

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA ENVASADA PARA CONSUMO  
HUMANO QUE SE DISTRIBUYE EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

**Informe de tesis**

**Presentado por:**

**ADA AZUCENA PAZ DERAS**

**Para optar al título de**

**Químico Farmacéutico**

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

**Guatemala, octubre de 2000**

**JUNTA DIRECTIVA**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

<b>DECANA:</b>	<b>Licda. Hada Marieta Alvarado Beteta</b>
<b>SECRETARIO:</b>	<b>Lic. Oscar Federico Nave Herrera</b>
<b>VOCAL I:</b>	<b>Dr. Oscar Manuel Cobar Pinto</b>
<b>VOCAL II:</b>	<b>Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda</b>
<b>VOCAL III:</b>	<b>Dr. Federico Adolfo Richter Martínez</b>
<b>VOCAL IV:</b>	<b>Br. César Alfredo Flores López</b>
<b>VOCAL V:</b>	<b>Br. Manuel Aníbal Leal Gómez</b>

DL  
06  
+(2085)

## DEDICATORIA

**Dedico este acto:**

- **A DIOS TODOPODEROSO**
- **A mis padres**

**María del Carmen Deras Castillo de Paz  
Manuel de Jesús Paz Ponce**

- **A mis hermanos**

**Luis Manuel y Carmen Hazel**

- **A mi familia**
- **Al bello pueblo de Guatemala, con agradecimiento, cariño y respeto, y con el cual me siento plenamente identificada.**
- **A todos mis compañeros de estudios, especialmente a Vivian, Nancy, Dina, Rosa Alba, Virna, Carmen María, Mireille, Lilian, Erika, Karla, Erasmo, Juan Carlos, Gezabel, Moisés, Carolina.**
- **A todas las personas que de una forma u otra han contribuido a la conclusión exitosa de mi carrera profesional.**

## AGRADECIMIENTOS

- A la República de Guatemala, por darme un lugar en la sociedad sin distinción de origen.
- A la Universidad de San Carlos de Guatemala, por darme la oportunidad de formarme como profesional.
- A todos mis catedráticos, por el esfuerzo que invirtieron en mi formación académica.
- Al Departamento de Análisis Aplicado, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, especialmente a los Licenciados Elfege Rolando López G. y Luis Fernando Girón Rodas, por su asesoría y apoyo para la realización del presente trabajo de investigación.
- Al Instituto de Investigaciones, Programa de Química Analítica Ambiental, Universidad del Valle de Guatemala; gracias al Licenciado Willy Knedel y sus colaboradores, por proporcionar el equipo, cristalería, reactivos y asesoría, para la realización de los análisis de sustancias biocidas.
- Al Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, especialmente al Ing. Zenón Much Santos y colaboradores, por proporcionar el equipo, cristalería, reactivos y asesoría para realizar gran parte de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos.
- A la Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR- Ministerio de Economía, quienes proporcionaron información acerca de las normas vigentes para agua envasada.
- A la Ing. Norma Avendaño, jefe del Laboratorio de Análisis de Aguas del INFOM, por su colaboración al proporcionar información pertinente a los análisis de las muestras.
- Al Licenciado Oscar Ramiro Flores Zimeri, Licenciado Héctor Humberto López Estrada, Licenciada Ligia María Orozco Toralla, a los señores Erick Ligorria, Rudy Aguilar, y a la familia Hernández Guzmán, por la colaboración brindada a lo largo de mi estancia en la República de Guatemala.



# INDICE

	PAGINA
1. Resumen -----	1
2. Introducción -----	3
3. Antecedentes -----	4
4. Justificación -----	5
5. Objetivos -----	6
6. Hipótesis -----	7
7. Materiales y Método -----	8
8. Resultados -----	19
9. Discusión -----	25
10. Conclusiones -----	29
11. Recomendaciones -----	30
12. Bibliografía -----	31
13. Anexos -----	33

## 1. RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue desarrollado con el objeto de determinar la calidad de agua envasada para consumo humano que se distribuye en la ciudad de Guatemala. Para ello se efectuaron los ensayos físicos, químicos, bacteriológicos y análisis de sustancias biocidas que la norma COGUANOR establece para este tipo de producto.

El universo de trabajo lo constituyeron 14 muestras (marcas) diferentes de agua envasada para consumo humano, 6 con presentación en frasco y 8 con presentación en bolsa, todos tuvieron como contenido  $\frac{1}{2}$  litro de agua. Se efectuaron 3 rondas de muestreo para el caso de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos; se recolectaron 5 unidades de cada una de las muestras por ronda. Para el ensayo de sustancias biocidas, se efectuó una sola ronda, recolectándose 3 unidades de cada una de las muestras envasadas en bolsa y 2 unidades de las que estaban envasadas en frasco. El total de muestras analizadas fue de 246 unidades.

Los parámetros efectuados fueron los siguientes:

- Análisis físico: color, turbiedad, pH, sólidos disueltos.
- Análisis químico: nitrito, nitrato, sulfato, fluoruro, dureza, calcio, magnesio, cloruro, hierro, metales pesados.
- Análisis bacteriológico: determinación del Número más Probable (NMP) por 100 mL de muestra, por el método de tubos múltiples de fermentación.
- Sustancias biocidas (plaguicidas): a través de cromatografía de gases; se incluyeron en el análisis 24 plaguicidas organoclorados, 12 organofosforados y 1 piretroide.

Los resultados obtenidos se presentan mediante gráficos y se resumen como sigue:

- Ninguna de las muestras seleccionadas cumple con la norma COGUANOR en cuanto a Turbiedad se refiere. La norma establece que el límite máximo permisible es de 0.5 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad), ya que las muestras reportaron valores de turbiedad que oscilaron entre 1.0 a 3.0 UNT.

- En cuanto a los análisis físicos, químicos y bacteriológicos, el 70% de las muestras seleccionadas no cumplen con las especificaciones dadas por la norma COGUANOR. El 65% se debe a presencia de contaminación bacteriana, el 35% mostró presencia de plaguicidas y el 14% contenía concentraciones elevadas de nitrato.

Los hallazgos más relevantes fueron los siguientes:

- La determinación de una concentración excesiva de nitrato en la marca identificada en este informe como H (65 mg/mL). Se reporta que concentraciones mayores de 45 mg/mL de nitrato presenta el riesgo de producir metahemoglobinemia en niños menores de 1 año de edad.
- La identificación y cuantificación de dos plaguicidas en dos de las muestras analizadas. Se encontraron los valores siguientes:
  - o Malatión: muestra identificada como D (0.198 ug/L)
  - o Clorpirifós: muestra identificada como E (0.349 ug/L)

El límite máximo permitido para estos plaguicidas debe ser menor a 0.1 ug/L. Estas muestras se consideraron como un peligro para la salud del consumidor. Se debe aclarar que en la norma COGUANOR para agua envasada no figuran estos dos plaguicidas.

Con base a los resultados obtenidos puede afirmarse que el 100% de las muestras seleccionadas no cumplen con todas las especificaciones de la norma COGUANOR para agua envasada. Además, las muestras identificadas como D, E y H se catalogaron como las de mayor riesgo para la salud del consumidor final.



## 2. INTRODUCCIÓN

*El agua es indispensable para la vida de todo ser vivo. El ser humano la utiliza para higiene, para beber, preparar alimentos, riego, recreación, acuicultura y otros. La industria del agua purificada envasada se inició en Guatemala con la apertura de algunas envasadoras de agua en los departamentos de Quiché y Petén. Desde hace 5 años se ha observado un crecimiento acelerado de esta industria, al punto de encontrarse registradas, en el Departamento de Control de Medicamentos, 93 marcas diferentes de agua envasada para consumo humano, a nivel de toda la república. El principal propósito de este trabajo de investigación, fue determinar si el agua envasada para consumo humano que se distribuye y consume en la ciudad de Guatemala, cumplía con los requerimientos de calidad para este tipo de producto.*

Con este fin se determinó el número de fábricas que envasan agua purificada, en la ciudad de Guatemala. Con base a las diferentes presentaciones que se comercializan se seleccionó la presentación que tenía mayor demanda. El número de muestras que se analizaron, fue el que recomienda la Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR-. A dichas muestras se les efectuaron los respectivos ensayos físicos, químicos y bacteriológicos necesarios para determinar la calidad del agua envasada para consumo humano.



### 3. ANTECEDENTES

#### 2.1 DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA.

Para aclarar conceptos utilizados en este trabajo, es necesario establecer las definiciones de la terminología empleada, las cuales pueden consultarse en el anexo No. 4.

#### 2.2 ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DE AGUA ENVASADA PARA CONSUMO HUMANO.

En 1999 se elaboró la norma de la Comisión Guatemalteca de Normas - COGUANOR- para agua envasada para consumo humano, la cual se describe en el anexo No. 3.

