de Ocamonte

Localización: 06° 20'36'' de latitud norte y 73° 07'37'' de longitud oeste.

Altura sobre el nivel del mar: 1430 m.

Temperatura media: 20 °C

Precipitación media anual: 2769 mm.

Área municipal: 74 km²

Población: 544 h en el sector urbano y 4404 h en el sector rural.

El territorio se extiende hacia el margen derecha de río Fonce y en su mayoría es montañoso. Lo riegan el río Fonce y las quebradas de Morarí, Piedras y Salitre, además de varias corrientes menores.

Presenta tres vertimientos. El principal descarga sobre la quebrada La Morarí. Otro se ubica contiguo a la escuela San José y descarga directamente a la quebrada La Mugre y un tercero descarga sobre la quebrada Las Piedras.

1.1.4 Municipio de Charalá

Localización: 06° 17'24'' latitud norte y 73° 09'03'' de longitud oeste.

Altura sobre el nivel del mar: 1290 m.

Temperatura: 21°C.

Precipitación media anual: 2600 m.

Área Municipal: 411 km²

Población: 6090 h en el sector urbano y 6153 h en el sector rural.

El territorio es montañoso y de planicies. Por el tamaño del municipio, se presentan una serie de vertimientos en puntos diversos y alejados unos de otros. Entre ellos los siguientes:

- El vertimiento principal, que presenta dos descargas las cuales dan al río Pienta.
- Vertimiento sobre la quebrada Simacota, con dos descargas de caudales similares y pequeños.

- Vertimiento sobre el río Taquiza, donde desembocan las aguas residuales del hospital y del barrio Villa María. Su caudal es muy pequeño y presenta deterioro en el tramo final debido a que en este sector se presentan movimientos de volquetas areneras.
- Vertimiento sobre el río Pienta donde desembocan las aguas del barrio Oscar Martínez Salazar; está situado a unos 10 metros arriba de la unión con el Taquiza. Su caudal es pequeño pero constante.
- Vertimiento sobre la quebrada Tinto.

1.1.5 Municipio del Páramo

Localización: 06° 25'08'' de latitud norte y 73° 10'24'' de longitud oeste.

Altura sobre el nivel del mar: 1390 m

Temperatura media: 20°C.

Precipitación media anual: 1731 m

Área municipal: 74 km²

Población: 715 h en el área urbana y 2087 h en el área rural.

Riegan su territorio los ríos Fonce y otras corrientes menores. Sólo hay un vertimiento para la evacuación de las aguas residuales domésticas, el cual hace su descarga en la quebrada la Fuente.

1.1.6 Municipio de Curití

Localización: 6° 36' 36'' de latitud norte y 73° 04'18'' longitud oeste.

Altura sobre el nivel del mar: 1480 m.

Temperatura promedio: 20°C.

Precipitación media anual: 1473 mm

Área: 238 km²

Población; 2714 h en el sector urbano y 6381 h en el sector rural.

El territorio en su mayor parte es montañoso; presenta zonas onduladas y partes quebradas y abruptas en la región cercana al Chicamocha. Bañan el municipio los ríos Chicamocha y las quebradas Cantabara y Curití.

El municipio de Curití presenta un sistema de alcantarillado mixto para aguas residuales domésticas, las cuales son drenadas por gravedad hasta el sitio de tratamiento. Este proceso consta de cribado y sedimentación, tratamiento primario con un reactor UABS y dos lagunas de oxidación aeróbicas. Finalmente, las aguas tratadas son vertidas a la quebrada Curití, la cual es captada para el consumo humano de la población de San Gil. Las aguas tratadas presentan un color verdoso, debido a la presencia de plantas acuáticas.

1.1.7 Municipio del Valle de San José

Localización: 06° 27'03'' de latitud norte y 73° 08'53'' de longitud oeste.

Altura sobre el nivel del mar: 1400 m

Temperatura media: 22 °C.

Precipitación media anual: 1717 mm.

Área del municipio: 82 km²

Población: 1544 h en el sector rural y 6589 h en el sector urbano.

La mayor parte del territorio es montañoso y su relieve corresponde a la cordillera oriental. Lo riegan los ríos Fonce, Mogoticos y Monas, además de varias corrientes menores.

El municipio cuenta con un sistema de alcantarillado exclusivo para aguas residuales, las cuales son tratadas en una planta ubicada a la entrada del pueblo. Esta planta trata aproximadamente el 50% de efluente contaminante, que finalmente hace la descarga al río Fonce.

El vertimiento principal lo constituyen las aguas que son tratadas en el biodigestor, que al salir se depositan directamente al río Fonce. A la fuente de las aguas residuales confluyen tanto aguas sin tratamiento como las que se dividen de la trampa de grasas de la PTAR, que no entran en el sistema.

1.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA ^(3,4,5,6)

El término contaminación es una designación general, igual que “calidad del agua” y se interpreta de diferentes maneras. Aplicado al agua, suele significar una degradación o deterioro de la calidad de ella que la hace inaprovechable. Se considera este deterioro provocado por el hombre y no debido a causas naturales. También se puede definir la contaminación del agua como la incorporación al este líquido de sustancias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales.

No se puede llegar a considerar que el agua era pura antes de la aparición del hombre. Los estudios geológicos han demostrado que sólo durante breves periodos geológicos, el aire y el agua fueron puros.

Pero, sólo cuando el hombre habitó en pueblos y luego en ciudades, surgió el problema del agua. El deterioro del agua se comenzó cuando las poblaciones empezaron a verter desechos en ríos y depósitos de este líquido. Los efectos de la contaminación sólo fueron aceptados cuando surgió la teoría de los gérmenes. Fue tan solo a mediados del siglo XIX, que se relacionó enfermedades tales como el cólera y la fiebre tifoidea con la contaminación del agua.

1.2.1 La industria como agente contaminante. La industria necesita agua en grandes cantidades, para la elaboración de productos, para enfriamiento y calefacción, lavado, clasificación y traslado de materiales. Los alimentos elaborados, bebidas y la mayoría de los sintéticos requieren agua de alta calidad. También se utiliza el agua para la eliminación de desechos. La refinación y el chapeado de metales, producen ácidos, álcalis y sales que son sumamente dañinos si se vierten en los ríos y lagos. Las fábricas de papel son industrias que requieren grandes cantidades de agua y sus desechos contienen fibras y productos químicos.

En otras épocas, los ríos diluían los desechos; la materia orgánica era oxidada y la inorgánica disuelta o llevada. Pero actualmente, esta capacidad de auto purificación del agua, en muchos lugares, ha llegado a su límite. Ya no se puede seguir asimilando y estabilizando los desechos. Este factor pone en grave riesgo la vida.

1.2.2 El agua caliente como contaminante. El agua en su estado natural suele estar fría. Por ello, el agua a altas temperaturas es en si un contaminante. La temperatura del agua determina las especies vivas que pueden subsistir en ella, ya que este factor gobierna la

cantidad de oxígeno. La mayor parte del uso industrial del agua es para fines de enfriamiento; las centrales térmicas, las acerías, refinarías de petróleo y otra plantas industriales, toman grandes cantidades de agua para este fin. Esta agua, en cantidad menor vuelve a las fuentes hídricas a unas temperaturas de hasta 80°C. Ello lleva a que el oxígeno se combine más rápidamente con los desechos orgánicos, y su nivel de existencias desaparezca aún totalmente, afectando los ecosistemas en torno a las fuentes hídricas.

1.2.3 Principales contaminantes del agua. La contaminación del agua es un problema local, regional y mundial, y está estrechamente relacionado con la contaminación del aire y con el modo en que usamos el recurso de la tierra. Los siguientes se pueden considerar como los tres tipos principales de contaminantes del agua:

❖ **Contaminantes físicos.** Afectan el aspecto del agua y cuando flotan o se sedimentan interfieren con la flora y fauna acuáticas. Son líquidos insolubles o sólidos de origen natural y diversos productos sintéticos que son arrojados al agua como resultado de las actividades del hombre, así como espumas, residuos oleaginosos y el calor (contaminación térmica).

❖ **Contaminantes químicos.** Incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o dispersos en el agua. Los contaminantes inorgánicos son diversos productos disueltos o dispersos en el agua, que provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo. Los principales son cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos. También desechos ácidos, alcalinos y gases tóxicos disueltos en el agua como los óxidos de azufre, de nitrógeno, amoníaco,

cloro y sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico). Gran parte de estos contaminantes son liberados directamente a la atmósfera y bajan arrastrados por la lluvia. Esta “lluvia ácida” tiene efectos nocivos que pueden observarse tanto en la vegetación como en los edificios y monumentos de las ciudades industrializadas.

❖ **Contaminantes orgánicos.** También son compuestos disueltos o dispersos en el agua que provienen de desechos domésticos, agrícolas, industriales y de la erosión del suelo. Son desechos humanos y animales, de rastros o mataderos, de procesamiento de alimentos para humanos y animales, diversos productos químicos industriales de origen naturales como aceites, grasas, breas y tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas, etc. Los contaminantes orgánicos consumen el oxígeno disuelto en el agua y afectan la vida acuática (eutroficación).

Las concentraciones anormales de nitrógeno en el agua, tales como el amoníaco y los cloruros, se utilizan como índice de la presencia de dichas impurezas contaminantes en el agua.

❖ **Contaminante biológicos.** Incluyen hongos, bacterias y virus que provocan enfermedades, algas y otras plantas acuáticas. Algunas bacterias son inofensivas y otras participan en la degradación de la materia orgánica contenida en el agua. Ciertas bacterias descomponen sustancias inorgánicas.

Otras formas de contaminación del agua, incluye los sedimentos, que son partículas de suelo o sólidos de basura que se acumulan en el fondo de depósitos y corrientes de agua. Otras partículas no forman

sedimentos, flotan cerca de la superficie del agua enturbiándola y obstaculizando el paso de la luz. De esta forma se afecta la fotosíntesis de las plantas acuáticas, disminuyendo el proceso de oxigenación. Si los sedimentos acarrean sustancias tóxicas, pueden producir, a través de las cadenas alimentarias, la muerte varios de los organismos acuáticos.

1.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA ^(7,8,9,10)

1.3.1 Dureza

Como aguas duras se consideran aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua. En la práctica se considera que la dureza es causada por iones metálicos divalentes capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones.

desde el punto de vista sanitario, las aguas duras son tan satisfactorias para el consumo humano como las aguas blandas; sin embargo, un agua dura requiere demasiado jabón para la formación de espuma y crea problemas de lavado. El valor de la dureza determina, por lo tanto, su conveniencia para uso doméstico e industrial y la necesidad de un proceso de ablandamiento.

1.3.2 Alcalinidad

La alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, como su capacidad para reaccionar con los iones hidrógeno, como su capacidad para aceptar protones o como la medida de su contenido de sustancias alcalinas (OH^-). La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampona del agua.

En aguas naturales la alcalinidad es debida generalmente a la presencia de tres clases de compuestos: bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.

La alcalinidad del agua se determina por titulación con ácido sulfúrico y se expresa como mg/L de carbonato de calcio.

1.3.3 pH

La concentración de iones hidronio de una muestra de agua se mide en unidades de pH. Este parámetro es de importancia en un cuerpo de agua por cuanto depende tanto de factores bióticos como abióticos; procesos bioquímicos, geoquímicos y de intercambio gaseoso, son responsables de la cinética del pH.

El pH de un determinado cuerpo de agua, ofrece indicios acerca del tipo de suelo de la cuenca, su grado de deforestación y el posible aporte de contaminación al río.

1.3.4 Color

Las causas mas comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales.

La remoción del color es una función del tratamiento del agua y se practica para hacer un agua adecuada para usos generales o industriales. La determinación del color es importante para evaluar las características del agua, la fuente del color y la eficiencia del proceso usado para su remoción.

La unidad del color es el color producido por un mg/L de platino, en la forma de ion cloroplatinato.

1.3.5 Conductividad

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por lo tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad. Por ello, el valor de la conductividad es muy usado en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.

La forma más usual de medir la conductividad en aguas es mediante instrumentos comerciales de lectura directa en μ hom/cm a 25 °C con un error menor del 1%.

1.3.6 Demanda de Oxígeno

La oxidación por medios químicos de la materia orgánica constituye la demanda química de oxígeno o DQO. Por su parte, la descomposición de la materia orgánica por vías biológicas (microbios) se denomina demanda bioquímica de oxígeno, o DBO.

La DBO se mide a través de la DBO_5 , la cual hace referencia a la cantidad de oxígeno que se consume durante un proceso de descomposición de 5 días generalmente a 20 °C, referido a un litro de agua. La DBO_5 es entonces la conjugación de 2 elementos: cantidad de oxígeno y tasa o velocidad con que se requiere.

1.3.7 Sólidos

Se clasifica toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos, como materia sólida.

Sólidos totales: Se define como sólidos la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103 °C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos).

Sólidos disueltos (o residuo filtrable): son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos.

Sólidos suspendidos (residuo no filtrable o material no disuelto): son determinados por filtración a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch. El crisol con su contenido se seca a 103-105 °C; el incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos suspendidos o residuo no filtrable.

Sólidos volátiles: En aguas residuales y lodos, se acostumbra hacer esta determinación con el fin de obtener una medida de la cantidad de materia orgánica presente.

Sólidos Sedimentables: la denominación se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentarán bajo condiciones tranquilas, por acción de la gravedad.

1.3.8 Nitrógeno

Los compuestos de nitrógeno son de gran importancia en la determinación de la calidad de las aguas, por su influencia en el proceso biológico de plantas y animales. El nitrógeno está ligado a los procesos de transformación de la materia orgánica.

El nitrógeno puede existir de muchas maneras y todas de interés para las personas que trabajan en el control de calidad del agua.

El nitrógeno de nitritos raras veces aparece en concentraciones mayores de 1 mg/L, aun en efluentes de plantas de tratamiento de

aguas residuales. En aguas superficiales y subterráneas su concentración es generalmente menor de 0.1 mg/L. Su presencia es generalmente indicativa de procesos activos biológicos en el agua ya que es fácil y rápidamente convertido en nitrato.

1.3.9 Fósforo

El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de plantas y animales; actualmente es considerado como uno de los nutrientes que controla el crecimiento de algas. Las algas requieren para su crecimiento fósforo y, consecuentemente, un exceso de fósforo produce un desarrollo exorbitado de algas, el cual es causa de condiciones inadecuadas para ciertos usos benéficos del agua.

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

1.3.10 Grasas y aceites

En el lenguaje común, se entiende por grasas y aceites el conjunto de sustancias pobremente solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes sobre el agua, muy ofensivas estéticamente. En aguas residuales, los aceites, las grasas y las ceras son los principales lípidos de importancia. El parámetro grasas y aceites incluye los ésteres de ácidos grasos de cadena larga, compuesto con cadenas largas de hidrocarburos, comúnmente con un grupo ácido carboxílico en un extremo; materiales solubles en solventes

orgánicos, pero muy insolubles en agua debido a la estructura larga hidrofóbica del hidrocarburo.

1.3.11 Tensoactivos

Los tensoactivos son sustancias usadas para limpieza; son compuestos de materiales orgánicos superficialmente activos en soluciones acuosas. Las moléculas de los compuestos superficialmente activos son grandes, un extremo de la molécula muy soluble en agua y el otro soluble en aceites; generalmente se usan como sales de sodio o de potasio. Los tensoactivos, en el agua, alteran su tensión superficial y permiten la formación de burbujas estables de aire, gracias a su contenido de agentes superficiales activos o surfactantes, sustancias que combinan en una sola molécula un grupo fuertemente hidrofóbico con uno fuertemente hidrofílico.

Los detergentes causan problemas de espumas en aguas superficiales, lagos, plantas de lodos activados y, en general, en sitios de mezcla turbulenta de aguas residuales. Las moléculas de detergentes tienden a formar capas, sobre la superficie del agua, con la cabeza polar hidrofílica en el agua y la cadena larga de hidrocarburo hidrofóbico, no polar, en el exterior del agua.

1.3.12 Coliformes totales y fecales

El indicador de contaminación microbiológica más comúnmente usado para evaluar la calidad del agua es un grupo de bacterias conocidas como Coliformes.

Los coliformes totales y fecales no sólo se encuentran en la excreta del hombre y de los animales, sino que también están presentes en gran número en el suelo, el agua, los granos, los pastos y los vegetales en descomposición.

Los coliformes diferentes de E. Coli persisten en el suelo o en las superficies más tiempo, por consiguientes, no necesariamente indican contaminación producida por una fuente fecal, en el sentido de que haya habido un contacto inmediato con las heces. Sin embargo, los coliformes son buenos indicadores de un proceso o de un estado sanitario poco satisfactorio.