La norma COGUANOR para Agua Envasada para consumo humano utiliza como referencia otras normas internacionales para este mismo producto.

Entre ellas, pueden citarse la Norma Oficial Mexicana para Agua Purificada Envasada y la Norma Colombiana ICONTEC para Agua Potable Tratada Envasada (anexo No. 5).

Además, se hace referencia a IBWA Model Code Revised 3/18/98, de la cual, en el anexo No. 5 se describe las especificaciones para agua embotellada, aplicables en muchos estados de los Estados Unidos.

## 4. JUSTIFICACIÓN

Según la Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR-, anteriormente la calidad del agua envasada para consumo humano estuvo regulada por las normas utilizadas para agua potable, lo cual, se consideró no recomendable, debido a que las normas internacionales de control de calidad del agua envasada para consumo humano son más estrictas que las que se utilizan para el control del agua potable en Guatemala. Por lo anterior, se consideró prioritario evaluar la calidad del agua envasada para consumo humano mediante las nuevas normas, para determinar si dicho producto cumple con los requerimientos necesarios.

## 5. OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL:

- Determinar la calidad del agua envasada para consumo humano que se distribuye y consume en la Ciudad de Guatemala.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Efectuar los ensayos físicos, químicos y bacteriológicos, descritos en el presente trabajo de investigación, a las muestras de agua envasada para consumo humano seleccionadas.
- Determinar, en base a los resultados obtenidos, la calidad de las muestras de agua purificada analizadas.
- Generar información científica que permita encaminar las acciones necesarias para optimizar el control de la calidad del agua envasada para consumo humano, que se distribuye actualmente en la Ciudad de Guatemala.

## **6. HIPÓTESIS**

Las muestras seleccionadas y analizadas de agua envasada para consumo humano que se distribuyen en la ciudad de Guatemala cumplen con las especificaciones requeridas para este tipo de producto, según la norma COGUANOR.



## 7. MATERIALES Y MÉTODO.

### 7.1 UNIVERSO DE TRABAJO.

Estuvo constituido por 14 marcas diferentes de agua envasada para consumo humano, registradas en el Departamento de Control de Alimentos de la Dirección General de Servicios de Salud, las cuales se distribuyen en la ciudad de Guatemala.

### 7.2 RECURSOS HUMANOS.

- Autora: Ada Azucena Paz Deras
- Asesor: Lic. Elfego Rolando López G.
- Colaboradores: Lic. Luis Fernando Girón Rodas, Laboratorio de Análisis Aplicado, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala; Lic. Willy Knedel, Universidad del Valle de Guatemala; Ing. Zenón Much Santos, Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

### 7.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

Los análisis fueron realizados de la siguiente forma:

- Análisis físico-químicos: Departamento de Análisis Aplicado, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, y Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Análisis de Sustancias Biocidas: Instituto de Investigaciones, Programa de Química Analítica Ambiental, Universidad del Valle de Guatemala.

#### 7.3.1 Selección de muestras para realizar los análisis físicos y químicos.

Se escogió por muestra la presentación más común que comercializa cada una de las fábricas envasadoras de agua en la ciudad de Guatemala, la cual fue de ½ litro envasado en botella o bolsa plástica.

### 7.3.2 Número de análisis efectuados.

Los análisis físicos, químicos y bacteriológicos se realizaron en tres rondas de muestreo, recolectándose 5 unidades de cada una de las muestras seleccionadas, con un intervalo de tiempo no menor de 15 días entre cada uno de los muestreos.

Los análisis de sustancias biocidas se realizaron en una sola ronda de muestras, debido al elevado costo de los reactivos utilizados, se recolectó un total de 3 unidades por muestra envasada en bolsa plástica y 2 unidades por muestra envasada en frasco plástico.

### 7.3.3 Número de muestras analizadas.

El número de muestras analizadas fue de 246 unidades. De éstas, 210 fueron utilizadas para los análisis físicos, químicos y bacteriológicos, y 36 unidades para el análisis de plaguicidas.

Criterio de aceptación: un producto se consideró aceptable si todas las muestras analizadas cumplieron con todos los requerimientos especificados en la norma COGUANOR.

## 7.4 MATERIALES.

El equipo, cristalería, reactivos y materiales utilizados se enumeran en cada una de las técnicas.

## 7.5 MÉTODO.

### 7.5.1 Color.

#### 7.5.1.1 Reactivos.

- Agua destilada y solución estándar de nitrato-nitrógeno.

#### 7.5.1.2 Aparatos.

- Espectrofotómetro Hach DR/2000.
- Tubos de Nessler de 50 mL

#### 7.5.1.3 Procedimiento.

- Se ajustó a cero con el blanco (agua destilada)
- Se midieron 50 mL de muestra en el tubo de Nessler.
- Se agregó una gota de solución estándar de nitrato-nitrógeno, se agitó por inversión. Se limpió cuidadosamente las paredes del tubo.
- Se obtuvo la lectura del aparato.

#### 7.5.1.4 Expresión de los resultados.

Se interpreta directamente del aparato la cantidad de unidades de color.

### **7.5.2 Turbiedad.**

#### 7.5.2.1 Reactivos.

- Estándar de turbiedad de 0-10 Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT) y agua destilada.

#### 7.5.2.2 Aparatos.

- Turbidímetro Hach 2100 A y celdas de fondo plano para muestras.

#### 7.5.2.3 Procedimiento.

- Calibración del turbidímetro: se ajustó la lectura del aparato utilizando el estándar de 0-10 UNT.

- Muestra: se agitó la muestra. Se esperó a que las burbujas desaparecieran. Se colocó la muestra en la celda, limpiando las paredes de la misma. Se efectuó la lectura.

#### 7.5.2.4. Expresión de los resultados.

Se interpretó el dato directamente en la escala del instrumento, como Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT).

### **7.5.3 Potencial de Hidrógeno (pH).**

#### 7.5.3.1 Reactivos y Materiales.

- Soluciones amortiguadoras pH 4, 7 y 9

#### 7.5.3.2 Aparatos.

- Potenciómetro

#### 7.5.3.3 Procedimiento.

Se calibró el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras. Se midió el pH de la muestra.

#### 7.5.3.4 Resultados.

Se expresaron en unidades de pH.

### **7.5.4 Conductividad Eléctrica.**

#### 7.5.4.1 Aparatos.

Conductímetro

#### 7.5.4.2 Reactivos

Agua destilada

#### 7.5.4.3 Procedimiento.

- Se ajustó la temperatura de referencia del conductímetro.

- Se puso a cero el ajustador constante de la celda.

- Se sumergió la celda del conductímetro en el agua destilada (patrón) y en las muestras.

- Se presionó us/cm hasta que se ajustó el rango óptimo de medición.

#### 7.5.4.4 Expresión de los Resultados.

Se interpretó el resultado directamente del aparato.

### 7.5.5 Sólidos Disueltos.

#### 7.5.5.1 Procedimiento.

Se partió del resultado obtenido en la técnica de Conductividad Eléctrica. La concentración de sólidos disueltos equivale a la mitad del valor de la Conductividad Eléctrica. El resultado se expresó en mg/L.

### 7.5.6 Dureza.

#### 7.5.6.1 Reactivos.

- EDTA
- Cloruro de amonio
- Hidróxido de amonio concentrado
- Negro de ericromo T
- Clorhidrato de hidroxilamina

#### 7.5.6.2 Aparatos.

- Soporte y pinzas para bureta.
- Bureta graduada
- Erlenmeyers de 250 mL
- Pipetas volumétricas de 25 y 50 ml
- Probetas graduadas de 50 mL, vidrio Pyrex

#### 7.5.6.3 Procedimiento.

- \* La preparación de los reactivos necesarios puede consultarse en el Anexo No. 1.
- \* Preparación de la muestra.
- La titulación no excedió de 5 minutos contados a partir del tiempo de la adición de la solución amortiguadora.
- Se agregó 50 mL de la muestra en un erlenmeyer de 250 mL
- Se agregó 1 mL de clorhidrato de hidroxilamina y 2 gotas de negro de ericromo T
- Se tituló con EDTA 0.01M

#### 7.5.6.4 Expresión de los Resultados.

Se multiplicó el volumen de EDTA utilizado para cada valoración por 20 (factor de dureza), para obtener el resultado en mg/L de dureza.



## 7.5.7 Hierro.

### 7.5.7.1 Reactivos.

- Acido clorhídrico concentrado.
- Cloruro de hidroxilamina
- Acetato de amonio
- 1,10-fenantrolina
- Ácido sulfúrico concentrado
- Sulfato ferroso amoniacal
- Permanganato de potasio

### 7.5.7.2 Aparatos.

- Espectrofotómetro, 510 nm
- Estufa
- Erlenmeyer de 250 mL
- Balones aforados de 100 y 1000 mL
- Probetas de 100, 500 y 1000 mL

### 7.5.7.3 Procedimiento.

\* Para la preparación de los reactivos necesarios puede consultarse el anexo No. 2.

- Preparación de las muestras. A cada erlenmeyer que contiene 50 mL de blanco y a las muestras se agregó 2 mL de ácido clorhídrico concentrado. Luego se pipeteó 1 mL de la solución de hidroxilamina a cada erlenmeyer y se agitó. Posteriormente, se agregó a cada erlenmeyer unas perlas de ebullición y se calentó en estufa hasta ebullición y por evaporación, se redujo el volumen a 10 mL. Se dejó enfriar y se transfirió cuantitativamente las muestras a matraces de 100 mL. Los erlenmeyers se lavaron tres veces con agua destilada.

Se adicionó, con pipeta, 10 mL de solución amortiguadora de acetato de amonio a cada matraz y se agitó. Finalmente, se agregó 2 ml de solución de fenantrolina a cada matraz, se dejó en reposo por 15 minutos hasta que desarrolló el color.

\* Determinación de hierro total en las muestras mediante espectrofotómetro.

Se llevó a 0% la transmitancia. Se situó la longitud de onda en 510 nm. Se situó a 0.0 en la escala de absorbancia, usando el blanco. Se procedió a leer la absorbancia de cada patrón o muestra. Se trazó una curva cuya ordenada representa la

concentración de los patrones y cuya abcisa representa la absorbancia de los mismos.

#### 7.5.7.4 Expresión de los Resultados.

El contenido de hierro se obtiene de las lecturas de la curva de calibración, y se expresa en mg/L.

### **7.5.8 Metales Pesados (Prueba Cualitativa).**

#### 7.5.8.1 Reactivos y materiales.

- Ácido acético 1N
- Sulfuro de hidrógeno TS
- Papel pH
- Pipetas
- Tubos de ensayo

#### 7.5.8.2 Procedimiento.

Se ajustó 40 mL de muestra con ácido acético 1N a pH 3.0-4.0 (usando papel pH). Se agregó 10 ml de sulfuro de hidrógeno TS recientemente preparado y se dejó reposar por 10 minutos. El color del líquido, cuando se miró hacia abajo contra una superficie blanca, no fue más oscuro que el color de una mezcla de 50 mL de agua purificada a la que se le agregó la misma cantidad de ácido acético 1N que a la muestra.

#### 7.5.8.3 Expresión de los Resultados.

- Muestra más oscura que el blanco: presencia significativa de metales pesados.
- Muestra menos oscura que el blanco: presencia no significativa de metales pesados.

### **7.5.9 Cloruros.**

#### 7.5.9.1 Reactivos.

- Ácido sulfúrico 0.5N
- Hidróxido de sodio
- Cromato de potasio
- Nitrato de plata
- Fenolftaleína
- Etanol

#### 7.5.9.2 Equipo

- Soporte y pinzas para bureta

- Pipeta graduada de 1 mL
- Bureta de 25 mL
- Agitador magnético

#### 7.5.9.3 Procedimiento.

Se midieron 100 mL como muestra. Se ajustó el pH entre 7 y 10. se agregó 1 mL de cromato de potasio y se tituló con solución patrón de Nitrato de Plata.

#### 7.5.9.4 Expresión de los Resultados.

Cloruro (mg/L):  $(A-B) \times N \times 35450$

C

A= Volumen de solución de Nitrato de Plata para la muestra, en mL.

B= Volumen de solución de Nitrato de Plata para el blanco, en mL.

N= Normalidad de la solución de Nitrato de Plata.

C= mL de muestra

### 7.5.10 Nitrito.

#### 7.5.10.1 Reactivos.

- Agua destilada
- Reactivo Nitriver®, constituido por:
  - Fosfato monobásico de potasio
  - Sulfanilato sódico
  - Piro sulfato potásico
  - Sal disódica CDTA

#### 7.5.10.2 Aparatos.

- Espectrofotómetro Hach DR/2000, y celdas para muestra.

#### 7.5.10.3 Procedimiento.

- Se midió 25 mL de muestra en ambas celdas aforadas.
- Se agregó un bolsillo de reactivo Nitriver® a una de las celdas. Se agitó hasta completa disolución. La otra celda fue el blanco.
- Se dejó reposar por 15 minutos.
- Se ajustó el cero en el blanco, la lectura se efectuó a 510 nm.

#### 7.5.10.4 Expresión de los Resultados.

La lectura obtenida se multiplicó por 3.3, para expresar el contenido de Nitrógeno como nitrito.

### **7.5.11 Nitrato.**

#### 7.5.11.1 Reactivos.

- Agua destilada, ácido clorhídrico 1N

#### 7.5.11.2 Aparatos.

- Espectrofotómetro UV
- Tubos de Nessler de 50 mL, pipeta volumétrica de 10 mL

#### 7.5.11.3 Procedimiento.

- Se midieron 50 mL de las muestras y del blanco (agua destilada).
- Se agregó a cada uno 1 mL de ácido clorhídrico 1N.
- Se efectuó la lectura a 220 nm.

#### 7.5.11.4 Expresión de los Resultados.

Se obtuvieron las concentraciones de nitrato en las muestras con base a la curva de calibración correspondiente (Ver Anexo No. 6).

### **7.5.12 Fluoruro.**

#### 7.5.12.1 Reactivos.

- Agua destilada, reactivo de SPANS.

#### 7.5.12.2 Aparatos.

- Espectrofotómetro Hach DR/2000.
- Pipetas volumétricas de 5, 25 mL, celdas aforadas 25 mL, erlenmeyers de 50 mL.

#### 7.5.12.3 Procedimiento.

- Se midieron 25 mL de las muestras y del blanco (agua destilada).
- Se colocaron en los erlenmeyers y se les agregó 5 mL de reactivo de SPANS.
- Se agitaron, y dejaron reposar por 5 minutos.
- Se efectuó la lectura a 580 nm.

#### 7.5.12.4 Expresión de los Resultados.

Se interpretó la lectura del aparato, en mg/L.

### **7.5.13 Sulfato.**

#### 7.5.13.1 Reactivos.

- Cloruro de Bario

#### 7.5.13.2 Aparatos.

- Espectrofotómetro Hach DR/2000.
- 2 celdas aforadas de 25 mL



## 7.5.13.3 Procedimiento.

- Se midieron 25 mL de las muestras en cada una de las celdas.
- A una de ellas se le agregaron 2 g de cloruro de bario. La otra celda es el blanco.
- Se agitó y dejó reposar por 5 minutos.
- Se efectuó la lectura a 450 nm.

## 7.5.13.4 Expresión de los Resultados.

Se interpretó la lectura del aparato, en mg/L.

**7.5.14 Calcio.**

## 7.5.14.1 Reactivos.

- Hidróxido de sodio 1N, murexida, EDTA.

## 7.5.14.2 Aparatos.

- Erlenmeyers de 250 mL, pipeta graduada de 5 mL.
- Bureta y soporte.

## 7.5.14.3 Procedimiento.

- Se midieron 50 mL de muestra. Se colocaron en los erlenmeyers.
- Se les agregó 2 mL de hidróxido de sodio 1N y 5 gotas de murexida. Se agitó.
- Se tituló con EDTA 0.01M.

## 7.5.14.4 Expresión de los Resultados.

El volumen de titulante utilizado en cada valoración fue multiplicado por 8.016, para obtener el resultado en mg de calcio por litro de muestra.

**7.5.15 Magnesio.**

## 7.5.15.1 Procedimiento.

Para obtener el resultado se utilizaron los datos obtenidos de dureza (en mg/L) y de calcio (en mg/L), despejando la siguiente fórmula:

$$\text{Dureza Total (mg CaCO}_3\text{/L)} = 2.497 (\text{Ca,mg/L}) + 4.118 (\text{Mg,mg/L}) \quad (16)$$

**7.5.16 Sustancias biocidas (Plaguicidas).**

Los plaguicidas, a nivel de trazas, se determinaron a través de cromatografía gaseosa de alta resolución, utilizando técnicas especiales de inyección y detectores sensibles y más o menos selectivos. La información detallada acerca de esta técnica se describe en el Anexo No. 7.

#### 7.5.16.1 Reactivos.

- Diclorometano, isooctano, éter de petróleo, cloruro de sodio, todos aptos para análisis de trazas.
- Ácido sulfúrico concentrado
- Patrones de pureza certificada de 37 plaguicidas.

#### 7.5.16.2 Aparatos.

- Agitadores magnéticos, estufa.
- Rotavapor.
- Cromatógrafo de gases con detectores de captura de electrones (ECD) y fotométrico de llama (FPD).
- Balanza analítica, congelador.