1.4 MARCO LEGAL ⁽¹¹⁾

1.4.1 Decreto No 1594 del 26 de junio de 1984

❖ **Artículo 38** Los criterios de calidad del agua admisibles para la destinación del recurso humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional:

Tabla 1. Valores admisibles del agua para consumo humano y doméstico

CINC	15 mg/L
COBRE	1.0 mg/L
COLOR	75 unidades
NITRATOS	10 mg/L
NITRITOS	10 mg/L
pH	5.0 – 9.0 unidades
TENSOACTIVOS	0.5 sustancias activas al azul de metileno
COLIFORMES TOTALES	20000 NMP/100 ml
COLIFORMES FECALES	2000 NMP/100 ml

❖ **Artículo 39** Los criterios de calidad del agua admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solo desinfección:

Tabla 2. Valores admisibles del agua para consumo humano y doméstico

CINC	15 mg/L
COBRE	1.0 mg/L
COLOR	20 unidades
NITRATOS	10 mg/L
NITRITOS	10 mg/l
pH	6.5 – 8.5 unidades
TENSOACTIVOS	0.5 sustancias activas al azul de metileno
COLIFORMES TOTALES	1000
TURBIEDAD	10 UNT

❖ **Artículo 40** Los criterios de calidad del agua admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola son los siguientes:

Tabla 3. Valores admisibles del agua para uso agrícola.

CINC	2.0 mg/L
HIERRO	5.0 mg/L
NIQUEL	0.2 mg/L
COBRE	0.2 mg/L
pH	4.5 – 9.0 unidades

❖ **Artículo** Los criterios de calidad del agua admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario, son los siguientes:

Tabla 4. Valores admisibles del agua para contacto primario

COLIFORMES TOTALES	1000 NMP/100 ml
COLIFORMES FECALES	200 NMP/100 ml
OXIGENO DISUELTO	70 % conc. de saturación
pH	5.0 – 9.0 unidades
TENSOACTIVOS	0.5 sustancias activas al azul de metileno

❖ **Artículo 43** Los criterios de calidad del agua admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto secundario, serán los siguientes:

Tabla 5. Valores admisibles del agua para contacto secundario

COLIFORMES TOTALES	5000 NMP/100 ml
OXIGENOS DISUELTO	70 % CONC. DE SATURACIÓN
pH	5.0 – 9.0 unidades
TENSOACTIVOS	0.5 sustancias activas al azul de metileno

1.5 INSTRUCTIVO PARA LA TOMA DE MUESTRAS PARA EL ANALISIS FISICOQUIMICO DE CALIDAD DE AGUAS NATURALES

En este instructivo se describen los requerimientos y cuidados que se deben tener en cuenta para las mediciones de campo y la toma de muestras de aguas naturales para análisis de temperatura, pH, conductividad, sólidos suspendidos, DQO, fosfatos, nitratos, nitritos, nitrógeno total, que son parte de los parámetros correspondientes a las variables de calidad ambiental en aguas naturales en la Red de Calidad Ambiental del Programa de Fisicoquímica Ambiental del IDEAM.

Las actividades descritas fueron ejecutadas por personal capacitado y especializado en la toma de muestras de este tipo de aguas y con

amplios conocimientos en química ambiental y de aguas, ya que ellos forman parte de la cadena de control y vigilancia de las muestras, además de ser los responsables de que la muestra sea lo más representativa posible del cuerpo de agua en estudio y de la validez de los datos tomados en campo, porque hay que tener en cuenta que el resultado final puede ser dependiente del método analítico, pero siempre será dependiente del proceso de muestreo.

El sellamiento de los envases debe ser adecuado, para asegurar que no haya pérdida de la muestra, o que no entre algún tipo de contaminación, ni se presente previa manipulación de las muestras antes de su análisis.

1.5.1 Formato captura de datos

La primera actividad en el sitio de muestreo es diligenciar esquemas de captura de datos con informaciones como ubicación, fecha, horas, observaciones del entorno y condiciones ambientales.

En el formato de captura de datos en campo, que se envía junto con las muestras, deben quedar registradas todas las observaciones a que haya lugar durante el muestreo para un mejor análisis.

1.5.2 Toma de muestras

Las muestras para estos análisis se clasifican, de acuerdo con factores tales como el lavado específico de cada recipiente, la preservación que se debe efectuar y el material del recipiente, así:

Envases para análisis de DBO, sulfatos, tensoactivos, todos los sólidos, conductividad, pH, color, turbiedad, nitratos y nitritos

Envases para análisis de DQO, Nitrógeno Total

Envases para análisis de Fosfatos

Envases para grasas y aceites

Envases para análisis microbiológico (Coniformes Totales y Fecales)

1.5.3 Llenado de recipientes

Se recomienda organizar el total de botellas a llenar por tipo de analito, se marcan de acuerdo al número establecido en el formato y por ubicación, además se escribe el tipo de muestreo (simple, compuesto, integrado), la preservación necesaria y la identificación si se trata de muestra, testigo o muestra adicionada.

Tan pronto se ejecuta el muestreo y la integración, se procede a llenar las diferentes botellas de muestra (aquellas que se pueden componer de acuerdo con el analito, es decir a excepción de grasas y aceites y muestras microbiológicas) evitando la inclusión de material y objetos flotantes, dejando un mínimo de 0.5 cm libre antes de tapanla.

Las botellas para las muestras adicionadas se llenan de la siguiente manera: Se vierte en la botella el contenido del analito adicionado y se llena con muestra, más el reactivo de preservación si lo requiere y se tapan las botellas. Desde el momento de la toma de muestras y hasta su llegada al Laboratorio, éstas se deben conservar en refrigeración a 4°C, evitando la congelación.

Muestras Testigo: La función de los testigos es soportar y monitorear las condiciones de transporte, preservación y almacenamiento de las muestras.

El envío de las muestras debe cumplir con las regulaciones de transporte, en neveras adecuadas como fibra de vidrio para que se conserven las condiciones de refrigeración y advertir que es material delicado y de análisis rápido tan pronto lleguen al laboratorio.

1.5.4 Plan de muestreo

Es una de las partes más importantes dentro del proceso general de planeación. Un cuidadoso diseño de muestreo proporcionará muestras confiables. El plan debe considerar aspectos como el tipo y número de muestras que se deben tomar y los detalles sobre la recolección.

Se puede considerar diferentes tipos de muestras:

Muestra Representativa: Muestra considerada típica del universo en consideración y cuya composición puede ser usada para caracterizar el universo objeto de estudio con respecto al parámetro medido.

Muestra Sistemática: Una muestra tomada de acuerdo a un plan sistemático, con el objeto de estudiar la variabilidad sistemática del universo bajo estudio.

Muestra Aleatoria: Aquella muestra tomada al azar para eliminar problemas de tendencia en la selección y/o suministrar las bases para interpretación estadística.

Muestra Compuesta: Muestra que consta de dos o más incrementos que se combinan para reducir el número de muestras individuales.

En el presente monitoreo las muestras que se tomaron fueron de tipo representativo, integral y compuesta.

Básicamente se pueden considerar tres tipos de planes de muestreo en un proceso de mediciones:

- ❖ **Planes de Muestreo Intuitivo:** Son aquellos basados en el juicio de quien muestrea. Aquí se usa el conocimiento general sobre materiales similares, experiencia e información sobre el sitio de muestreo.
- ❖ **Plan de Muestreo Estadístico:** Se basa precisamente en un muestreo del universo mediante consideraciones estadísticas y ordinariamente suministra las bases de conclusiones probabilísticas. Se pueden involucrar pruebas de hipótesis, hacer predicciones.
- ❖ **Plan de Muestreo por Protocolo:** Están basados en regulaciones que a menudo especifican tipo, tamaño, frecuencia, período de muestreo, localización y tiempo de muestreo. Debe seguirse tal como se diseña.

1.6 ALGUNOS MODELOS DE MUESTREO EN CAMPO

Depende de la complejidad del muestreo, hay numerosos tipos de modelo que se pueden seleccionar, por ejemplo: muestreos puntuales, estratificado en forma de malla, o en forma de nido, en forma de líneas paralelas o líneas transversales, en forma de rayos o de arcos concéntricos.

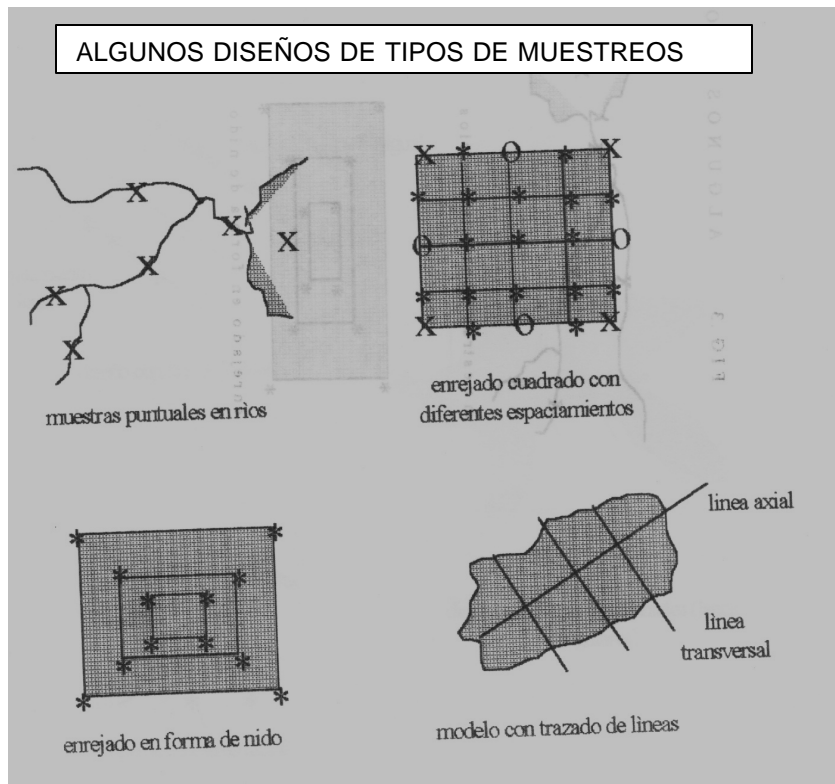
Una vez un modelo ha sido seleccionado, el programa de muestreo debe adherirse en lo posible a él. Sin embargo, hay que advertir que es difícil considerar estos modelos como completamente inflexibles y es tarea del investigador asegurarse de que la información recuperada, por medio de varias técnicas es representativa de las actuales condiciones en campo.

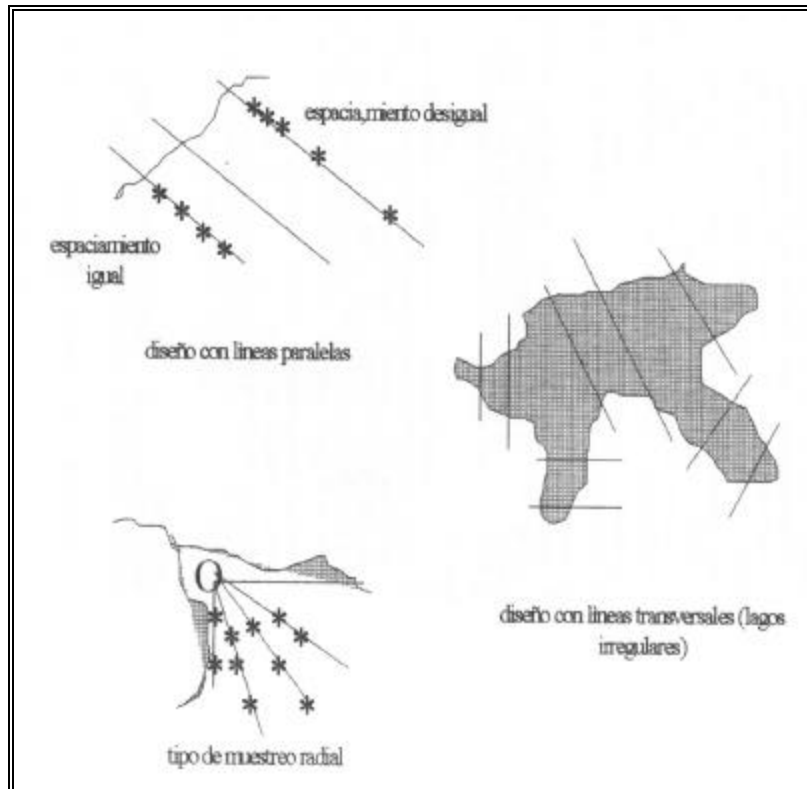
La ventaja del uso y diseño de las mallas se basa en el concepto de que cada muestra es igualmente representativa del área total que está siendo muestreada y que los valores de todas las muestras tienen igual peso (estadísticamente). Es útil en muestreo de lagos grandes y pequeños, lagunas y ciénagas.

El muestreo en forma de rayos (radial) es un medio eficiente para definir las relaciones entre los sedimentos de fondo y las fuentes en forma de pluma, como es el caso de las bocas de los ríos y el espaciamiento de las muestras puede basarse en separaciones lineales o no lineales.

En zonas estuarinas, por ejemplo, los mayores cambios se producen en el eje que va desde dentro hacia fuera de la costa y no a lo largo de ella, por lo tanto sería más conveniente un diseño de líneas paralelas sobre las cuales el espaciamiento de las muestras es la clave para las observaciones (por ejemplo: más muestras en aguas poco profundas y

menos muestras en aguas profundas). Una variación del muestreo de líneas paralelas, que es el de líneas transversales puede ser de gran utilidad para lagos con formas complicadas en su cuenca. En este caso, las líneas se diseñan de tal forma que crucen el eje más largo de cada subcuenca o cada brazo, sin importar la orientación total del lago.





* **FUENTE:** Este instructivo general fue aprobado en la sesión del Comité de Calidad Analítica del 20 de noviembre de 1999, en el INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. PROGRAMA DE FISICOQUIMICA AMBIENTAL DEL IDEAM.

1.7 INDICES DE CONTAMINACIÓN ^(10,12,13)

Las márgenes de los componentes permitidos para destino a consumo humano, vienen definidos en los “criterios de potabilidad”. Hay unos

componentes que definen unos “caracteres organolépticos”, como color, turbidez, olor y sabor. Hay otros que definen los “caracteres fisicoquímicos”, como temperatura, hidrogeniones (pH), conductividad, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, aluminio, dureza total, residuo seco, oxígeno disuelto y anhídrido carbónico libre.

Otro listado contiene los “Otros caracteres” que requieren de especial vigilancia, pues traducen casi siempre contaminaciones del medio ambiente, generados por el propio hombre y se refieren a nitratos, nitritos, amonio, nitrógeno (excluidos NO_2 y NO_3), oxidabilidad, sustancias extraíbles, agentes tensoactivos, hierro, manganeso, fósforo, flúor y deben estar ausentes materias en suspensión.

Otro listado identifica los “caracteres relativos a las sustancias tóxicas” y define la concentración máxima admisible por arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, plomo, plaguicidas e hidrocarburos policíclicos aromáticos. Todos estos caracteres se acompañan de mediciones de otros que son los “microbiológicos” y los de “radioactividad”, y así se conforma una base analítica para definir en principio, el nivel de factibilidad para el consumo humano del agua.

Los “caracteres microbiológicos” se centran en valorar sólo algunos agentes microbianos que se denominan “indicadores de contaminación fecal”. Así se valoraran coliformes totales, coliformes fecales, enterococos fecales y clostridium.

Por su parte, Ramírez y otros, formulan “Cinco índices de contaminación”, los cuales califican diferentes cualidades de las aguas. Los mismos ha sido propuestos a partir de la experiencia acumulada en

programas de monitoreo hidrobiológicos, implementados por la industria petrolera en Colombia y con base en las legislaciones de diferentes países, acordes con las concentraciones de las distintas variables y los usos potenciales del agua. Dichos índices son: ICOMI o de mineralización, ICOMO o de contaminación orgánica, ICOSUS relativa a los sólidos suspendidos, el ICOTRO o trofia del sistema y el ICOpH. Los índices son de fácil estimación (matemática o gráficamente) y permiten puntualizar el tipo de problema ambiental existente.

Para la formulación de los índices se eligieron algunas variables fisicoquímicas que se consideran relevantes por su rol ecológico, o porque en sí mismas conjugan, en forma simultánea, el papel de distintas variables. Dichas variables fueron: conductividad, pH, sólidos suspendidos, oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, fósforo total y coliformes totales.

La conductividad refleja la mineralización de las aguas (sólidos disueltos) y conjuga los cationes sodio, potasio, calcio, magnesio, así como los aniones carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros, principalmente. El pH expresa sus principales correlaciones con componentes de mineralización, como alcalinidad y, en menor forma, con conductividad y sólidos disueltos. Los sólidos suspendidos reflejan una condición distinta a los sólidos disueltos y no denotan correlaciones sistemáticas con las variables propias de la mineralización. El oxígeno no mostró correlaciones de forma repetida con otras variables, hecho que indica que su valor está asociado a condiciones como caudal, velocidad, geografía, capacidad de reaireación o altitud, por lo que muestra independencia con el conjunto de variables referidas. Su papel biológico es fundamental porque define la presencia o ausencia

potencial de todas las especies acuáticas y el tipo aeróbico o anaeróbico prevaleciente en el sistema.

Por su parte, el fósforo total se correlaciona tan sólo con los ortofosfatos. Por ser usualmente el nutriente limitante, define el tipo de organismos vegetales que habrán de prevalecer, así como la eutrofización de los ecosistemas acuáticos. De otra parte, los coliformes totales se correlacionan con los fecales, dado que estos últimos forman los primeros. Exhiben independencia con las variables restantes.

Con base en las correlaciones definidas se formularon los siguientes índices ya mencionados:

1.7.1 Índice de contaminación por mineralización (ICOMI). Expresa en numerosas variables, de las cuales se eligieron: conductividad como reflejo del conjunto de sólidos disueltos, dureza por cuanto recoge cationes calcio y magnesio, y alcalinidad porque hace propio con los aniones de carbonatos y bicarbonatos.

1.7.2 Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO): Al igual que en la mineralización, se expresa en diferentes variables fisicoquímicas de las cuales se seleccionaron demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), coliformes totales y porcentaje de saturación del oxígeno, las cuales en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica, tal como lo demuestra la ausencia de correlaciones con ellas.

1.7.3 Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS):

Se determina tan sólo mediante la concentración de sólidos suspendidos.

1.7.4 Índice de contaminación por pH (ICOpH): Se determina con los valores de pH.

1.7.5 Índice de Contaminación trófico (ICOTRO): Se determina en esencia por la concentración de fósforo total.

2. METODOLOGÍA

2.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se realizó una revisión bibliográfica de los parámetros fisicoquímicos necesarios para evaluar los índices de contaminación. Y de la ubicación de los municipios asentados sobre la parte alta del río Fonce.

2.2 TOMA DE MUESTRAS ⁽¹⁴⁾

El conocimiento de una variable en un sistema se lleva a cabo por su determinación total mediante un número de muestras representativas. El objetivo del muestreo radica en recolectar una reducida cantidad de información que aporte suficiente conocimiento del sistema al cual pertenece, para inferir sobre él sin necesidad de su evaluación total.

Para este trabajo se tomaron muestras integrales compuestas la cual implicó la colecta de una serie de muestras individuales recogidas en diferentes puntos del río en distintos momentos, las cuales se integraron en una sola, para formar una única muestra y se aplicó el muestreo en forma radial. Se tomaron varias muestras tanto en la época de verano como en la época de invierno y se registraron los datos de dos muestras representativas por cada época de muestreo.

Fase de campo

Se realizaron 4 monitoreos por río en cada municipio con frecuencia mensual de recolecta, los dos primeros monitoreos en época de verano, en los meses de noviembre y diciembre y los dos últimos en época de invierno, en los meses de febrero marzo.

En cada una de los ríos se tomaron dos muestras de agua, una antes del paso de este por el municipio y otra a la salida del municipio.

Para el análisis fisicoquímico se tomaron muestras integrales compuestas, exceptuando la muestra para el análisis bacteriológico (coliformes fecales y coliformes totales), la cual fue puntual y tomada en recipientes esterilizados. La preservación de las muestras para los análisis fisicoquímicos se realizaron de acuerdo a las Normas del “Standard Methods of Water and Wastewater”, 20 th, 1998, refrigeradas y almacenadas en recipientes plásticos.

2.3 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS ⁽¹⁵⁾

La metodología utilizada para el desarrollo de los análisis de los parámetros fisicoquímicos fue registrada en la tabla 20. (Anexo 1)

2.4 ANÁLISIS DE DATOS

Los datos obtenidos fueron recopilados en las tablas 7, 9, 11, 13, 15,17 y 19 ([software acompañante](#)) para cada uno de los municipios y comparado cada parámetro con el decreto 1594/84 reconociendo cuales de los parámetros fisicoquímicos están por encima o dentro del nivel permisible para dicha norma.

Posteriormente se aplicaron los índices de contaminación (ICO) para la calificación de las aguas evaluadas de la siguiente manera:

2.4.1 Índice de contaminación por mineralización (ICOMI): ^(12,13)

Es el valor promedio de los índices de cada uno de las 3 variables elegidas, las cuales se definen en un rango de 0-1; índices próximos a (0) reflejan muy baja contaminación por mineralización, e índices cercanos a (1) lo contrario.

$$\text{ICOMI} = 1/3 (\text{I. conductividad} + \text{I. Dureza} + \text{I. Alcalinidad})$$

- I. Conductividad se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Log}_{10} \text{ I. Conductividad} = -3.26 + 1.34 \text{Log}_{10} \text{ Conductividad } (\mu\text{S/cm}).$$

$$\text{I. conductividad} = 10^{\text{Log. I. Conductividad}}$$

Conductividades mayores a 270 $\mu\text{S/cm}$, tienen un índice de conductividad = 1

- I. Dureza: se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Log}_{10} \text{ I. Dureza} = -9.09 + 4.40 \log_{10} \text{ Dureza } (\text{mg/L})$$

$$\text{I. Dureza} = 10^{\text{Log. I. Dureza}}$$

Durezas mayores a 110 mg/L tienen I. Dureza = 1

Durezas menores a 30 mg/L tienen I. Dureza = 0

- I. Alcalinidad: Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\text{I. Alcalinidad} = -0.25 + 0.005 \text{ Alcalinidad } (\text{mg/L})$$

Alcalinidades mayores a 250 mg/L tienen I. Alcalinidad = 1

Alcalinidades menores a 50 mg/L tienen I. Alcalinidad = 0

2.4.2 Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)

ICOMO = $1/2 (I. DBO + I. Coliformes totales)$

- I. DBO: Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$I. DBO = -0.05 + 0.70 \text{ Log}_{10} DBO \text{ (mg/L)}$

DBO mayores a 30 mg/L tienen I. DBO = 1

DBO menores a 2 mg/L tienen I. DBO = 0

- I. Coliformes totales: Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$I. Coliformes totales = -1.44 + 0.56 \text{ Log}_{10} \text{ Coliformes totales (NMP/100 ml)}$

Coliformes totales mayores a 20000 NMP/100 ml tienen I. Coliformes totales = 1

Coliformes totales menores a 500 NMP/100 ml tienen I. Coliformes totales = 0

2.4.3 Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)

ICOSUS = $-0.02 + 0.003 \text{ Sólidos suspendidos (mg/L)}$

Sólidos suspendidos mayores a 340 mg/L tienen ICOSUS = 1

Sólidos suspendidos menores a 10 mg/L tienen ICOSUS = 0

2.4.4 Índice de Contaminación Tráfico: (ICOTRO)

El ICOTRO se fundamenta en la concentración del fósforo total. A diferencia de los índices anteriores en los cuales se determina un valor particular entre 0 y 1, la concentración de fósforo define por si mismo una categoría discreta a saber:

- Oligotrofia < 0.01 (mg/L)
- Mesotrofia 0.01 - 0.02 (mg/L)
- Eutrofia 0.02 – 1.00 (mg/L)
- Hipereutrofia > 1.00 (mg/L)

2.4.5 Índice de contaminación por pH (ICOpH)

$$\text{ICOpH} = \frac{e^{-31.08 + 3.45 \text{ pH}}}{1 + e^{-31.08 + 3.45 \text{ pH}}}$$

Si el pH es menor a 7 entonces $\text{pH} = 14 - \text{pH}$

Los índices de cada variable se obtuvieron de forma aproximada a partir de las figuras presentadas en el anexo 2.

3. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se pretende relacionar cada uno de los datos con los valores establecidos por el decreto 1594/84 para establecer en cierta manera el grado de contaminación de las aguas, sin embargo el objetivo principal de este trabajo es aplicar los índices de contaminación descritos en el capítulo 1.4 los cuales evalúan de excelente manera el grado de contaminación de las aguas debido al alto grado de estudio que se han hecho sobre ellos.

Para visualizar la calidad de las aguas de la parte alta del río Fonce, en la tabla 6 se recoge la relación índice de contaminación - calidad de las aguas de la siguiente manera.

Tabla 6. Relación entre los valores ICO y el grado de contaminación de las aguas

ICO	CONTAMINACION
0 - 0.2	Ninguna
>0.2-0.4	Baja
>0.4-0.6	Media
>0.6-0.8	Alta
>0.8-1.0	Muy alta

A continuación, en las tablas 7,9,11,13,15,17 y 19 ([software acompañante](#)) se presentan los resultados de las caracterizaciones fisicoquímicas de cada uno de los ríos y quebradas para cada municipio, en las tablas 8,10,12,14,16,18 y 20 se registran los resultados para cada uno de los índices de contaminación (ICO) y las graficas 1,2,3,4,5,6 y 7 muestran el grado de contaminación fecal para cada municipio comparados con los valores aceptados por el decreto 1495/84.

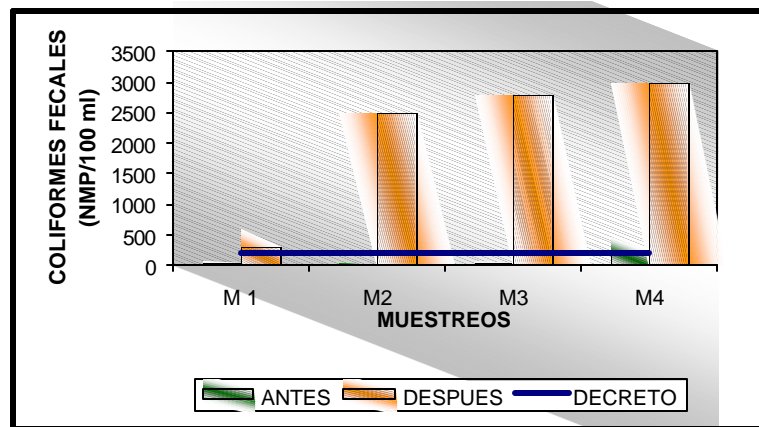
MUNICIPIO DE ENCINO

Tabla 8. Valores encontrados para los ICO en el municipio de Encino

MUESTREOS	INDICES DE CONTAMINACIÓN						
		ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOpH	ICOTRO	
MUESTREO 1	ANTES	0	0.91	0	1	0	oligotrófico
	DESPUÉS	0.01	1	0	0.25	0.08	eutrófico
MUESTREO 2	ANTES	0.03	0.68	0	0.3	0	oligotrófico
	DESPUÉS	0.15	0.85	0.01	0.01	0.92	eutrófico
MUESTREO 3	ANTES	0.02	0.81	0	0.02	0	oligotrófico
	DESPUÉS	0.44	0.9	0.01	0.02	0.75	eutrófico
MUESTREO 4	ANTES	0.03	0.34	0.01	0	0	oligotrófico
	DESPUES	0.03	0.92	0.01	0	0.32	eutrófico

AFLUENTE: quebrada el Resumidero

Grafica 1. Coliformes fecales para el Municipio de Encino



3.1 Análisis de resultados para el municipio de Encino

APLICACIÓN DEL DECRETO 1594/84

- Se observa que el color esta por encima del valor aceptado para consumo, y practica de deportes acuáticos, sin embargo este valor es aceptable para uso domestico y agrícola.
- La turbiedad muestra valores aceptables para todo tipo de uso, debido a la poca presencia de sólidos disueltos y suspendidos.
- Al igual que la turbiedad los sólidos, nitritos, nitratos, nitrógeno, grasas y aceites, se encuentran en muy bajas proporciones.
- Para tensoactivos los resultados obtenidos están por encima de los valores aceptables por el decreto, lo que limita estas aguas a hacer usadas para consumo humano y agrícola.
- La presencia de metales como cobre, níquel, hierro y cinc es muy baja.

APLICACIÓN DE LOS ICO

- EL ICOMI muestra que la contaminación por mineralización es nula, los valores obtenidos de conductividad, dureza y alcalinidad son valores aceptables para estas aguas.

- El ICOMO deja ver que la contaminación por materia orgánica es muy alta y refleja que se presentan una alta descarga de material orgánico. Los altos valores en la DBO y coliformes totales limitan el uso de este recurso para cualquier aplicación.
- El ICOSUS es cero para todos los muestreos.
- El ICOpH indica que para los dos primeros muestreos la contaminación es muy alta (pH muy ácidos) sin embargo el efecto de las lluvias logra disminuir este índice a cero o de contaminación nula. Este comportamiento puede explicarse; debido a que la quebrada es muy pequeña comparada con los vertimientos hechos sobre la misma, que en tiempos de sequía agudizan la contaminación.
- El ICOTRO muestra que hay un comportamiento oligotrófico de las aguas que entran al municipio y hay un comportamiento eutrófico en las aguas que salen del mismo, con evidencia de formación de algas por alto contenido de nutrientes debido al estancamiento por tramos de sus aguas.

ANALISIS DE LA GRAFICA DE COLIFORMES FECALES.

- Se puede observar que las aguas que entran al municipio presentan valores de coliformes fecales por debajo de la norma ,estas aguas son aptas para todo tipo de uso, pero las aguas que salen del municipio superan hasta 150 veces el valor inicial.

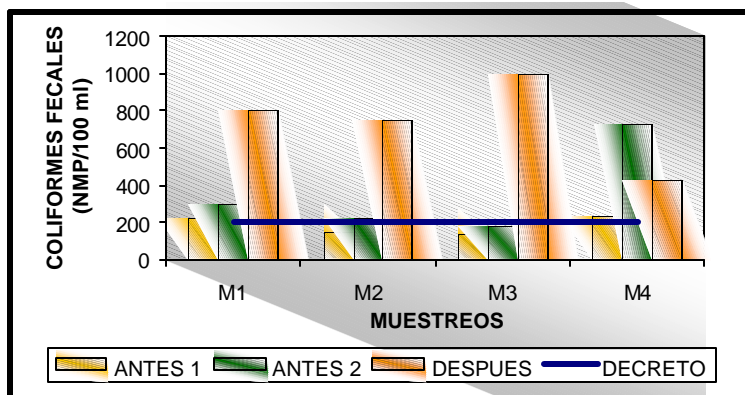
MUNICIPIO DE COROMORO

Tabla 10. Valores encontrados para los ICO en el municipio de Coromoro

MUESTREOS	INDICES DE CONTAMINACIÓN						
		ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOpH	ICOTRO	
MUESTREO 1	ANTES 1	0.01	0.23	0	0.14	0	oligotrófico
	ANTES 2	0.01	0.59	0.02	0.18	0.06	eutrófico
	DESPUÉS	0.03	0.91	0.04	0.01	0.11	eutrófico
MUESTREO 2	ANTES 1	0.02	0.33	0.03	0.01	0	oligotrófico
	ANTES 2	0.05	0.44	0.02	0	0	oligotrófico
	DESPUÉS	0.02	0.87	0.05	0	0.08	eutrófico
MUESTREO 3	ANTES 1	0.05	0.53	0	0	0	oligotrófico
	ANTES 2	0.02	0.29	0	0	0.04	eutrófico
	DESPUÉS	0.05	0.93	0	0	0	oligotrófico
MUESTREO 4	ANTES 1	0.02	0.28	0	0.01	0	oligotrófico
	ANTES 2	0.05	0.51	0	0.01	0	oligotrófico
	DESPUES	0.14	0.53	0	0	0	oligotrófico

- ANTES 1: río Guachavita
- ANTES 2: río Yama
- DESPUÉS: río Pienta

Gráfica 2. Coliformes fecales para el municipio de Coromoro



3.2 Análisis de resultados para el municipio de Coromoro

APLICACIÓN DEL DECRETO 1594/84

- Para este municipio los valores medidos para todos los parámetros, se encuentran ubicados dentro de la norma para todo tipo de uso, sin embargo la DQO y DBO muestran valores muy altos, que representan una alta descarga de materia orgánica sobre este afluente, provocada en su totalidad por los vertimiento de aguas residuales del municipio.

APLICACIÓN DE LOS ICO

- El ICOMI, ICOSUS, ICOpH registran valores muy bajos de contaminación.
- El ICOMO muestra que las aguas que entran al municipio exhiben niveles medios de contaminación pero las aguas de los ríos, después de pasar por el municipios, registran valores muy altos de contaminación por materia orgánica.
- El ICOTRO indica, de manera general, que existen condiciones oligotróficas a eutrófica en todas las cuencas.

ANALISIS DE LA GRAFICA DE COLIFORMES FECALES.

Los ríos Yama y Guachavita son aptos para el desarrollo de actividades recreacionales como la natación, pesca, etc. Los niveles de coliformes totales están sobre y por debajo de la norma, mientras que los valores

para coliformes fecales del las aguas del río después de que pasan por el municipio, tienen valores de coliformes fecales no admisibles por la norma.

En el muestreo 4 en el río Yama se observa un incremento en el valor de coliformes fecales.