#### 7.5.16.3 Procedimiento (Ver detalles en Anexo No. 7).

- Se prepararon las muestras a través de un proceso de extracción líquido-líquido.
- Se corrieron las muestras y soluciones de calibración en el cromatógrafo, efectuándose la detección simultánea de analitos organoclorados y organofosforados.
- Se obtuvieron los cromatogramas de las muestras, los cuales fueron analizados, encontrándose algunos hallazgos en algunas muestras.
- Las muestras que presentaron hallazgos se sometieron a la prueba confirmativa.
- Se efectuó el análisis final de resultados.

#### 7.5.16.4 Expresión de Resultados.

Los hallazgos (plaguicidas identificados) fueron reportados con su concentración, en microgramos por litro de muestra.

### **7.5.17 Examen Bacteriológico.**

Se efectuó la técnica de tubos múltiples de fermentación.

#### 7.5.17.1 Reactivos.

- Agua destilada
- Solución amortiguadora para diluciones
- Caldo lactosado deshidratado.
- Caldo *E. coli* deshidratado
- Caldo lactosado con bilis y verde brillante deshidratado.

#### 7.5.17.2 Equipo y Aparatos.

- Tubos de ensayo sin reborde, vidrio Pyrex.
- Tubos tipo Durham
- Beakers 500 mL, pipetas de 10 mL, gradillas.

- Agitadores de vidrio, probetas de 500 y 1000 mL
- Algodón, tijeras, tapones para tubo de cultivo, asa de nicromo.
- Mechero bunsen, incubadora, horno de esterilización, baño de maría.
- Autoclave, balanza semianalítica.

#### 7.5.17.3 Procedimiento.

Se utilizaron series de tubos con dispositivos de Durham, que incluyeron tres cantidades diferentes de muestra (10.0, 1.0 y 0.1 mL). El procedimiento consiste en dos pruebas:

- Prueba presuntiva.

Se inocularon una serie de tubos de caldo lactosado con las diluciones de cada una de las muestras. Luego se incubaron a  $35 \pm 0.5$  grados Celsius por 48 horas.

Al finalizar este tiempo se seleccionaron las muestras con presencia de gas para efectuarles la prueba confirmativa. Los restantes tubos se consideran como negativos.

- Prueba Confirmativa.

Los tubos positivos de la prueba presuntiva se sembraron con un asa de nicromo en los tubos de fermentación que contenía Caldo *E. coli* y en otros que contenían caldo lactosado con bilis y verde brillante.

Los tubos de caldo *E. coli* se incuban en baño de maría a  $44 \pm 0.5$  grados Celsius por 24 horas. Si no había formación de gas, indicaba que en la muestra no se encontraban presentes coliformes fecales.

Los tubos de caldo lactosado con bilis y verde brillante se incubaron a  $35 \pm 0.5$  grados Celsius por 48 horas. Si se observó formación de gas, indicó que en la muestra se encontraban presentes coliformes totales.

#### 7.5.17.4 Expresión de los Resultados.

Los resultados se expresaron como Número Más Probable (NMP), el cual es el número de bacterias coliformes que tiene mayor probabilidad sobre cualquier otro número, de conducir a los resultados obtenidos en los exámenes de laboratorio

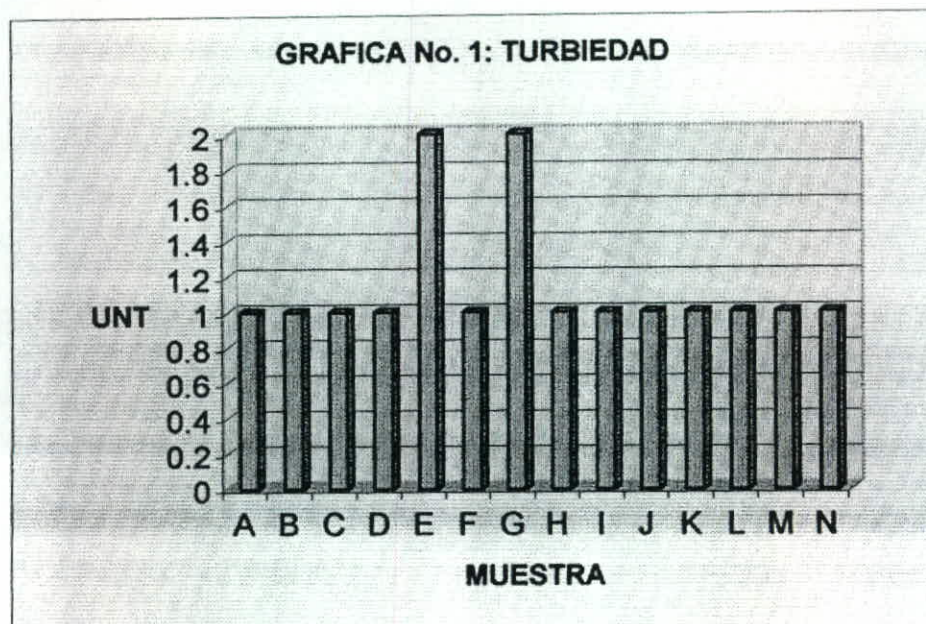


## 8. RESULTADOS

### ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS.

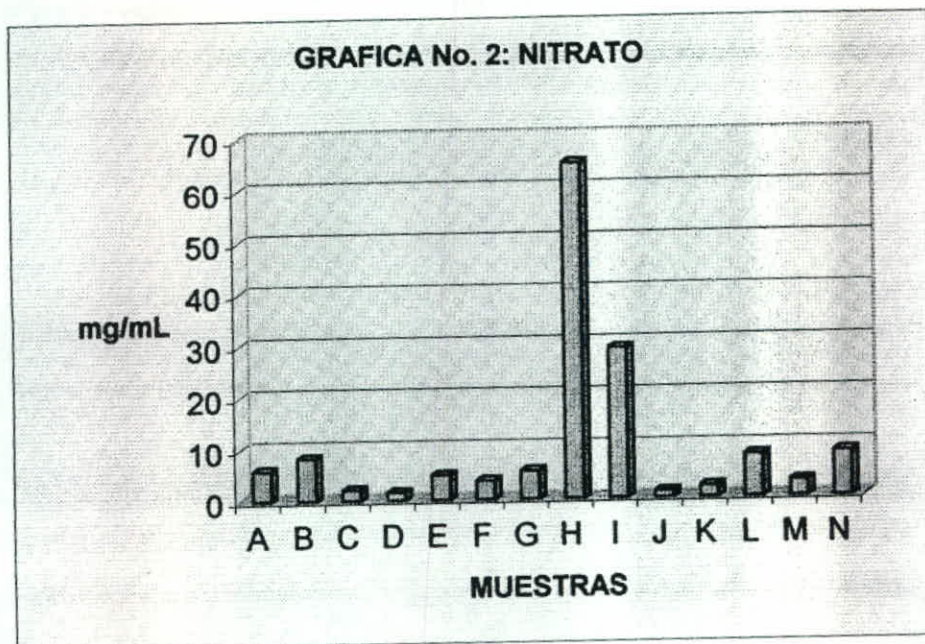
Los resultados obtenidos pueden observarse en la tabla No. 1 (página No. 22). De las 14 muestras seleccionadas, todas cumplen con los parámetros físicos y químicos de la norma COGUANOR, exceptuando los parámetros siguientes.

Ninguna de las marcas cumplió con el parámetro de turbiedad, cuyos datos oscilan entre 1.0 a 3.0 Unidades Nefelométricas de Turbiedad (la norma COGUANOR establece como máximo 0.5 UNT). Debe hacerse notar que otras normas internacionales para agua envasada son menos estrictas en cuanto al límite de turbiedad permitido (Norma Oficial Mexicana: menos de 5 UNT).



En cuanto a otros parámetros tales como Nitrógeno en forma de nitrato, las muestras H (65 mg/L e I (29.04 mg/L) no cumplieron con el valor establecido en la norma COGUANOR (menos de 10 mg/L).





La presencia de metales pesados se observó en las muestras D y G, con uno de tres ensayos positivo.

#### ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS.

Los resultados pueden observarse a continuación. La norma establece que un NMP menor de 3 es indicio que la muestra es apta para consumo humano.

MUESTRA	NMP/100 mL 1° RONDA	NMP/100 mL 2° RONDA	NMP/100 mL 3° RONDA
A	Menor de 3	Menor de 3	Menor de 3
B	Menor de 3	Mayor de 2,400	Menor de 3
C	Menor de 3	20	Menor de 3
D	Mayor de 2,400	Mayor de 2,400	39*
E	Menor de 3	23*	150
F	Menor de 3	3*	Menor de 3
G	Menor de 3	Menor de 3	Menor de 3
H	15	4	Menor de 3
I	Mayor de 2,400	3	150
J	Menor de 3	Menor de 3	Menor de 3
K	4	Menor de 3	Menor de 3
L	Menor de 3	Menor de 3	Menor de 3
M	Menor de 3	Menor de 3	Menor de 3
N	Menor de 3	43	Menor de 3

\* La siembra en caldo *E. coli* resultó positivo para coliformes fecales.