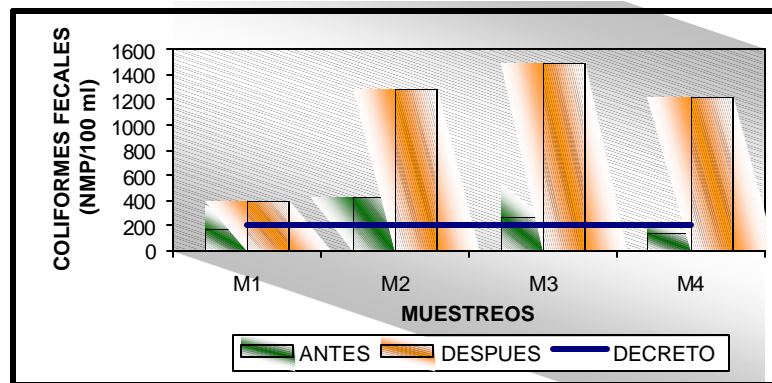
MUNICIPIO DE OCAMONTE

Tabla 12. Valores encontrados para los ICO en el municipio de Ocamonte

MUESTREOS	INDICES DE CONTAMINACIÓN						
		ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOpH	ICOTRO	
MUESTREO 1	ANTES	0.1	0.33	0.23	0	1.18	hipereutrófico
	DESPUÉS	0.09	0.7	0.31	0	2.01	hipereutrófico
MUESTREO 2	ANTES	0.08	0.52	0.06	0	0.09	eutrófico
	DESPUÉS	0.09	0.83	0.08	0	1.13	hipereutrófico
MUESTREO 3	ANTES	0.01	0.66	0.02	0	0	oligotrófico
	DESPUÉS	0.38	0.89	0.07	0	0.05	eutrófico
MUESTREO 4	ANTES	0.02	0.36	0.1	0.01	0	oligotrófico
	DESPUES	0.36	0.4	0.09	0	0.18	eutrófico

ANTES: Quebrada arenales
 DESPUÉS : Quebrada Moraría

Gráfica 3. Coliformes fecales para el Municipio Ocamonte



3.3 Análisis de resultados para el municipio de Ocamonte

APLICACIÓN DEL DECRETO 1594/84

- El color y la turbiedad muestran valores aceptables para consumo humano agrícola y recreacional.
- La DQO arroja valores muy altos que profundizan la contaminación por materia orgánica.
- Los sólidos presentan un incremento en cada muestreo pero mantienen valores admisibles por la norma.
- Nitritos, nitratos, Nitrógeno, grasas y aceites presentan valores bajos para estas variables.
- Los tensoactivos muestra en los dos primeros muestreos una alta concentración por detergentes .
- Los metales arrojan valores aceptables y dentro de la norma.

APLICACIÓN DE LOS ICO

- El ICOMI, ICOSUS, e ICOpH presentan valores de contaminación nula.
- El ICOMO, presenta valores para el índice de media a alta contaminación. Se observa que para el ultimo muestreo el índice disminuye debido al efecto de dilución provocado por las lluvias.

- El ICOTRO este índice deja ver que en la época de verano la concentración de fosfatos es alta, mostrando niveles de hipereutroficación. Pero para las épocas de invierno se logra disminuir estas concentraciones de nutrientes hasta niveles de eutrofización y de oligotrofización.

Los afluentes aunque muestran alto grado de nutrientes no se presentan formación de algas por las condiciones climáticas y fisicoquímicas del sistema.

ANALISIS DE LA GRAFICA DE COLIFORMES FECALES

- Los valores obtenidos antes del paso del río por el municipio para coliformes fecales, sobrepasan un poco la norma, estas aguas no son aptas para consumo humano y recreativo, pero si para uso agrícola. Después del paso del río por el municipio se observa un incremento de hasta 150 veces el valor de coliformes fecales.

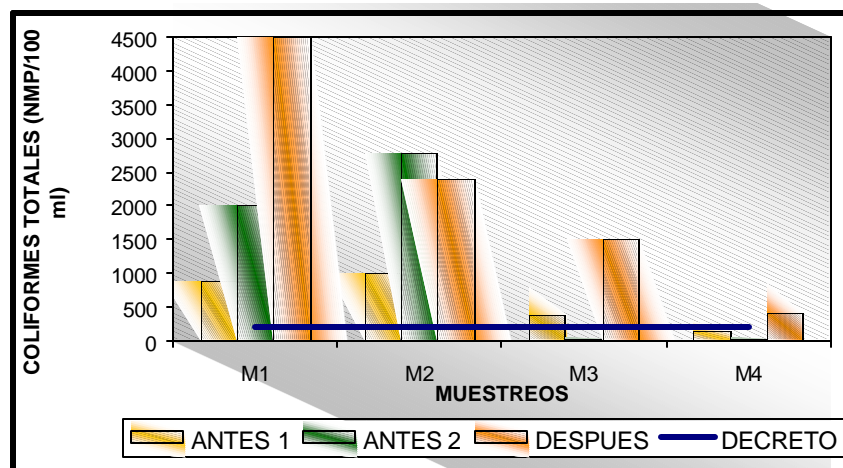
MUNICIPIO DE CHARALÁ

Tabla 14. Valores encontrados para los ICO en el municipio de Charalá

MUESTREOS	INDICES DE CONTAMINACIÓN						
		ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOpH	ICOTRO	
MUESTREO 1	ANTES 1	0.03	0.9	0	0.02	0.15	eutrófico
	ANTES 2	0.03	0.89	0.05	0.01	0.21	eutrófico
	DESPUÉS	0.03	0.96	0	0.02	0.33	eutrófico
MUESTREO 2	ANTES 1	0.04	0.92	0.02	0.02	0.17	eutrófico
	ANTES 2	0.04	0.91	0.03	0.01	0.19	eutrófico
	DESPUÉS	0.04	0.96	0.03	0	0.3	eutrófico
MUESTREO 3	ANTES 1	0.08	0.53	0.01	0	0	oligotrófico
	ANTES 2	0.05	0.67	0	0	0	oligotrófico
	DESPUÉS	0.07	0.89	0	0	0.25	eutrófico
MUESTREO 4	ANTES 1	0.06	0.76	0	0	0	oligotrófico
	ANTES 2	0.07	0.73	0.05	0	0.07	eutrófico
	DESPUES	0.07	0.66	0.03	0	0.21	eutrófico

- ANTES 1: río Pienta
- ANTES 2: río Taquiza
- DESPUÉS: río Fonce

Gráfica 4. Coliformes fecales del municipio de Charalá



3.4 Análisis de resultados para el municipio de Charalá

APLICACIÓN DEL DECRETO 1594/84

- Solo los valores de Coliformes totales y fecales se encuentran por encima de la norma, los demás parámetros tienen valores que no sobrepasan los valores admisibles por el decreto.

APLICACIÓN DE LOS ICO

- En concordancia con los valores obtenidos el ICOMI, ICOSUS, e ICOpH presentan valores cercanos a cero mostrando que no hay contaminación por estos parámetros.
- ICOMO: El municipio de Charalá recibe toda la contaminación por materia orgánica proveniente de los municipios de Coromoro y Encino, que luego de ser utilizada por este municipio, sus vertimientos elevan a aproximadamente 1 el valor de este índice. En el muestreo 3 y 4 se observa la disminución de este índice debido al efecto de las lluvias, pero que sigue conservando una alta contaminación.

El ICOTRO: La concentración de fosfatos en el municipio es alta mostrando nivel de eutroficación. Para los dos últimos muestreos la dilución por las lluvias logra disminuir la concentración de fosfatos en los puntos de muestreo.

ANALISIS DE LA GRAFICA DE COLIFORMES FECALES

- Se puede observar que para los dos primeros muestreos el nivel de los coliformes fecales es tan alto que alcanza superar los valores mínimos para usos agrícolas. Para los dos últimos muestreos las lluvias provocan una disminución de la concentración, que lleva a valores aceptables para consumo humano, agrícola y recreacional.

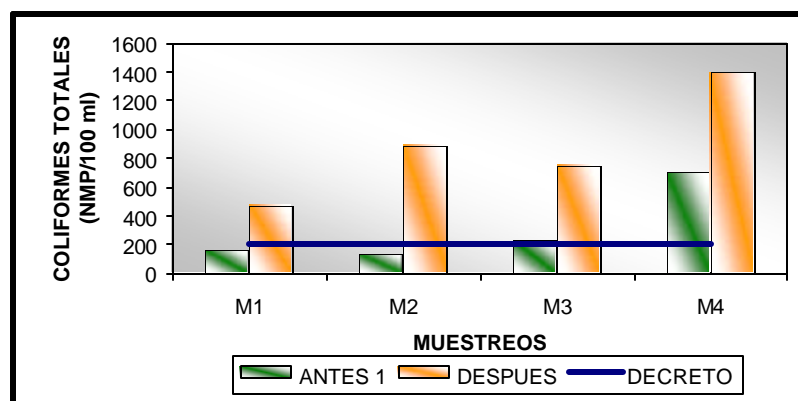
MUNICIPIO DEL PARAMO

Tabla 16. Valores encontrados para los ICO en el municipio del Páramo

MUESTRAS	INDICES DE CONTAMINACIÓN						
		ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOpH	ICOTRO	
MUESTREO 1	ANTES	0.01	0.77	0.1	0.01	0	oligotrófico
	DESPUES	0.03	0.81	0.13	0	0.45	eutrófico
MUESTREO 2	ANTES	0.01	0.83	0.12	0	0	oligotrófico
	DESPUÉS	0.1	0.96	0.1	0	0.23	eutrófico
MUESTREO 3	ANTES	0.04	0.64	0.09	0	0	oligotrófico
	DESPUÉS	0.29	0.83	0.07	0	0.39	eutrófico
MUESTREO 4	ANTES	0.06	0.45	0.1	0.02	0	oligotrófico
	DESPUES	0.28	0.75	0.2	0	0.27	eutrófico

AFLUENTE: quebrada la Fuente

Gráfica 5. Coliformes fecales para el municipio del Páramo



3.5 Análisis de resultados para el municipio del Páramo

APLICACIÓN DEL DECRETO 1594/84

- Se observa que para todos los parámetros fisicoquímicos los valores son aceptables para consumo humano, agrícola, y recreativo, con la excepción de la DQO, DBO, coliformes y tensoactivos que evidencian gran descarga de materia orgánica y surfactantes.

APLICACIÓN DE LOS ICO

- En concordancia con lo referenciado anteriormente el ICOMI, ICOSUS, e ICOpH presentan valores muy pequeños de mínima y de contaminación nula.
- ICOMO: El Páramo percibe aguas para consumo con un alto grado de contaminación por materia orgánica y coliformes totales y haciendo vertimiento sobre el Fonce con valores en el índice de contaminación cercanos a 1.
- ICOTRO: Se observa condiciones oligotróficas a eutróficas sobre la quebrada.

ANALISIS DE LA GRAFICA DE COLIFORMES FECALES

- Se observan valores mínimos, que son admisibles por la norma, de las aguas de la quebrada antes de su paso por el municipio,

pero se incrementan estos valores de coliformes fecales hasta de 150 veces después de su paso por éste.

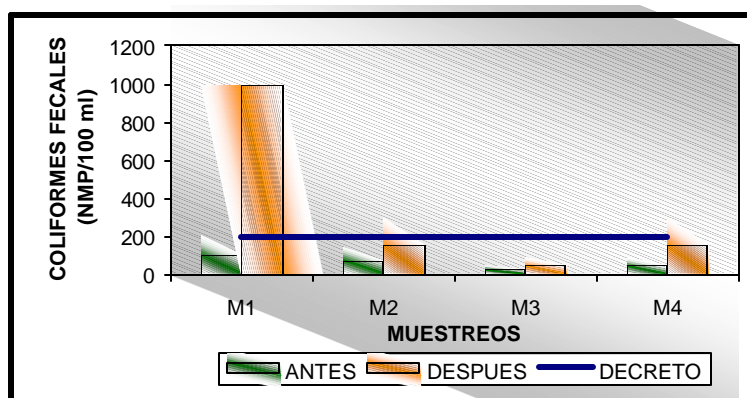
MUNICIPIO DE CURITÍ

Tabla 18. Valores encontrados para los ICO para el municipio de Curití

MUESTREOS	INDICES DE CONTAMINACIÓN						
		ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOpH	ICOTRO	
MUESTREO 1	ANTES	0.02	0.62	0.05	0.04	1.6	hipereutrófico
	DESPUÉS	0.04	0.71	0.08	0.02	2.5	hipereutrófico
MUESTREO 2	ANTES	0.03	0.49	0.03	0.01	1.9	hipereutrófico
	DESPUÉS	0.03	0.56	0.03	0	2.8	hipereutrófico
MUESTREO 3	ANTES	0.12	0.3	0.04	0	0	oligotrófico
	DESPUÉS	0.16	0.69	0.05	0	1.6	hipereutrófico
MUESTREO 4	ANTES	0.03	0.53	0.02	0.02	0.05	eutrófico
	DESPUES	0.16	0.46	0.05	0.01	1.3	hipereutrófico

AFLUENTE: Quebrada Curití

Gráfica 6. Coliformes fecales para el municipio de Curití



3.6 Análisis de resultados para el Municipio de Curití

APLICACIÓN DEL DECRETO 1594/84

- Curití es uno de los municipios que presenta una de las mínimas contaminaciones en casi todos los parámetros inclusive en coliformes totales y fecales.
- La DQO y los tensoactivos están por fuera de los valores establecidos en la norma, verificando la alta descarga orgánica producida en el municipio.

APLICACIÓN DE LOS ICO

- El ICOMI, ICOSUS, e ICOpH presentan valores que denotan ninguna contaminación en esta zona.
- ICOMO: este municipio presenta contaminación media baja por materia orgánica y coliformes totales.
- ICOTRO: La quebrada presenta condiciones hipereutróficas.

ANALISIS DE LA GRAFICA DE COLIFORMES FECALES

- En el primer muestreo se observa un valor alto para las coliformes fecales después del paso de las aguas de la quebrada por el municipio valor que disminuye considerablemente en los muestreos 2,3 y 4. El agua de la quebrada Curití, antes y después, es apta para el desarrollo de actividades recreacionales, ganadería y agricultura.

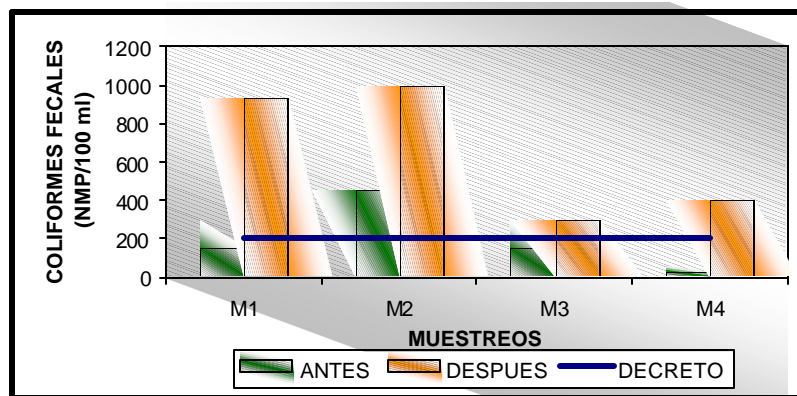
MUNICIPIO DE VALLE DE SAN JOSÉ

Tabla 20. Valores encontrados para los ICO en el municipio de Valle de San José

MUESTREOS	INDICES DE CONTAMINACIÓN						
		ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOpH	ICOTRO	
MUESTREO 1	ANTES	0.03	0.97	0.19	0.01	2.5	hipereutrófico
	DESPUES	0.03	0.91	0.3	0.01	2.3	hipereutrófico
MUESTREO 2	ANTES	0.03	0.84	0.03	0.01	2.1	hipereutrófico
	DESPUÉS	0.04	0.92	0.11	0.01	2.6	hipereutrófico
MUESTREO 3	ANTES	0.06	0.86	0	0	0	oligotrófico
	DESPUÉS	0.06	0.87	0	0	1.1	hipereutrófico
MUESTREO 4	ANTES	0.08	0.41	0.05	0	0	oligotrófico
	DESPUES	0.08	0.73	0.14	0.01	1.7	hipereutrófico

AFLUENTE: río Fonce

Gráfica 7. Coliformes fecales para el municipio del Valle de San José



3.7 Análisis de resultados para el municipio de Valle de San José

APLICACIÓN DEL DECRETO 1594/84

- El color para las aguas de este municipio se encuentra dentro del valor admisible por la norma, sin embargo la turbidez en los dos primeros muestreos es muy alta y en el límite con norma, el efecto de dilución por lluvias logra disminuir la concentración de partículas suspendidas.
- Los tensoactivos poseen valores por encima de la norma.
- Los demás parámetros fisicoquímicos presentan valores que están dentro de la norma.

APLICACIÓN DE LOS ICO

- No hay presencia de contaminación por mineralización, sólidos suspendidos y por pH
- ICOMO: el municipio del Valle de San José es el límite inferior de este estudio y se puede observar que la contaminación es extrema por este parámetro.
- ICOTRO: El río Fonce contiene una alta concentración de fosfatos a lo largo de su paso por este municipio, pero no se

observa la aparición de algas por las condiciones climáticas y fisicoquímicas del sistema.

ANALISIS DE LA GRAFICA DE COLIFORMES FECALES

- En los dos primeros muestreos se puede observar que el valor de coliformes fecales para las aguas del río Fonce, después de su paso por el municipio, es bastante alto, valores que disminuyen en el tercer y cuarto muestreo, pero siguen estando por encima de los valores admisibles por la norma.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos con la aplicación de los ICO, arrojan una contaminación muy alta sobre los afluentes del Río Fonce en su cuenca alta, por materia orgánica y coliformes totales (ICOMO), lo que hace riesgoso la utilización de este recurso hídrico para consumo humano, tanto en contacto primario como secundario.
- La contaminación en mención, puede acarrear consecuencias, como la incidencia de enfermedades infectocontagiosas en los humanos, y afectar negativamente el desarrollo de plantas y animales que se surten de este recurso. Además, se hace importante resalta sus efectos sobre el ecoturismo, uno de los renglones económicos que se perfila motor de desarrollo los municipios ubicados en la cuenca del Río Fonce, específicamente, en lo que se refiere a la práctica de deportes acuáticos, la cual podría ser restringida como consecuencia de los niveles críticos de contaminación.
- Es importante también destacar que los demás ICO, no registran índices negativos de contaminación, pues sus valores son muy cercanos a cero; ellos son los indicadores ICOMI, ICOSUS, e ICOpH. En otras palabras, se pone en evidencia que la contaminación del Río Fonce y sus afluentes es consecuencia únicamente y en su mayor proporción por la descarga orgánica sobre sus aguas, por parte de los municipios ubicados en su cuenca.