Las muestras B, C, F, K, N resultaron positivas en cuanto a contaminación bacteriana, la cual se reporta con valores mayores que el límite permitido en dos de las rondas.

Las muestras E y H presentan contaminación bacteriana, la cual se reporta con valores mayores que el límite permitido en dos de las rondas.

Las muestras D e I, también presentan contaminación bacteriana, reportándose valores mayores que el límite máximo permitido en las tres rondas efectuadas.

Las muestras A, G, J, L, M cumplieron con la norma COGUANOR en cuanto a los análisis bacteriológicos efectuados.

Las muestras D, E, I además presentaron resultados positivos para coliformes fecales.

**TABLA No. 1**  
**RESULTADOS OBTENIDOS**

MUESTRA	TURBIEDAD	COLOR	pH	COND. ELECT.	SOLIDOS DIS.	NITRITO	NITRATO	SULFATO	FLUORURO	DUREZA	CALCIO	MAGNESIO	CLORURO	HIERRO	Metales Pesados	
A	1	1	7.1	189	95	0.0077	5.94	16	0.265	0	0	0	10.88	0.03	PNS	
B	1	1	7.3	329	165	0.0033	8.21	26	0.375	113	20.57	15.05	9.5	0	PNS	
C	1	1	7.7	222	111	0.0033	2.05	25	0.322	47	13.63	3.15	33.1	0.004	PNS	
D	1	2	7.3	177	89	0.0413	1.54	7	0.18	65	16.3	5.9	3.52	0.1	UNO DE TRES	
E	2	3	7.1	189	95	0.0044	4.84	26	0.26	58	15.23	5	6.16	0.14	PNS	
F	1	1	7.1	202	101	0.0033	3.67	4	0.335	2	0.27	0.32	4.91	0.04	PNS	
G	2	3	7.21	234	117	0.0066	5.5	38	0.23	85	23.78	6.3	9.1	0.06	UNO DE TRES	
H	1	3	7.55	613	306	0.088	65	42	0.28	211	55.84	17.46	35.6	0.04	PNS	
I	1	2	7.4	308	154	0.0308	29.04	8	0.29	108	25.79	10.8	14.95	0.09	PNS	
J	1	1	6.9	34	17	0.0066	1.25	1	0.033	0	0	0	0.89	0.03	PNS	
K	1	2	7.4	175	88	0.0044	2.2	17	0.26	0	0	0	6.74	0.11	PNS	
L	1	1	7.3	320	160	0.0077	8.21	27	0.32	112	20.71	14.56	10.08	0.04	PNS	
M	1	3	7.9	205	102	0.0484	3.08	1	0.36	45	11.76	3.88	2.14	0.03	PNS	
N	1	1	7.2	155	78	0.0495	8.65	1	0.27	44	11.46	3.74	4.01	0.1	PNS	
UNT		Unid.	Unid.	µuS	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	*
		Color														

NOTA: los resultados presentados son el promedio de las tres determinaciones que se efectuaron a cada una de las muestras.

\* PNS: presencia no significativa.



## ANÁLISIS DE SUSTANCIAS BIOCIDAS (PLAGUICIDAS)

PLAGUICIDA	DETECTOR	MUESTRA	CONCENTRACIÓN en microg/L
Metilparatión	FPD	E	0.064
Metilparatión	FPD	G	0.051
Metilparatión	FPD	H	0.041
Metilparatión	FPD	I	0.017
Clorpirifos	ECD	E	0.442
Clorpirifos	FPD	E	0.349
Malatión	FPD	D	0.198

Por otra parte, en los cromatogramas de las muestras se observa la presencia de picos que corresponden a ésteres ftálicos, los cuales son constituyentes de los envases de las muestras, que se encuentran presentes debido a que son extraídos por el agua purificada, confiriéndole a ésta última un sabor descrito comúnmente como "plástico".

El ECD es muy sensible para detectar ésteres ftálicos, muestra patrones cromatográficos de picos de tamaño significativo que son constantes entre muestras que estuvieron envasadas en frasco, no así si se comparan entre dos muestras con diferentes envases e incluso, los picos observados entre muestras envasadas en bolsa presentan marcadas diferencias en cuanto al patrón cromatográfico de ésteres ftálicos.

La comparación entre los patrones cromatográficos correspondientes a las diferentes presentaciones se logra al elaborar imágenes especulares entre dos muestras diferentes, en donde se observó con claridad la coincidencia de picos. (Ver anexo No. 8)

Posteriormente se evaluó el comportamiento de los patrones cromatográficos de ésteres ftálicos que han sido sometidos a la prueba confirmativa, para lograr una caracterización de los mismos, según el envase del que se trate.

Los resultados muestran lo siguiente:

En el anexo No. 8 se muestran las diferencias que se observaron comparando especularmente dos marcas envasadas en botella, antes y después de la prueba confirmativa.

Los picos característicos de ésteres ftálicos se encontraron en la región cercana a los 40 minutos. Después de la prueba confirmativa, éstos últimos cambiaron o desaparecieron, mientras que en la región arriba de 50 minutos aparecieron nuevos picos.

En el anexo No. 8 también se observaron diferentes patrones cromatográficos de ésteres ftálicos para presentaciones diferentes (bolsa y botella), antes y después de la prueba confirmativa. Después de ésta última, el patrón cromatográfico de ésteres ftálicos cambió para ambas presentaciones, siendo diferentes entre si.

En el anexo No. 8 además se observaron patrones cromatográficos de ésteres ftálicos para dos muestras en



bolsa. Son similares entre sí, pero diferentes a los patrones cromatográficos de botella. Posterior a la prueba confirmativa, la similitud entre patrones es muy poca.

Resumen de parámetros no cumplidos por las muestras seleccionadas.

MUESTRA/ Presentación	LUGAR DE FABRICACION	PARÁMETROS NO CUMPLIDOS
B/Botella	Ciudad Capital	bacteriológico
C/Botella	Ciudad Capital	bacteriológico
D/Bolsa	Chiquimulilla, Sta. Rosa	Metales pesados, bacteriológico, presencia de malatión
E/Bolsa	Ciudad Capital	bacteriológico, presencia de metilparatión y clorpirifós
F/Botella	Ciudad Capital	bacteriológico
G/Bolsa	San Marcos	Metales pesados, presencia de metilparatión
H/Bolsa	Ciudad Capital	Nitrato, bacteriológico, presencia de metilparatión
I/Bolsa	Ciudad Capital	Nitrato, bacteriológico, presencia de metilparatión
K/Bolsa	Ciudad Capital	bacteriológico
N/Bolsa	Ciudad Capital	bacteriológico

## 9. DISCUSIÓN

### ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS.

De las 14 muestras seleccionadas, ninguna cumplió con el parámetro de turbiedad. Sin embargo, la mayoría de normas internacionales establecen un límite máximo permisible mayor que el establecido por la norma COGUANOR. Por ejemplo, la Norma Oficial Mexicana establece un límite máximo permisible de 5 UNT.

Diez de las 14 muestras seleccionadas no cumplen por lo menos uno de los parámetros restantes, estas 10 muestras representan un 70% de las muestras.

De las 10 muestras no aptas para consumo humano, 5 muestran presencia de plaguicidas (muestras D, E, G, H, I). Estas representan un 35% de las muestras y dos de estas muestras se procesan y empaacan en el interior de la República.

De las 10 muestras que no cumplen con los parámetros de COGUANOR, 9 muestran contaminación bacteriana (65%), y una tiene concentraciones elevadas de nitratos (7%).

### SUSTANCIAS BIOCIDAS.

Luego de hacer las corridas de las muestras en el cromatógrafo y obtener los primeros resultados, éstos últimos deben pasar por varios métodos "filtro", para detectar y eliminar falsos positivos. Los métodos "filtro" se discuten a continuación:

1. Tiempos de retención: se efectuó un promedio de tiempos de retención para cada plaguicida detectado en las muestras, se incluyen los valores de los tres niveles de calibración efectuados. Para cada promedio se calcularon  $\pm 3$  desviaciones estándar. Se ubicó el tiempo de retención del plaguicida detectado en la muestra en esta escala de desviaciones, para determinar si está dentro de los límites. Si está fuera, el hallazgo se interpreta como falso positivo.
2. Concentración: si se detecta una señal identificada como plaguicida y satisface la prueba de los tiempos de retención, el siguiente paso consiste en analizar la concentración a la que se encuentra el analito. Si se observa que la concentración es cero, se debe a que el cálculo de la concentración se obtiene por regresión lineal, se debe considerar el fundamento descrito en el anexo No. 13. En este caso, las muestras que presentaron cantidades traza de plaguicidas no se reportaron, pues no presentan cantidades significativas.