- El índice de contaminación trófico arroja seudovalores que no están de acuerdo con la eutrofización del sistema, debido a las características fisicoquímicas de los afluentes. Es decir que el valor obtenido en los fosfatos es real, pero no hay concordancia con el grado de crecimiento de algas sobre los ríos. Sin embargo puede ser un parámetro útil para sistemas lénticos.
- Otros parámetros fisicoquímicos como tensoactivos muestran alta concentración, provocando contaminación que promueve malos olores, sabores y formación de espumas. La época de los dos últimos muestreos (intensas lluvias) provoca un efecto de dilución sobre los parámetros evaluados con mayor acentuación en los coliformes totales y fecales.
- El comportamiento gráfico del índice de contaminación por pH tiene la forma de una campana Gaussiana invertida, la cual para valores entre 6.5 y 7.5 arroja un valor para el índice de 1 exacto o muy aproximado.
- El índice de contaminación por sólidos suspendidos hace referencia solamente a los sólidos encontrados sobre la superficie de las aguas y no tiene ninguna relación con los sólidos disueltos y sedimentables.

- Los índices de contaminación ICO es una herramienta versátil para el análisis del H₂O porque permite recoger mucha información en pocas variables; y se recomienda su implementación en la legislación ambiental colombiana.

RECOMENDACIONES

- Se convierte en una prioridad la continuidad de trabajos investigativos sobre la calidad del agua en la cuenca del Río Fonce para determinar como esta fuente hídrica esta siendo alterada o contaminada. Y con base en esta mayor información, formular políticas y acciones para optimizar su uso sostenible.
- Se hace también evidente la necesidad de que a nivel municipal o regional, se construyan plantas de tratamiento de aguas residuales o se adopten sistema alternos, que permitan minimizar la descarga de sustancias contaminantes que son arrojadas a estos cuerpos lóticos.
- Estas medidas deben tomarse en forma urgente, antes que la contaminación del Río Fonce se haga inmanejable y los efectos negativos sobre la salud y economía de la región sean críticos. La concientización de los gobernantes y de la misma población, lo mismo que la conjugación de esfuerzos, serán aspectos claves para el éxito de este propósito.

BIBLIOGRAFÍA

CALVO C. Julio. Redefinición de las metas de reducción de las cargas contaminantes en las cuencas y tramos del área de jurisdicción de la CAS. UIS. 2002. **(1)**

CANTER. W, Larry. Manual de evaluación de impacto ambiental. España : McGraw – Hill, 1998. **(5)**

Curso sobre Contaminación de Corrientes. En : organización Panamericana de la Salud. Universidad del Valle. 1996. **(4)**

DELGADO, Juan. LAMUS, Luz Dary. Manual para el monitoreo de aguas a partir de la normatividad internacional y normas técnicas colombianas NTC. Universidad de la Paz. Barrancabermeja. 2004. **(14)**

DIAZ A, Oscar. USUNOFF, Eduardo. Niveles de nitrato en abastecimientos de agua potable. En : Afinidad. Tomo LIX, No. 493 (may. – jun. 2002); p. 199-204.**(8)**

Disposiciones Sanitarias Sobre el Agua. En : Ministerio de salud. Bogotá, 1998.**(11)**

GONZALEZ, Elena. PRADA, Dario. Aproximación quimiométrica al estudio de la calidad de las aguas. En : Afinidad. Tomo II, No. 439 (may. –jun. 1992); p. 203-211. **(9)**

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI. Diccionario Geográfico de Colombia. Tercera edición. 1996. **(2)**

KEMMER, Frank. Manual del agua. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. México : McGraw – Hill., 1989. **(6)**

PUENTES B. Jairo. La Crisis del Agua en Santander. Bucaramanga. 1993. **(3)**

RAMÍREZ, A, RESTREPO R. Cuatro índices de contaminación para Caracterización de Aguas Continentales. Formulación y Aplicación. En : Ciencia, Tecnología y Futuro. Vol 3. Núm. 3. Dic 1997. p. 135-153. **(12)**

RAMÍREZ, A, RESTREPO R. Índices de contaminación para Caracterización de Aguas Continentales y vertimientos. Formulación. En : Ciencia, Tecnología y Futuro. Vol 1. Núm. 5. Dic 1999. p. 89-99. **(13)**

RAMÍREZ, Alberto y VIÑA, Gerardo. Limnología Colombiana. Colombia : PANAMERICANA, 1998. **(10)**

ROMERO R. Jairo A. Acuíquímica. Segunda Edición. Bogotá: Presencia, 1996. **(7)**

STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. Washington : American public health Asociation. 20^a ed. 1998. **(15)**

Enlaces Recomendados

<http://www.Col.ops-oms.org/saludambiente/acueductos/condo3gravedad.asp>

<http://cipres.cec.uchile.cl>

http://www.Institut-eau.com/es/e-2-b_protección_agua.asp.

http://www.wwf.org.co/colombia/noticias/articulos/crisis_agua-php

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de parámetros fisicoquímicos y su método de análisis

PARÁMETRO	MÉTODO DE ANALISIS
Sólidos totales	SM-2540 B
Sólidos suspendidos	SM-2540 D
Sólidos volátiles	SM-2540 E
Sólidos Sedimentables	SM-2540 F
Conductividad	Espectrofotometrico SM-2510 B
Turbiedad	Nefelometrico SM-2130 B
Color	Espectrofotometrico SM-2120 C
pH	Electrometrico SM-4500-H ⁺ B
Dureza	SM-2340
Alcalinidad	Titrimétrico
Nitritos	Colorimetrico SM-4500-NO ₂ B
Nitratos	Rodier
Nitrógeno	Kjeldahl SM-4500 N _{org} B
Fosfatos	Colorimetrico SM-4500 P C
Níquel	Absorción atomica SM-3500 Ni
Zinc	Absorción atomica SM-3500 Zn
Magnesio	Absorción atomica SM-3500 Mg
Hierro	Absorción atomica SM-3500 Fe
DBO ₅	Respirometrico SM-5210 D
DQO	Reflujo cerrado. Titrimetrico SM-5220 C
Grasas y aceites	Gravimetrico SM-5520 B
Tensoactivos	Colorimétrico

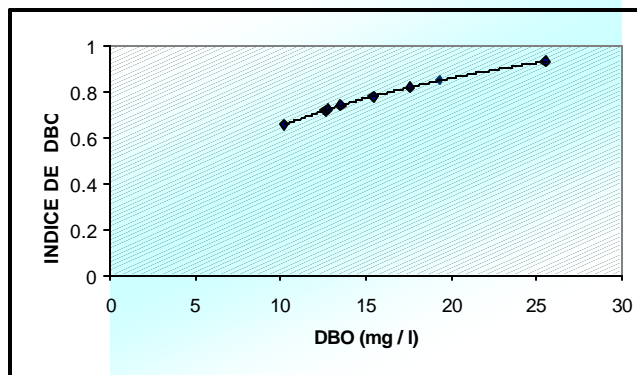
*SM: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater

ANEXO 2

MUNICIPIO DE ENCINO

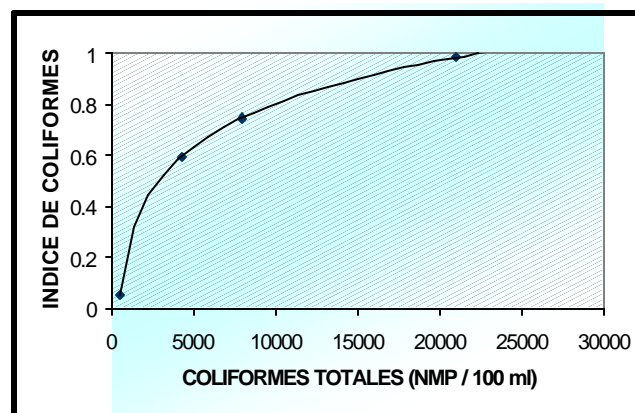
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA DBO Y EL I. DBO

DBO	INDICE DE DBO
18	0.83
15	0.77
9	0.62
11	0.68
35	1
27	0.95
16	0.79
19	0.85



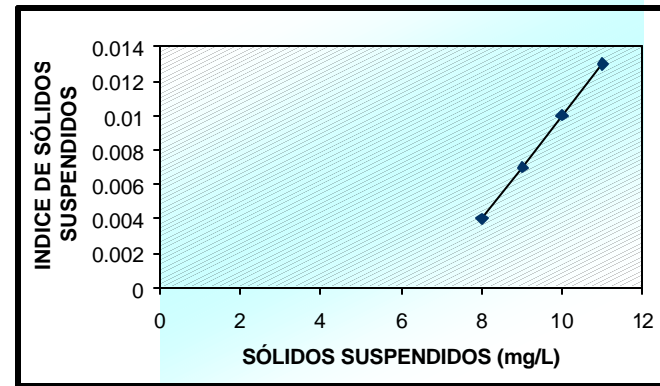
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA COLIFORMES TOTALES Y EL I. COLIFORMES

COLIFORMES TOTALES	INDICE DE COLIFORMES TOTALES
30000	1
4300	0.59
21000	1
460	0
80000	1
7900	0.74
240000	1
24000	1



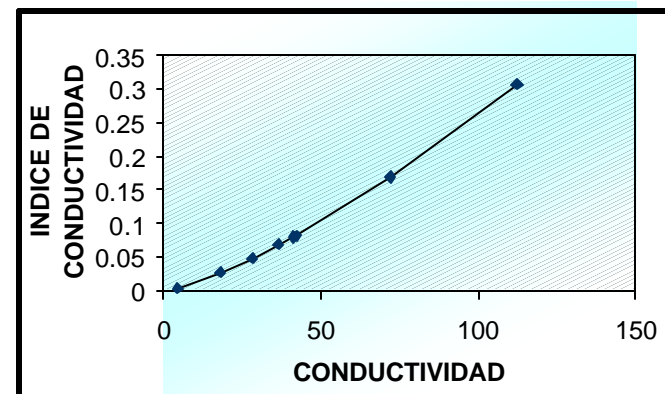
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y EL I. DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS

SÓLIDOS SUSPENDIDOS	I. DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS
2	0
6	0
8	0
9	0.01
4	0
9	0.01
10	0.01
11	0.013



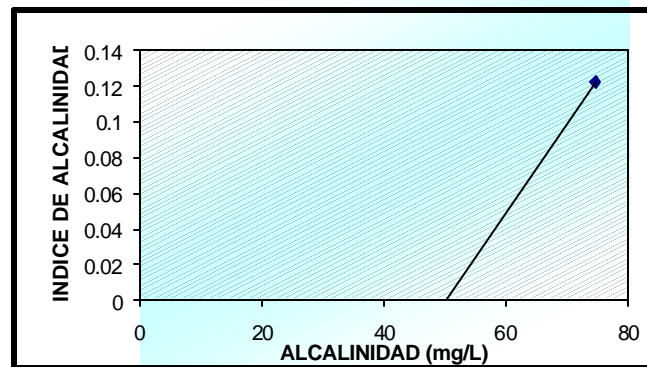
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA CONDUCTIVIDAS Y EL I. DE CONDUCTIVIDAD

CONDUCT.	INDICE DE CONDUCT.
4.3	0
36.5	0.07
28.1	0.05
41.2	0.08
8.2	0.03
72.1	0.17
112.4	0.3
42.2	0.08



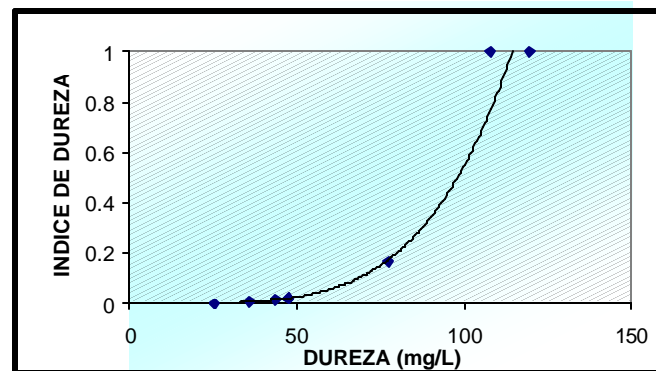
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA ALCALINIDAD Y EL I. DE ALCALINIDAD

ALCALINIDAD	INDICE DE ALCALINIDAD
0	0
38.2	0
30.2	0
43.3	0
20.1	0
74.5	0.12
32.13	0
32.13	0



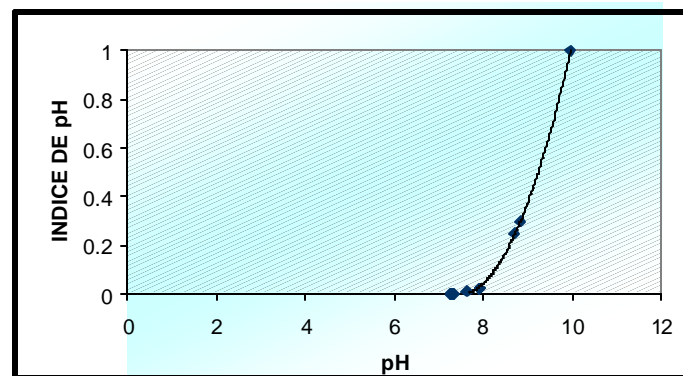
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA DUREZA Y EL I. DE DUREZA

DUREZA	INDICE DE DUREZA
107.7	1
43.5	0.013
35.8	0.005
47.2	0.018
25.3	0.001
77.3	0.165
119.4	1
47.3	0.019



RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUIMICA pH Y EL INDICE DE pH

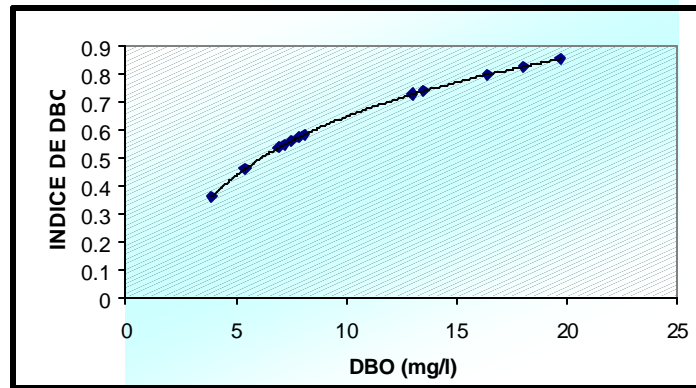
pH	INDICE DE pH
4.04	1
5.18	0.3
6.08	0.02
6.74	0
5.31	0.25
6.37	0.01
6.1	0.02
6.67	0



MUNICIPIO DE COROMORO

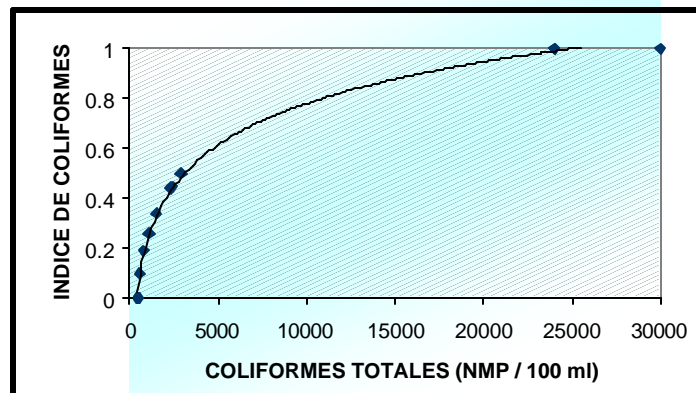
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUIMICA DBO Y EL I. DBO

DBO	INDICE DE DBO
3.9	0.36
13	0.73
5.4	0.46
6.9	0.54
7.2	0.55
8.1	0.59
7.5	0.56
7.8	0.57
18	0.83
13.5	0.74
19.7	0.86
16.4	0.8



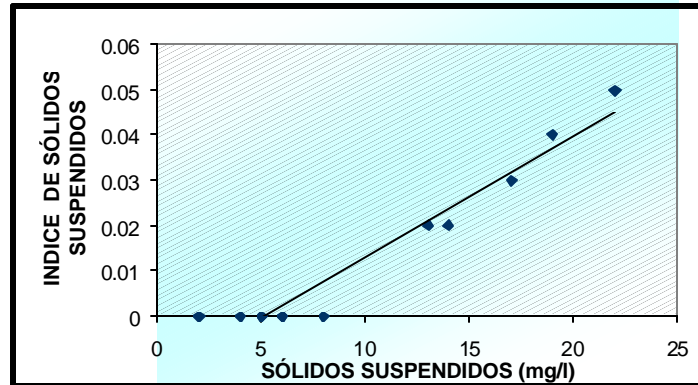
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA COLIFORMES TOTALES Y EL I. DE COLIFORMES

COLIFOR MES TOTALES	INDICE DE COLIFORMES TOTALES
550	0.1
2400	0.45
800	0.19
1500	0.34
2900	0.5
430	0
480	0
2300	0.44
24000	1
30000	1
24000	1
1100	0.26



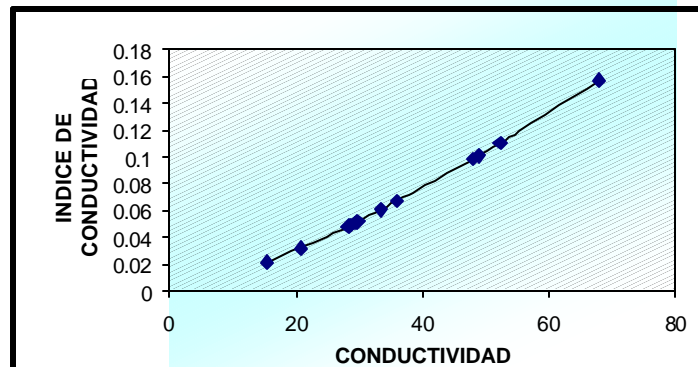
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUIMICA SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y EL I. DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS

SÓLIDOS SUSPENDIDOS	INDICE DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS
2	0
14	0.02
17	0.03
13	0.02
6	0
6	0
4	0
5	0
19	0.04
22	0.05
5	0
8	0



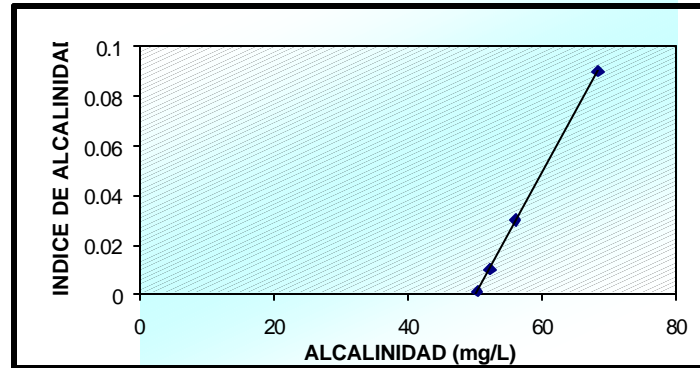
RELACION GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA CONDUCTIVIDAD Y EL I. DE CONDUCTIVIDAD

CONDUCT.	INDICE DE CONDUCT.
15.4	0.02
20.7	0.03
28.2	0.04
29.7	0.05
52.3	0.11
28.7	0.04
29.3	0.05
48.9	0.1
35.9	0.06
33.4	0.06
48	0.1
68	0.16



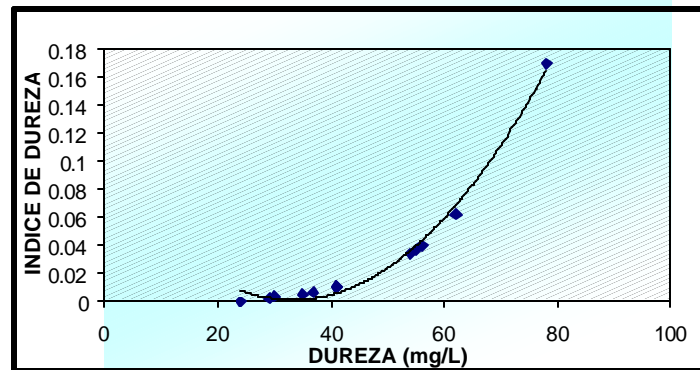
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA ALCALINIDAD Y EL I. DE ALCALINIDAD

ALCALINIDAD	INDICE DE ALCALINIDAD
18.1	0
23.3	0
31.3	0
55.9	0.03
50.3	0.001
32.5	0
32.13	0
52.21	0.01
37.2	0
37.2	0
52.1	0.01
68.27	0.09



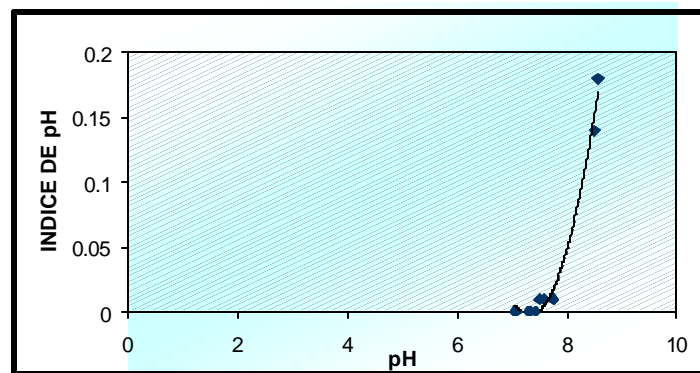
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA DUREZA Y EL I. DE DUREZA

DUREZA	INDICE DE DUREZA
34	0
29	0.002
35	0.005
62	0.062
55	0.037
37	0.006
30	0.003
54	0.034
41	0.01
41	0.01
56	0.04
78	0.17



RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA pH y EL INDICE DE pH

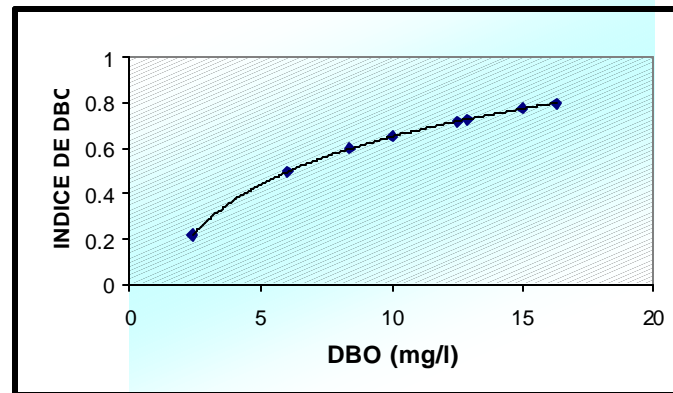
pH	INDICE DE pH
5.51	0.14
5.43	0.18
6.51	0.01
6.58	0
6.93	0
6.71	0
6.25	0.01
6.24	0.01
6.42	0.01
6.67	0
6.95	0
6.68	0



MUNICIPIO DE OCAMONTE

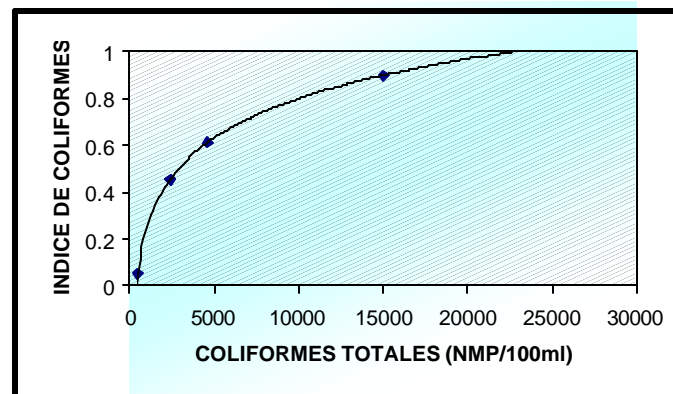
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA DBO Y EL I. DE DBO

DBO	INDICE DE DBO
2.4	0.22
8.4	0.6
12.5	0.72
12.9	0.73
6	0.49
10	0.65
15	0.77
16.3	0.8



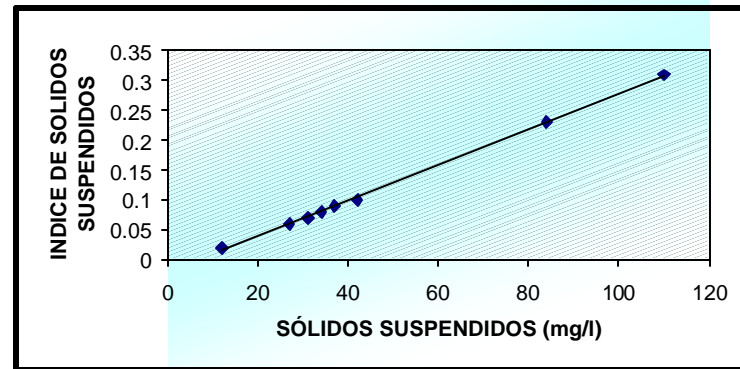
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA COLIFORMES TOTALES Y EL I. DE COLIFORMES TOTALES

COLIFORMES TOTALES	INDICE DE COLIFORMES
2400	0.45
2400	0.45
4600	0.61
150	0
15000	0.9
24000	1
24000	1
460	0



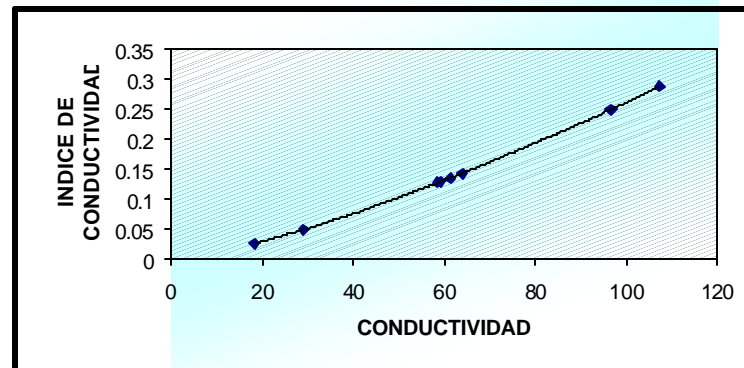
RELACION GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y EL I. DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS

SÓLIDOS SUSPENDIDOS	INDICE DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS
84	0.23
27	0.06
12	0.02
42	0.1
110	0.31
34	0.08
31	0.07
37	0.09



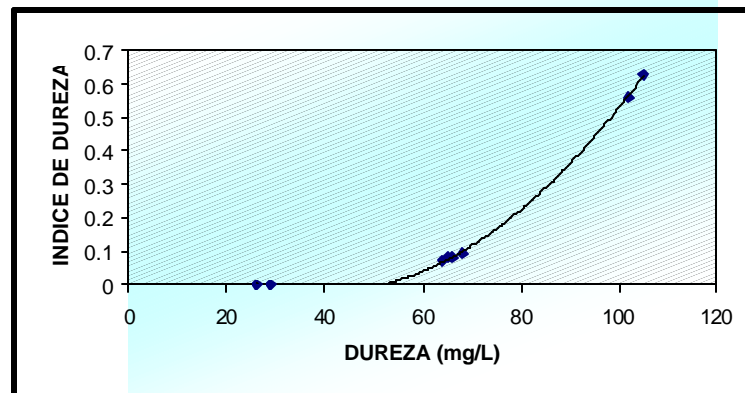
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LAS VARIABLE FISICOQUIMICA CONDUCTIVIDAD Y EL I. DE CONDUCTIVIDAD

CONDUCT.	INDICE DE CONDUCT.
9.2	0.13
58.5	0.128
18.3	0.027
29.1	0.05
63.9	0.144
61.3	0.136
96.5	0.25
107.2	0.289



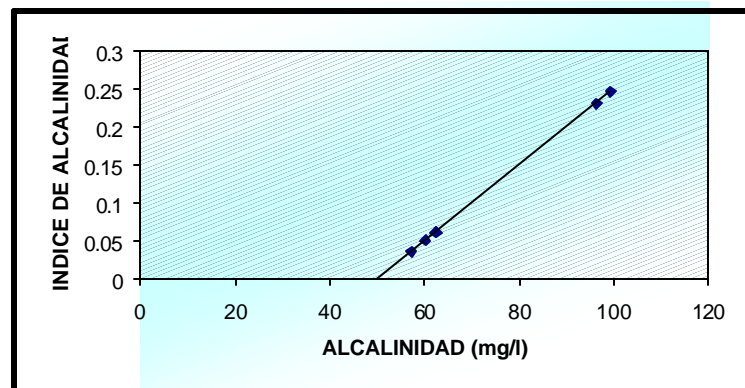
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA DUREZA Y EL INDICE DE DUREZA

DUREZA	INDICE DE DUREZA
68	0.093
64	0.071
29	0
26	0
66	0.08
65	0.08
105	0.63
102	0.56



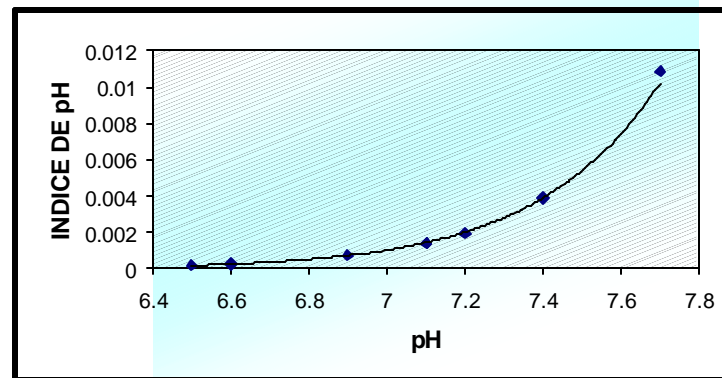
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA ALCALINIDAD Y EL INDICE DE ALCALINIDAD

ALCALINIDAD	INDICE DE ALCALINIDAD
62.3	0.0615
57.2	0.036
21.2	0
33.73	0
60.2	0.051
62.5	0.0625
99.3	0.2465
96.4	0.232



RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA pH Y EL INDICE DE pH

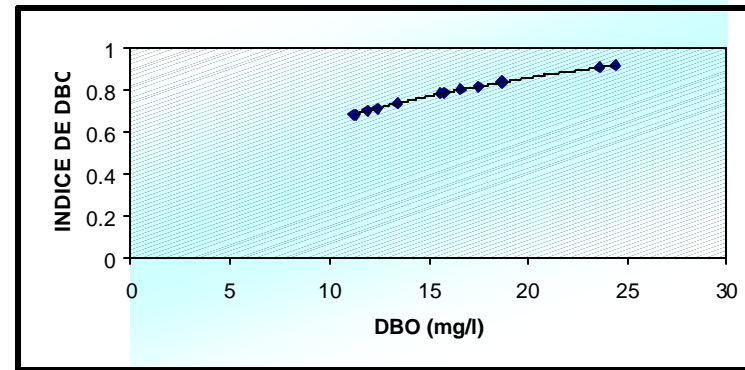
pH	INDICE DE pH
7.1	0.001
6.9	0
7.4	0.003
7.7	0.01
7.1	0.001
6.6	0
6.5	0
7.2	0.001



MUNICIPIO DE CHARALÁ

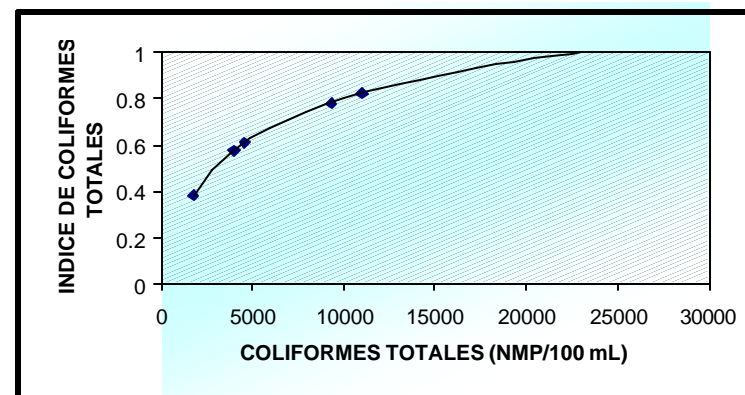
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA DBO Y EL ÍNDICE DE DBO

DBO	ÍNDICE DE DBO
16.6	0.80
15.6	0.78
18.7	0.84
17.5	0.82
11.2	0.68
13.4	0.74
11.9	0.70
11.3	0.69
24.4	0.92
23.6	0.91
15.8	0.79
12.4	0.71



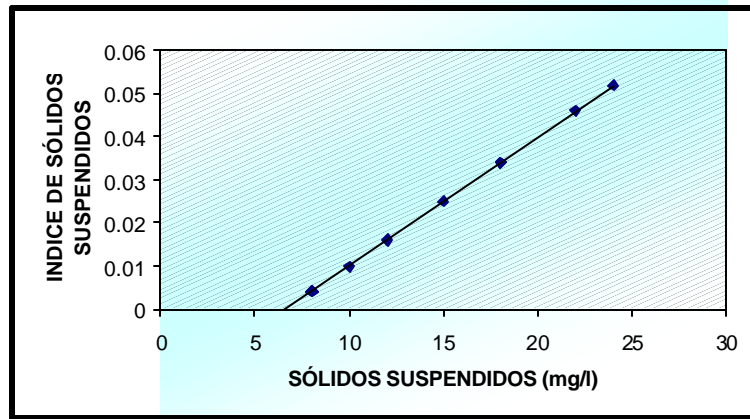
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA COLIFORMES TOTALES Y EL I. DE COLIFORMES

COLIFORMES TOTALES	ÍNDICE DE COLIFORMES TOTALES
24000	1
24000	1
200000	1
240000	1
1800	0.4
4000	0.6
11000	0.8
9300	0.9
28000	1
240000	1
39000	1
4600	0.6