### Prueba Confirmativa.

Las muestras que presentaron hallazgos positivos luego de pasar los "filtros", fueron sometidas a la prueba confirmativa con ácido sulfúrico concentrado.

Se analizó comparativamente el comportamiento de los plaguicidas de la solución de calibración del nivel 3 con el comportamiento observado en los analitos encontrados en las muestras.

#### Plaguicidas detectados.

Según los resultados obtenidos, se observó que de las 14 muestras seleccionadas, 5 de ellas presentaron resultados positivos para sustancias biocidas. A continuación se presentan los hallazgos.

##### - Metilparatión.

Se detectó en las muestras E, G, H, I. Se seleccionó la muestra con mayor concentración del plaguicida (muestra E) y se le efectuó la prueba confirmativa. Su comportamiento ante la acción del ácido sulfúrico concentrado es similar al observado para metilparatión de la solución de calibración tratada. Este resultado se considera como positivo para metilparatión. La muestra de mayor concentración se consideró como muestra piloto. Al resultar positivo para metilparatión se elimina la necesidad de tratar a las demás muestras, pues la selectividad del detector (FPD) es muy alta para organofosforados. Las otras muestras son positivas porque sus tiempos de retención coinciden con la solución de calibración.

##### - Clorpirifós.

Se detectó en la muestra E. La señal más confiable es la del FPD, pues es selectivo para organofosforados. La señal del ECD se consideró como complementaria.

La prueba confirmativa es positiva para clorpirifós, en la cual, éste último presenta un comportamiento similar al apreciado en la solución de calibración tratada con ácido sulfúrico concentrado para el mismo plaguicida.

##### - Malatión.

Se detectó en la muestra D, a través del detector FPD y la prueba confirmativa. El analito presenta un comportamiento similar que el de su homólogo en la solución de calibración tratada.

#### Posibles causas del incumplimiento de los parámetros.

- Nitratos: se deben a la contaminación de la muestra con aguas residuales domésticas.
- Contaminación bacteriológica: si existe sellado inadecuado, los microorganismos del ambiente pueden penetrar en el contenido del frasco o bolsa. También un manejo inadecuado al momento de envasar el producto puede ser la causa de la contaminación bacteriana de algunas muestras.
- Presencia de plaguicidas: la ubicación del pozo o fuente de agua de la fábrica es un factor muy importante para justificar la presencia de sustancias biocidas en las muestras. Dicha contaminación comúnmente se presenta en zonas agrícolas, en donde se utiliza este tipo de productos para el control de plagas.

#### Patrones Cromatográficos observados para ésteres ftálicos.

A través de los resultados se determinó que existen patrones cromatográficos definidos para muestras



que fueron envasadas originalmente en frasco o en bolsa, por lo que esta información podría utilizarse para sugerir, en un momento determinado, qué tipo de envase tuvo originalmente una muestra de agua purificada.

La caracterización detallada de estos patrones cromatográficos se puede lograr con la preparación de soluciones patrones de ésteres ftálicos, a un mínimo de 3 niveles de concentración, diseñar las condiciones a las que debe inyectarse y obtener cromatogramas de buena resolución, para tratar de identificar los picos correspondientes a ésteres ftálicos.

#### Efectos de los plaguicidas encontrados sobre la salud del consumidor.

Ninguno de los tres plaguicidas encontrados en las muestras de agua purificada figuran en la norma COGUANOR.

A continuación se describen los Límites Máximos Permitidos (LMP), válidos a nivel internacional, para estos plaguicidas:

Metilparatión: menos de 0.1 microg/L

Malatión: menos de 0.1 microg/L

Clorpirifós: menos de 0.1 microg/L (Anexo 10)

En el caso de metilparatión, todas las concentraciones obtenidas son más bajas que el LMP, por lo que no representan un peligro significativo para la salud del consumidor.

Sin embargo, el nivel de concentración de clorpirifós en la muestra E (0.349 microg/L en detector FPD) triplica el valor del LMP para dicho plaguicida, además que la concentración de malatión en la muestra D ( 0.198 microg/L en detector FPD) duplica el valor del LMP para malatión. Con base a esto se puede afirmar que las muestras D y E no son aptas para consumo humano, y que representan un riesgo para la salud del consumidor final.

#### Consecuencias del incumplimiento de los parámetros determinados sobre la salud del consumidor.

- Existe elevada probabilidad que la mayoría de la población de la ciudad capital consuma agua purificada no apta para consumo humano, ya que las muestras seleccionadas son de gran demanda en la población.
- La marca E representa un peligro para la salud del consumidor final, ya que la concentración de clorpirifós encontrada es elevada.
- La marca D presentó una concentración elevada de malatión (0.198 ug/L), además presentó niveles elevados de contaminación bacteriana (mayor de 2 400 NMP). Sin embargo, el fabricante afirma que su producto **"es apto para elaborar biberones"**. (contenido textual del empaque de la muestra D).
- La muestra H presenta riesgo de producir metahemoglobinemia infantil en niños menores de un año de edad. El límite máximo permisible es de 45 mg/L y la muestra H presenta una concentración de 65 mg/L. (16)



#### Irregularidades detectadas en los empaques de las muestras.

Las muestras seleccionadas que estuvieron originalmente envasadas en bolsa presentan algunas irregularidades en cuanto al empaque se refiere, las cuales se describen a continuación:

- Sellado inadecuado: se pueden observar a simple vista defectos de sellado en las unidades muestreadas. Además, algunas de las unidades mostraban aparentemente un buen sellado, pero el agua purificada que contenían se “fugaba”, es decir, que aunque el envase no había sido abierto, su contenido salía al exterior. (muestra E)
- Fecha de vencimiento ausente: según la norma COGUANOR para envases de productos alimenticios, en el empaque debe figurar la fecha de vencimiento del producto. En algunas de las muestras no se encontró este dato. En una de las muestras (G), indica que “este producto debe consumirse antes de 30 días después de su fabricación”, pero el productor no declara la fecha de producción.
- El productor no declara, en algunas muestras, el volumen de agua por unidad, y en otras muestras, no declaran el número de registro sanitario.

#### Relación observada entre el empaque de las muestras y su calidad sanitaria.

La calidad sanitaria del agua envasada para consumo humano depende de 3 factores:

- Las fuentes de abastecimiento de agua de las fábricas deben ser aptas para la elaboración de este producto.
- Procesamiento y envasado adecuados del producto, debe evitarse la contaminación bacteriana del mismo.
- El empaque debe ser el adecuado para contener el producto. Debe protegerlo de contaminación ambiental y, asimismo, que los componentes de los cuales está elaborado dicho envase no alteren las propiedades físicas y químicas originales del producto.

En la práctica se observó que tanto algunas muestras envasadas en frasco como en bolsa no cumplieron con las especificaciones de la norma COGUANOR, por lo que existe la misma probabilidad de consumir agua de mala calidad, sin tomar en cuenta su presentación al consumidor.

En cuanto al sabor de las muestras, las que estuvieron envasadas en bolsa presentaron la particularidad de poseer un sabor comúnmente identificado como a “plástico”, lo que prueba que el agua extrajo los componentes del envase. Dichos componentes se denominan ésteres ftálicos, y se corrobora este dato por la aparición de picos en los cromatogramas obtenidos en el análisis de sustancias biocidas. Los picos se observan claramente en la región de tiempo de retención de 40 minutos. (Ver anexo No. 8)

## 10. CONCLUSIONES

- La calidad sanitaria de las muestras de agua envasada depende de las condiciones a las que fue envasada y del tipo de envase que lo contenga.
  
- La hipótesis propuesta en el presente trabajo de investigación es falsa, ya que las muestras seleccionadas no cumplen con los parámetros de la norma COGUANOR.
  
- Los ensayos físicos, químicos, bacteriológicos y sustancias biocidas, en conjunto, demuestran que el 100% de las muestras analizadas seleccionadas de agua envasada no cumplen con todas las especificaciones requeridas por la norma COGUANOR.
  
- Derivado del incumplimiento de los requerimientos de calidad exigido para el agua envasada para consumo humano, que se distribuye en la Ciudad de Guatemala, puede inferirse que por presentar contaminantes que sobrepasan el límite máximo permisible, la población que utiliza este producto está expuesta a riesgo por la ingesta de sustancias que pueden afectar su salud.