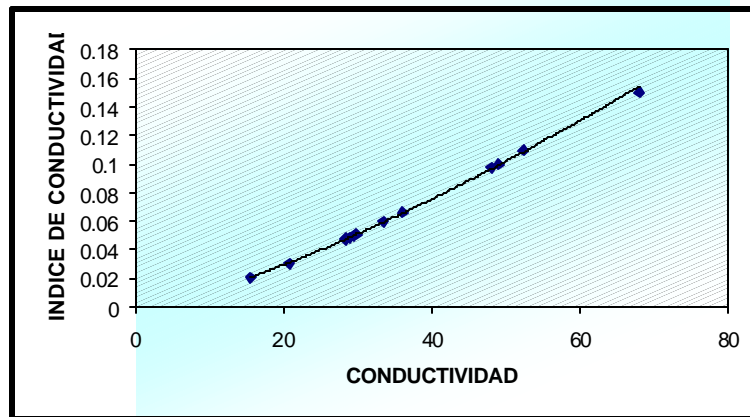
RELACION GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y EL I. DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS

SÓLIDOS SUSPENDIDOS	INDICE DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS
6	0
22	0.05
12	0.02
15	0.03
10	0.01
5	0
8	0
24	0.05
6	0
18	0.03
8	0
18	0.03



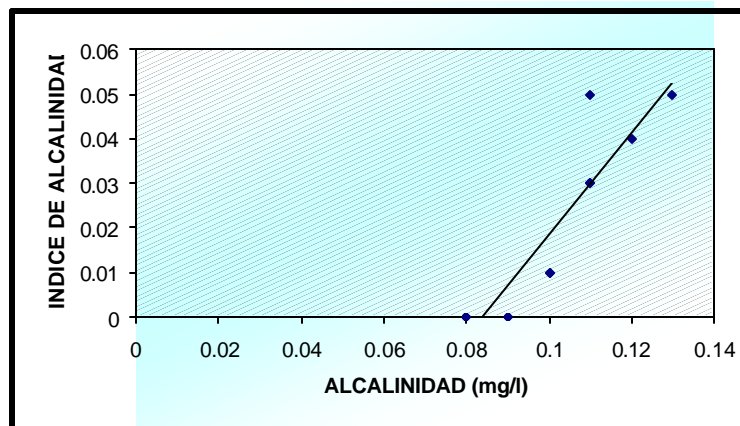
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA CONDUCTIVIDAD Y EL INDICE DE CONDUCTIVIDAD

CONDUCT.	INDICE DE CONDUCT.
15.4	0.021
20.7	0.031
28.2	0.048
29.7	0.051
52.3	0.11
28.7	0.049
29.3	0.05
48.9	0.1
35.9	0.066
33.4	0.06
48	0.098
68	0.15



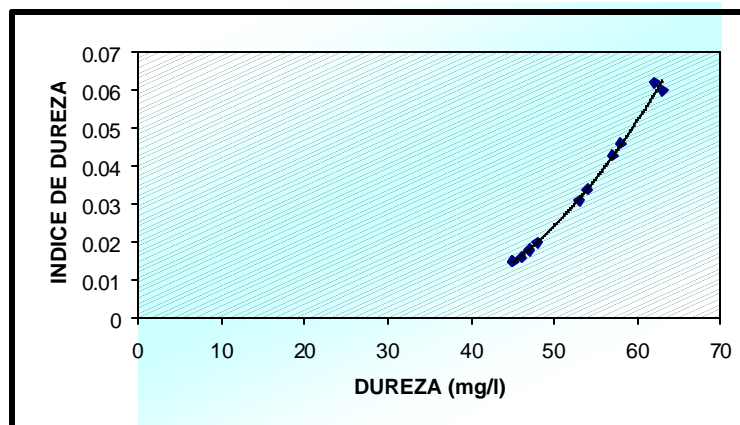
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA ALCALINIDAD Y EL ÍNDICE DE ALCALINIDAD

ALCALINIDAD	ÍNDICE DE ALCALINIDAD
0.08	0
0.08	0
0.09	0
0.09	0
0.13	0.05
0.1	0.01
0.11	0.03
0.11	0.05
0.08	0
0.1	0.01
0.12	0.04
0.11	0.03



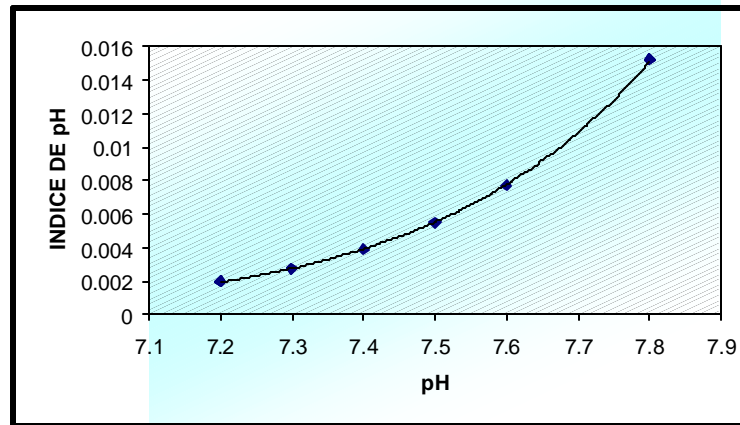
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA DUREZA Y EL ÍNDICE DE DUREZA

DUREZA	ÍNDICE DE DUREZA
45	0.015
45	0.015
48	0.02
47	0.018
63	0.06
53	0.031
54	0.034
57	0.043
46	0.016
45	0.015
58	0.046
62	0.062



RELACIÓN GRAFICA ENTRE EL pH Y EL INDICE DE pH

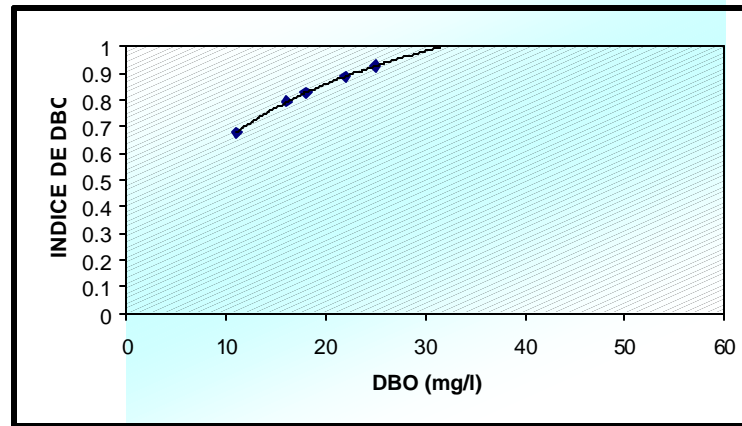
pH	INDICE DE pH
7.8	0.015
7.6	0.008
7.8	0.015
7.5	0.005
7.2	0.002
7.4	0.004
7.2	0.002
7.3	0.003
7.8	0.015
7.2	0.002
7.2	0.002
7.3	0.003



MUNICIPIO DEL PARAMO

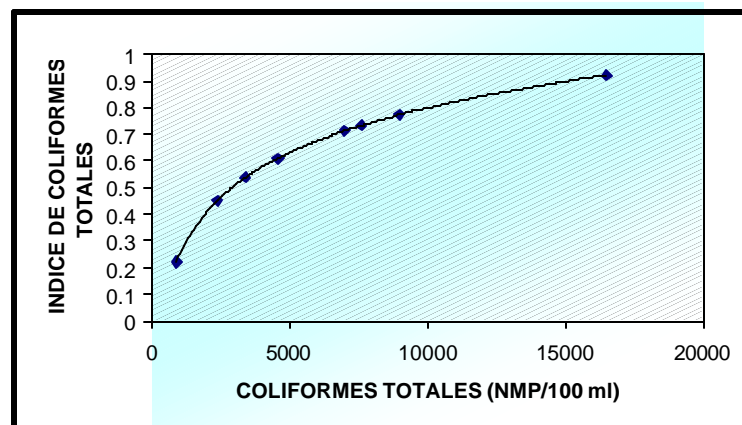
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA DBO Y EL I. DE DBO

DBO	INDICE DE DBO
33	1
25	0.93
18	0.83
11	0.68
48	1
35	1
22	0.89
16	0.79



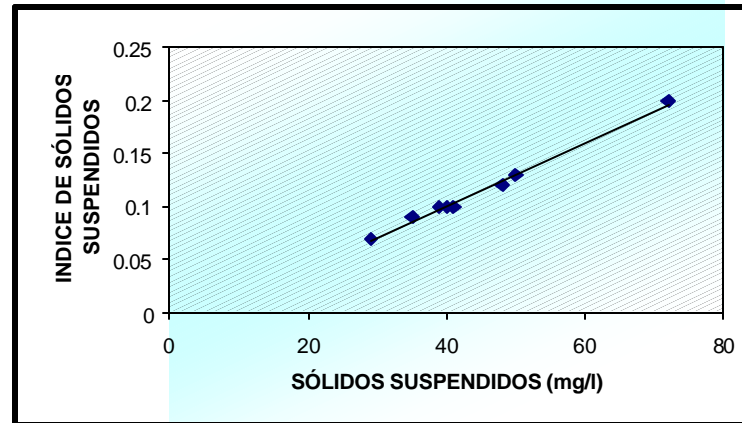
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA COLIFORMES TOTALES Y EL I. DE COLIFORMES

COLIFORMES TOTALES	INDICE DE COLIFORMES
3400	0.54
7600	0.73
2400	0.45
930	0.22
4600	0.61
16500	0.92
9000	0.80
7000	0.71



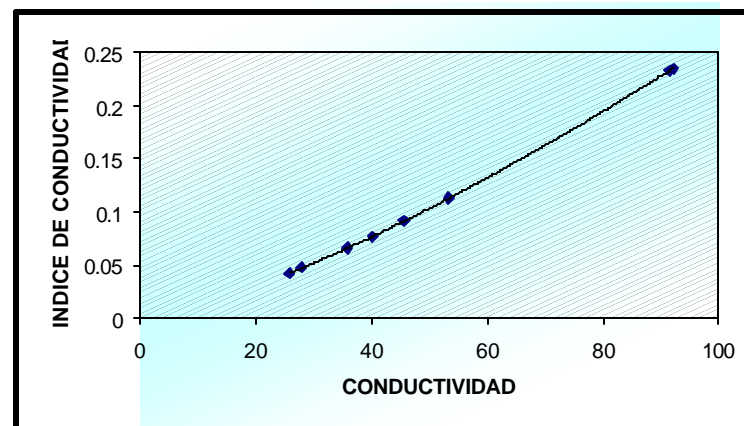
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y ELI. DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS

SÓLIDOS SUSPENDIDOS	INDICE DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS
40	0.1
48	0.12
35	0.09
39	0.1
50	0.13
41	0.1
29	0.07
72	0.2



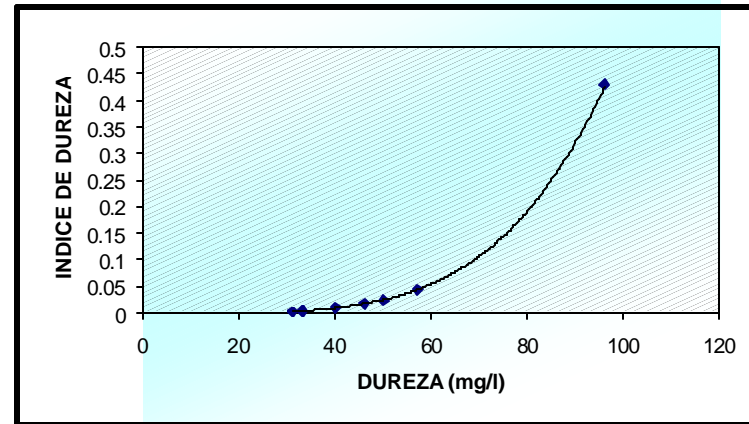
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA CONDUCTIVIDAD Y EL I. DE CONDUCTIVIDAD

CONDUCT.	INDICE DE CONDUCT.
25.8	0.042
27.9	0.048
45.6	0.092
53.2	0.113
40.2	0.077
35.8	0.066
91.4	0.233
92.2	0.235



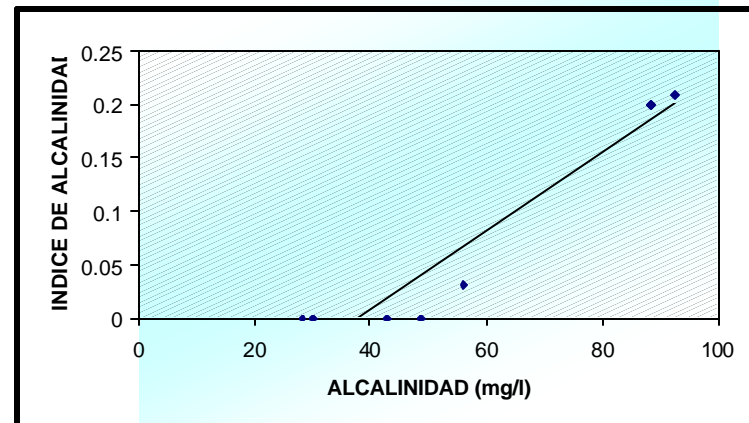
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA DUREZA Y EL ÍNDICE DE DUREZA

DUREZA	ÍNDICE DE DUREZA
31	0.003
33	0.004
50	0.02
57	0.04
46	0.02
40	0.01
97	0.05
96	0.43



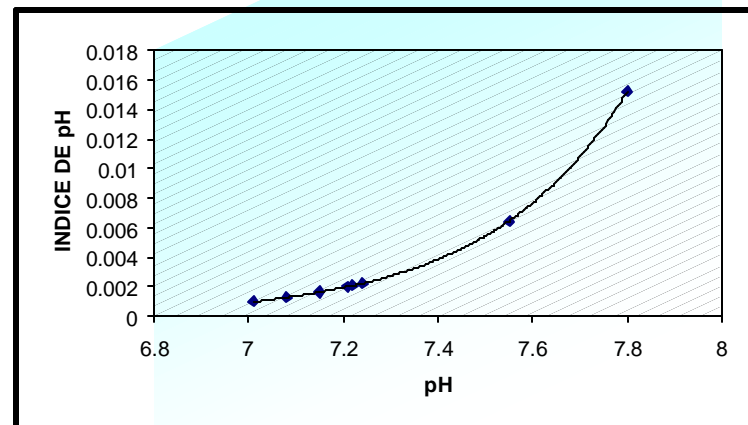
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA ALCALINIDAD Y EL I. DE ALCALINIDAD

ALCALINIDAD	ÍNDICE DE ALCALINIDAD
28.3	0
30.1	0
48.9	0
56.2	0.031
43.1	0
92.68	0.21
88.4	0.2
88.3	0.2



RELACIÓN GRAFICA ENTRE EL pH Y EL INDICE DE pH

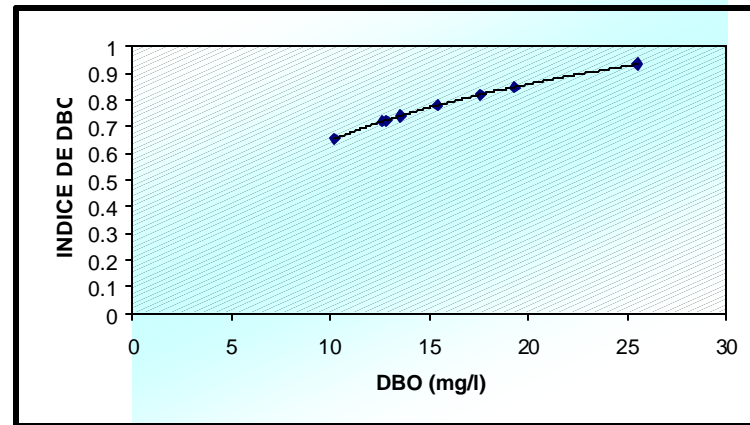
pH	INDICE DE pH
7.55	0.006
7.22	0.002
7.21	0.002
7.8	0.015
7.15	0.002
7.01	0.001
7.24	0.002
7.08	0.001



MUNICIPIO DE CURITI

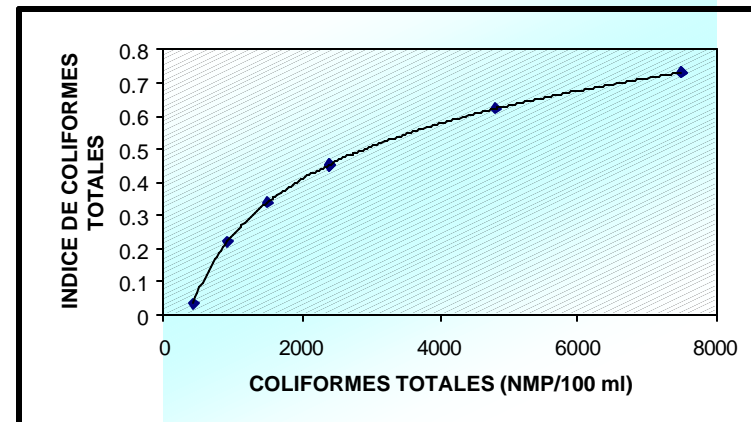
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA DBO Y EL INDICE DE DBO