## 11. RECOMENDACIONES

- Revisar la norma COGUANOR de agua envasada para consumo humano, ya que no incluyen dentro de los parámetros algunas sustancias biocidas que comúnmente se utilizan en Guatemala.
- Revisar el valor máximo admisible para Turbiedad descrito en la norma COGUANOR de agua envasada para consumo humano, ya que existen normas internacionales menos estrictas en ese sentido.
- Continuar con la caracterización de patrones cromatográficos de ésteres ftálicos, para obtener los patrones de pureza certificada de los mismos, elegir los solventes adecuados, determinar la técnica de extracción, inyección, análisis e interpretación de datos.
- Las autoridades sanitarias respectivas deben establecer mecanismos de control permanente, para asegurar que los productos para consumo humano cumplan con las disposiciones legales requeridas para su comercialización.



## 12. BIBLIOGRAFÍA

1. NORMA GUATEMALTECA OBLIGATORIA: AGUA ENVASADA PARA CONSUMO HUMANO. Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR-. Guatemala, enero de 1999. pp. 1-7
2. Cano, F, Mora, D, Montero, V. CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN (Simposio) Memoria de labores del XI Congreso Centroamericano y V Nacional de Microbiología y III Congreso del Colegio de Farmacéuticos y Químicos de Guatemala. Noviembre de 1997. pp. 1.26-32.
3. NORMA OFICIAL MEXICANA. BIENES Y SERVICIOS. AGUA PURIFICADA ENVASADA. ESPECIFICACIONES SANITARIAS. Dirección General de Control Sanitario de Bienes y Servicios. México. Marzo de 1995. pp. 14-66.
4. NORMA GUATEMALTECA OBLIGATORIA. AGUAS. ENSAYOS FÍSICOS. DETERMINACIÓN DEL COLOR. Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR-. Guatemala, octubre de 1985. pp. 1-4
5. NORMA GUATEMALTECA OBLIGATORIA. AGUAS. ENSAYOS FÍSICOS. DETERMINACIÓN DE TURBIEDAD. Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR-. Guatemala, octubre de 1985. pp. 1-8
6. NORMA GUATEMALTECA OBLIGATORIA. AGUAS. DETERMINACIÓN DE CONSTITUYENTES INORGÁNICOS NO METÁLICOS. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH). Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR-. Guatemala, noviembre de 1985. pp. 1-4.
7. NORMA GUATEMALTECA OBLIGATORIA. AGUAS. DETERMINACIÓN DE CONSTITUYENTES NO METÁLICOS. CLORURO. Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR-. Guatemala, noviembre de 1985. pp. 1-6.
8. NORMA GUATEMALTECA OBLIGATORIA. AGUAS. DETERMINACIÓN DE METALES. HIERRO. Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR-. Guatemala, abril de 1986. pp. 1-5.
9. Skoog, D.A, West, D.M. ANÁLISIS INSTRUMENTAL. 2da. Ed. Editorial McGraw-Hill/Interamericana. México. pp. 672, 747-767.
10. MANUAL DE INSTRUCCIONES: CONDUCTIVITY METER LF 95.WYW. Germany. 13pp.
11. NORMA GUATEMALTECA OBLIGATORIA. AGUAS. DETERMINACIÓN DE METALES. DUREZA. Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR-. Guatemala, noviembre de 1985.



7pp.

12. USP XXIII. United States Pharmacopeial Convention, Inc. USA. pp. 851, 943-945, 1189)
13. IBWA Model Code Revised. International Bottled Water Association. Virginia. USA. 1998. 24 pp.
14. AWWA. 1963. Métodos Estándar para Examen de Aguas de Desecho. Editorial Intercontinental. México.
15. NORMA GUATEMALTECA OBLIGATORIA. AGUAS. INVESTIGACIÓN DE COLIFORMES TOTALES POR EL MÉTODO DE LOS TUBOS MÚLTIPLES DE FERMENTACIÓN O DE LAS MEMBRANAS DE FILTRACIÓN. Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR-. Guatemala, 1985. 22pp.
16. Lee, J. CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE SUMINISTRA LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA (EMPAGUA): DETERMINACIONES, ANÁLISIS E ÍNDICES DE CALIDAD. Tesis, Ingeniero Civil. Junio, 1999. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. pp. 15, 16, 19, 23, 24, 26.
17. Eaton, A. et. al. STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. 19 Ed. APHA, AWWA, WEF. USA, 1995. pp. 2-36.
18. NORMA GUATEMALTECA OBLIGATORIA. AGUAS. DETERMINACIÓN DE CONSTITUYENTES INORGÁNICOS NO METÁLICOS. FLUORURO. Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR-. Guatemala, noviembre de 1985. 10pp.
19. COMISION GUATEMALTECA DE NORMAS. AGUAS. DETERMINACIÓN DE CONSTITUYENTES INORGÁNICOS NO METÁLICOS. NITRÓGENO (NITRITO). COGUANOR. noviembre de 1985. 5pp.
20. COMISION GUATEMALTECA DE NORMAS. AGUAS. DETERMINACIÓN DE CONSTITUYENTES INORGÁNICOS NO METÁLICOS. NITRÓGENO (NITRATO). COGUANOR. Noviembre de 1985. 5pp.
21. PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN NORMADO. PREPARACIÓN Y MANEJO DE SOLUCIÓN MADRE DE CALIBRACIÓN. Programa de Química Analítica Ambiental. Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala. 4pp.
22. PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN NORMADO. PREPARACIÓN DE SOLUCIONES DE CALIBRACIÓN. Programa de Química Analítica Ambiental. Insituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala. 2pp.

**13. ANEXOS**

**ANEXO 1****Preparación de Reactivos para Determinación de Dureza.**

- \* Solución amortiguadora.
  - Solución I.  
Disolver 1.179 g de EDTA y 780 mg de sulfato de magnesio en 50 mL de agua destilada.
  - Solución II.  
Disolver 17.9 g de cloruro de amonio en 143 mL de hidróxido de amonio concentrado.
  - Agregar la solución I a la solución II, mezclar, aforar a 250 mL con agua destilada.
  
- \* Solución indicadora.
  - Mezclar 0.5 g de negro de ericromo T y 4.5 g de clorhidrato de hidroxilamina. Disolver esta mezcla en 100 mL de etanol al 95% ó isopropanol.
  
- \* Titulador valorado 0.01M de EDTA.  
Mezclar 4.0 g de EDTA grado técnico con 800 mL de agua destilada. Dejar reposar por varios días, y luego filtrar. Titular con solución valorada de calcio para determinar a cuántos mg de Carbonato de Calcio equivale 1 mL de EDTA.
  
- \* Solución valorada de calcio.  
Secar unos gramos de carbonato de calcio pulverizado, a 105 grados celsius por 1 día.  
Pesar 1 g exacto en un erlenmeyer de 500 mL.  
Colocar un embudo en el erlenmeyer, y agregar pequeños volúmenes de solución (1+1) de Ácido clorhídrico, hasta disolver el carbonato de calcio.  
Pasarlo cuantitativamente a un balón aforado de 1 litro. Aforar con agua destilada.



## ANEXO 2

**Preparación de Reactivos para Determinación de Hierro.**

- Solución amortiguadora de acetato de amonio. Disolver 250 g de acetato de amonio en 150 mL de agua destilada. Luego agregar 700 mL de ácido acético glacial.
- Solución de acetato de sodio: Disolver 200 g de acetato de sodio trihidratado en de agua destilada.
- Solución de fenantrolina: Disolver 0.1 g de fenantrolina en 100 mL de agua destilada. Agitar y calentar a 80 grados celsius (no debe ebulir) NOTA: no se necesita calentar si se agregan 2 gotas de ácido clorhídrico concentrado al agua destilada.
- Solución madre de hierro: Agregar lentamente 20 mL de ácido sulfúrico concentrado a 50 mL de agua destilada y disolver 0.7022 g de sulfato ferroso amoniacal. Luego, agregar gota a gota una solución 0.1N de Permanganato de potasio, hasta que persista un débil color rosado. Por último, diluir hasta 1 000 mL con agua destilada excenta de hierro.
- Solución patrón principal: Medir una alícuota de 25 mL de la solución madre de hierro, y diluir hasta 250 mL.
- Preparación de la curva: Prepararla de la siguiente manera:

Sol. De hierro principal	Agua, en mL	Concentración de Hierro, en mg/L
0.0	50.0	0.0
1.0	49.0	0.2
2.0	48.0	0.4
3.0	47.0	0.6
4.0	46.0	0.8
5.0	45.0	1.0
6.0	44.0	1.2
7.0	43.0	1.4

**ANEXO 3**  
**ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL AGUA ENVASADA PARA CONSUMO**  
**HUMANO SEGUN COGUANOR.**

*- Características físicas.*

CARACTERISTICA	VALOR MAXIMO ADMISIBLE
Sabor	No rechazable
Color	<5 unidades *
Turbidez	<0.5 unidades **
PH	6.5 - 8.5
Olor	No rechazable
Sólidos disueltos	<500 mg/L

\* Unidad de color en la escala de platino-cobalto

\*\* En unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.