DBO	INDICE DE DBO
25.5	0.93
15.4	0.78
12.6	0.72
10.2	0.66
17.6	0.82
19.3	0.85
13.5	0.74
12.8	0.73



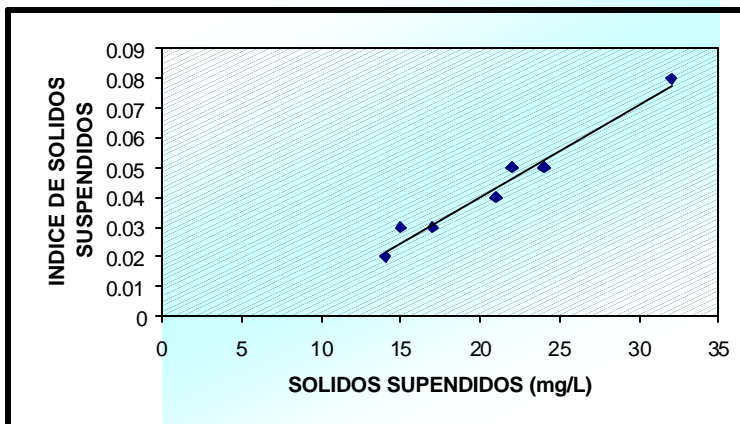
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA COLIFORMES TOTALES Y EL I. DE COLIFORMES

COLIFORMES TOTALES	INDICE DE COLIFORMES TOTALES
4800	0.62
1500	0.34
430	0
2400	0.45
7500	0.73
2400	0.45
7500	0.73
930	0.22



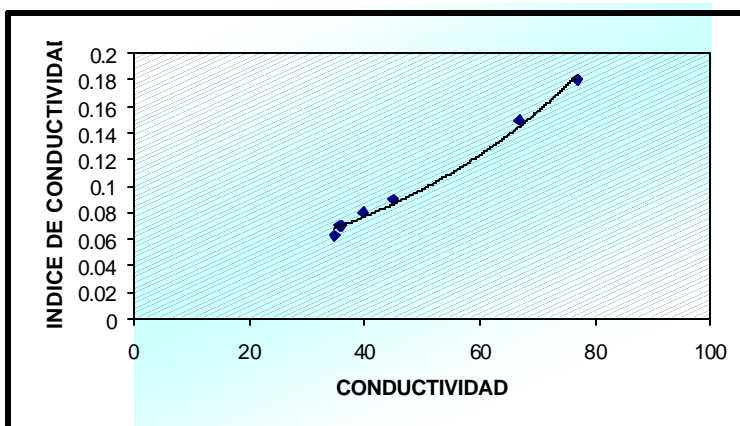
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA SÓLIDOS SUPENDIDOS Y EL I. DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS

SÓLIDOS SUSPENDIDOS	INDICE DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS
22	0.05
15	0.03
21	0.04
14	0.02
32	0.08
17	0.03
24	0.05
24	0.05



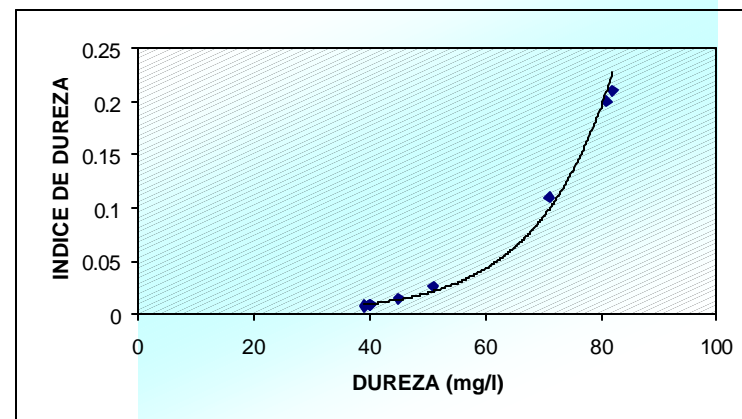
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA CONDUCTIVIDAD Y EL INDICE DE CONDUCTIVIDAD

CONDUCT.	INDICE DE CONDUCT.
34.7	0.063
35.8	0.07
66.8	0.15
35.6	0.07
44.9	0.09
39.7	0.08
76.8	0.18
76.8	0.18



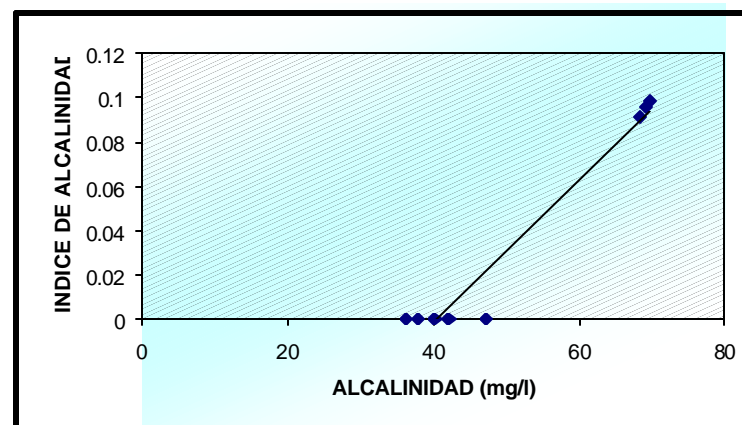
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA DUREZA Y EL ÍNDICE DE DUREZA

DUREZA	ÍNDICE DE DUREZA
39	0.008
40	0.009
71	0.11
40	0.009
51	0.026
45	0.015
82	0.21
81	0.2



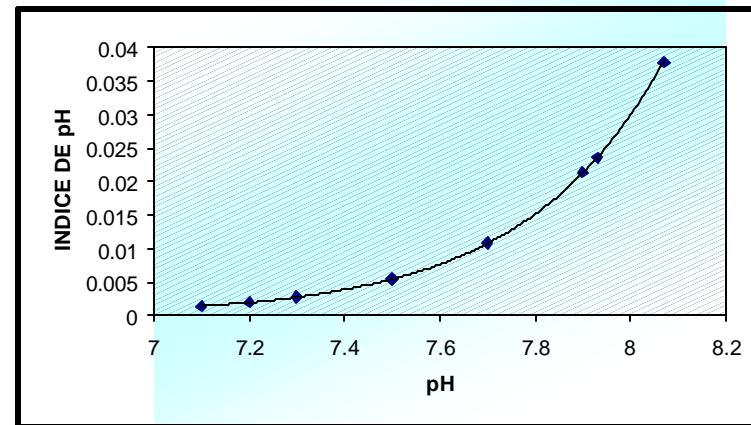
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA ALCALINIDAD Y EL ÍNDICE DE ALCALINIDAD

ALCALINIDAD	ÍNDICE DE ALCALINIDAD
36.2	0
37.9	0
69.7	0.0985
40.2	0
47.2	0
42.1	0
69.2	0.096
68.3	0.0915



RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUIMICA pH Y EL INDICE DE pH

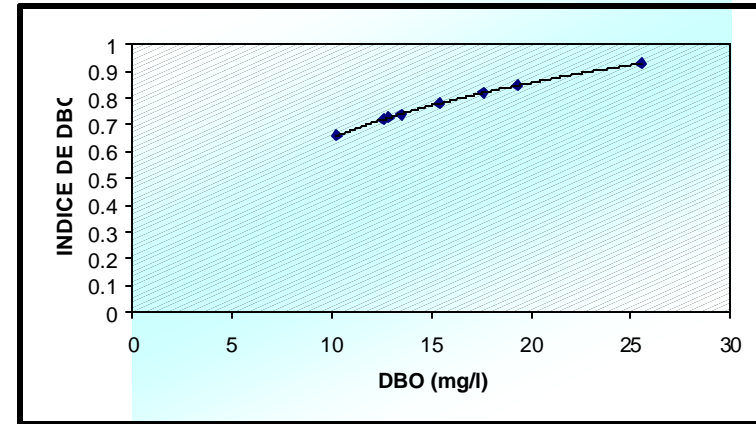
pH	INDICE DE pH
8.07	0.04
7.2	0.001
7.2	0.001
7.9	0.021
7.93	0.024
7.3	0.003
7.1	0.001
7.5	0.005



MUNICIPIO DE VALLE DE SAN JOSÉ

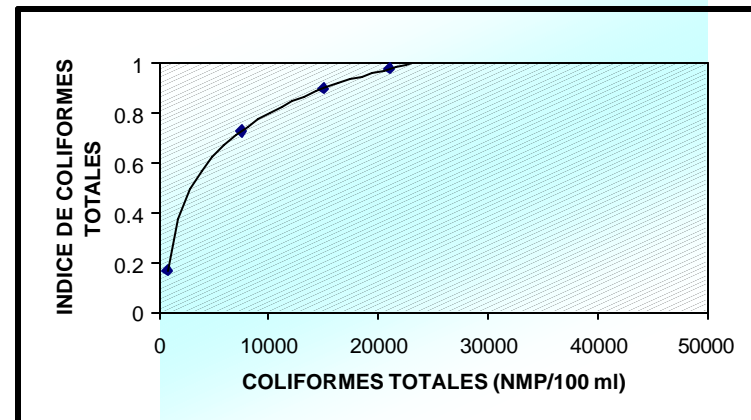
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA DBO Y EL ÍNDICE DE DBO

DBO	ÍNDICE DE DBO
25.5	0.93
15.4	0.78
12.6	0.72
10.2	0.66
17.6	0.82
19.3	0.85
13.5	0.74
12.8	0.73



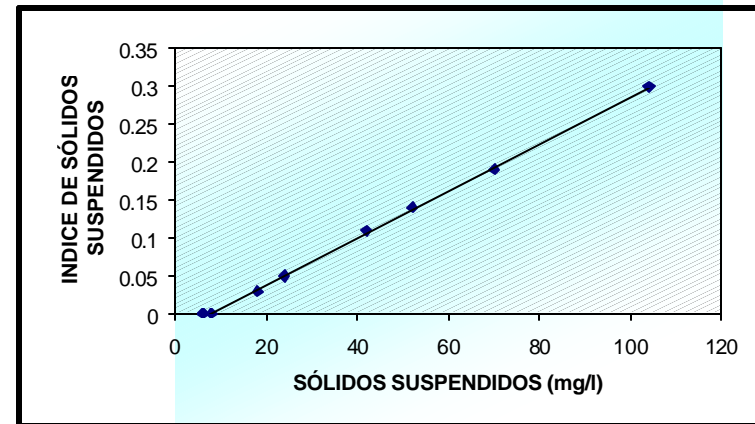
RELACIÓN GRÁFICA ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA COLIFORMES TOTALES Y EL ÍNDICE DE COLIFORMES TOTALES

COLIFORMES TOTALES	ÍNDICE DE COLIFORMES TOTALES
24000	1
15000	0.9
21000	1
750	0.17
24000	1
240000	1
140000	1
7500	0.73



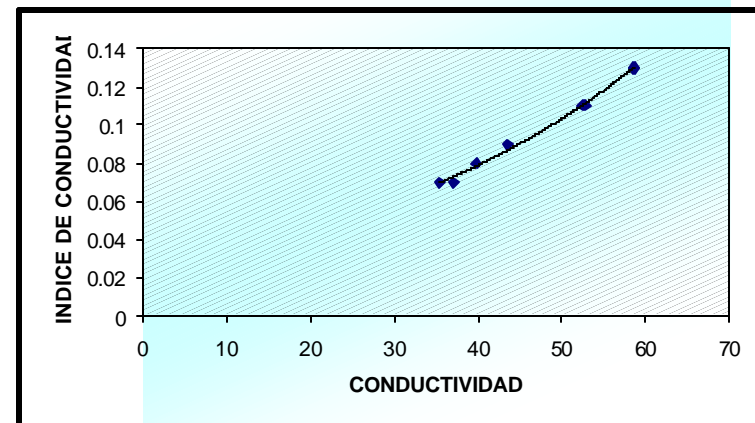
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y EL INDICE DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS

SÓLIDOS SUSPENDIDOS	INDICE DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS
70	0.19
18	0.03
6	0
24	0.05
104	0.3
42	0.11
8	0
52	0.14



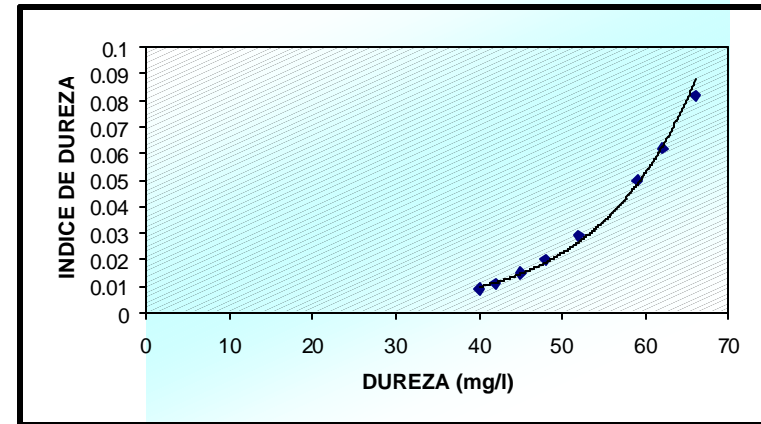
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA CONDUCTIVIDAD Y EL INDICE DE CONDUCTIVIDAD

CONDUCT.	INDICE DE CONDUCT.
35.4	0.07
39.7	0.08
52.4	0.11
58.6	0.13
37.1	0.07
43.5	0.09
52.7	0.11
58.5	0.13



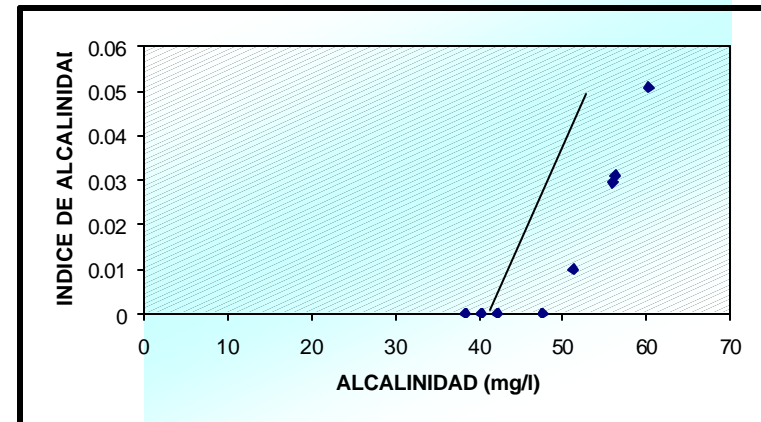
RELACIÓN ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA DUREZA Y EL INDICE DE DUREZA

DUREZA	INDICE DE DUREZA
40	0.009
45	0.015
59	0.05
62	0.062
42	0.011
48	0.02
52	0.029
66	0.082



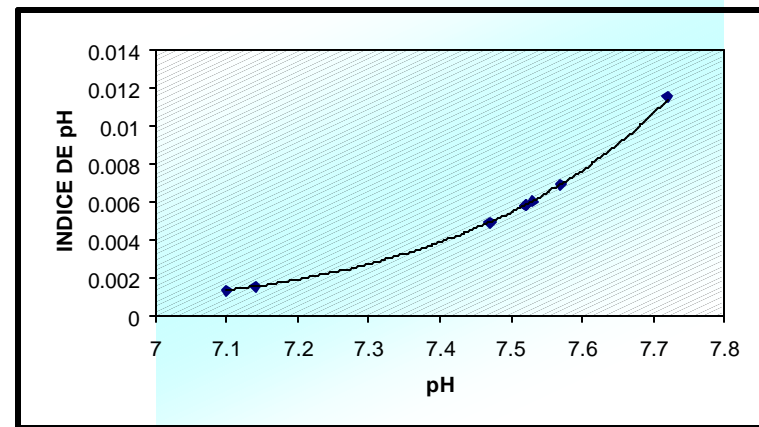
RELACIÓN GRAFICA ENTRE LA VARIABLE FISICOQUÍMICA ALCALINIDAD Y EL INDICE DE ALCALINIDAD

ALCALINIDAD	INDICE DE ALCALINIDAD
38.3	0
42.2	0
51.2	0.01
60.2	0.051
40.2	0
47.5	0
55.9	0.0295
56.22	0.0311



RELACIÓN ENTRE LA VARIABLE FÍSICOQUÍMICA pH Y EL INDICE DE pH

pH	INDICE DE pH
7.53	0.006
7.72	0.011
7.14	0.002
7.47	0.005
7.52	0.006
7.57	0.007
7.1	0.002
7.52	0.006



Anexo 3. Caracterización fisicoquímica de cada una de las muestras de agua para cada municipio. (Software acompañante)

ANEXO 4

**MUNICIPIO DE ENCINO
QUEBRADA EL RESUMIDERO**



COROMORO



Río Guachavita



Río Yama



Río Pienta

OCAMONTE



Planta de tratamiento de agua. Quebrada la Arenera



Quebrada Morarí

CHARALÁ



Río Pienta



Río Taquiza

PARAMO



Quebrada la Fuente



Quebrada la Fuente

VALLE DE SAN JOSÉ



Río Fonce



Curtiembre del Valle de San José