*- Características químicas.*

CARACTERISTICA	VALOR MAXIMO ADMISIBLE, EN mg/L
Aluminio	0.2
Antimonio	0.006
Arsénico	0.05
Bario	1.0
Berilio	0.004
Cadmio	0.005
Cianuro	0.1
Cloro	<0.1
Cloruro*	250.0
Cobre*	1.0
Cromo	0.05
Fluoruro	1.3
Hierro*	0.3
Manganeso*	0.05
Mercurio	0.001
Níquel	0.1
Nitrato	10.0
Nitrito	1.0
Total nitrato/nitrito	10.0
Plata	0.025
Selenio	0.01
Sulfato*	250.0
Talio	0.002
Zinc*	5.0

- Estos compuestos estan clasificados como contaminantes secundarios del agua para beber; por ejemplo, pueden tener implicaciones estéticas, no relacionadas con la salud.

- Niveles máximos aceptables de sustancias biocidas.

SUSTANCIA	NIVEL MAXIMO PERMITIDO, EN mg/L
Alaclor	0.002
Atrazina	0.003
Carbofurano	0.04
Clordano	0.002
Dibromocloropropano	0.0002
Dibromuro de etileno	0.00005
2,4-D-Acido diclorofenoxiacético	0.07
Endrín	0.0002
Fenólicos	0.001
Heptacloro	0.0004
Heptacloro epóxico	0.0002
Lindano	0.0002
Metoxicloro	0.04
PCB (Bifenilos policlorados)	0.0005
Acido 2,4,5-triclorofenoxipropiónico	0.01
Toxafeno	0.003

- Sustancias orgánicas volátiles

SUSTANCIA	LIMITE MAXIMO PERMITIDO, EN mg/L
Benceno	0.005
Cloruro de vinilo	0.002
o- diclorobenceno	0.600
p- diclorobenceno	0.075
1,2-dicloroetano	0.005
1,1-dicloroetileno	0.007
1,1,1-tricloroetano	0.200
cis - 1,2 - dicloroetileno	0.070
trans-1,2-dicloroetileno	0.100
1,2-dicloropropano	0.005
Estireno	0.100
Etilbenceno	0.700
Monoclorobenceno	0.100
Tetracloruro de carbono	0.005
Tetracloroetileno	0.005
Tricloroetileno	0.005
Trihalometano	0.010
Tolueno	1.000
Xileno	10.000

- Cuando el agua envasada para consumo humano sea sometida a desinfección por cloración, en el momento de ser envasada deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

Contenido máximo de cloro residual libre: 0.1 mg/L

- Cuando el agua envasada para consumo humano somete a desinfección con ozono, en el momento de ser envasada el contenido de ozono debe ser:

0.2 mg/L - 0.5 mg/L



- Características microbiológicas.

\* *Recuento aeróbico total.*

Método de vaciado en placa o filtración por membrana < o igual a 200 UFC/mL.

\* *Coliformes totales.*

a) Método de fermentación de los tubos múltiples < 1.1 NMP/100 mL  
con 10 tubos de 10 mL ó 5 tubos de 20 mL.

b) Método Ausencia-Presencia= Ausencia

c) Método de filtración por membrana= 0 UFC/mL

- Envase y Rotulado.

\* *Envase.* Los envases utilizados para el agua para consumo humano, deberán ser de material inócuo, que no altere las características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales del producto, y deberán contar con un sistema de sellado que garantice la inviolabilidad del mismo hasta el momento de su consumo.

Los envases podrán ser de cualquiera de los materiales siguientes:

- *Material retornable.*

Vidrio

Policarbonato

Polietilentereftalato (PET)

- *Material no retornable.*

Polietilentereftalato (PET)

Plásticos de polietileno de alta o  
baja densidad de grado alimenticio.

Poli(cloruro de vinilo) (PVC) grado  
alimenticio.

Otros materiales poliméricos de gra-  
do alimenticio.

Podrán emplearse envases de otros materiales autorizados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, de acuerdo con los avances tecnológicos en este campo.

## ANEXO 4 DEFINICIONES Y TERMINOLOGIA

1. *Agua envasada para consumo humano*: es el agua envasada que por sus características de origen o por el tratamiento a que se somete, cumple con los requisitos de la norma COGUANOR. (1)  
También se define como el agua que se somete a un tratamiento físico o químico, que se encuentra libre de agentes infecciosos; cuya ingestión no causa efectos nocivos a la salud y para su comercialización se presenta en botellones u otros envases con cierre hermético y que además cumple con las especificaciones que se establecen en la norma oficial mexicana. (3)

2. De acuerdo con la Comunidad Económica Europea -CEE-, existen 4 tipos de aguas envasadas: minerales naturales, de manantial, aguas preparadas y de consumo público envasadas. La diferencia entre ellas radica en el origen de la fuente de abastecimiento.

- *Aguas minerales naturales*: se definen como aguas bacteriológicamente sanas que tienen su origen en un estrato o yacimiento subterráneo, y que brotan de un manantial, de uno o varios puntos naturales o perforados.

Estas pueden distinguirse claramente de las restantes aguas potables debido a su naturaleza, caracterizado por el contenido de oligoelementos y otros componentes determinados por su pureza original, los cuales deben conservarse intactos protegiendo el acuífero contra la contaminación orgánica e inorgánica.

- *Aguas de manantial*: según la CEE, se definen como el agua potable de origen subterráneo que emergen espontáneamente en la superficie de la tierra, o se captan mediante labores practicadas para tal efecto, con las características naturales de pureza que permitan su consumo, previa aplicación de los mínimos tratamientos físicos requeridos para la separación de los elementos naturales inestables.

- *Aguas preparadas*: son las que se someten a tratamiento físico-químico necesario para que su consumo sea inocuo para la salud.

- *Aguas de consumo público envasadas*: aguas para consumo público envasadas para distribución domiciliar con el objetivo de suplir ausencias o insuficiencias accidentales de las aguas de consumo público. (2)

3 *Envase*: todo recipiente destinado a contener un producto y que entra en contacto con el mismo, conserva su integridad física, química y sanitaria. (3)

- *Envase Primario*: todo recipiente que tiene contacto directo con el producto, con la misión específica de protegerlo de su deterioro, contaminación o adulteración y de facilitar su manipuleo. (1)

- *Envase secundario*: todo recipiente que tiene contacto con uno o más envases primarios, con el objeto de protegerlos y facilitar su comercialización hasta llegar al consumidor final. El envase secundario usualmente se utiliza para agrupar en una sola unidad de expendio, varios envases primarios. (1)

- *Envase retornable*: aquel que se utiliza más de una vez y que forzosamente tendrá que ser lavado y desinfectado en cada uso. (3)

- *Envase no retornable*: envase para un solo uso, que no cumple con la definición de envase retornable. (3)

4. *Fuente de agua*: cuando se usa en referencia a productos de plantas de agua envasada o agua utilizada en cada operación de plantas, se refiere a la fuente de agua si ésta proviene de manantial, pozo artesiano, pozo taladrado, sistemas de agua públicos o comunales. Esta fuente podrá ser aprobada por la autoridad sanitaria correspondiente. (1)

5. *Tratamiento*: proceso químico, físico o biológico, mediante el cual las sustancias objetables contenidas en el agua, son removidas o transformadas en sustancias inócuas. (1)



## NORMAS OFICIALES INTERNACIONALES PARA AGUA PURIFICADA ENVASADA

PARÁMETRO	IBWA	Norma Mexicana	AWWA	OMS
Aluminio (mg/L)		0.20	0.2	0.2
Amonio (mg/L)			1.5	1.5
Antimonio (mg/L)	0.006			0.005
Arsénico (mg/L)	0.05	0.05	0.01	0.01
Bario (mg/L)	1.0	0.70	0.8	0.7
Berilio (mg/L)	0.004			
Boro (mg/L)			0.3	0.3
Cadmio (mg/L)	0.005	0.005	0.003	0.003
Cloruro (mg/L)	250.0	250.0	250.0	250.0
Cromo (mg/L)	0.05	0.05	15 u	0.05
Cobre (mg/L)	1.0	1.0	0.08	1-2
Cianuro (mg/L)	0.1	0.05	1.7	0.07
Dureza total (mg/L)		200.0		
Fluoruro (mg/L)	4.0	0.70	0.3	1.5
Hierro (mg/L)	0.3	0.30	0.01	0.3
Magnesio (mg/L)			0.01	1-5
Manganeso (mg/L)	0.05	0.05		
Mercurio (mg/L)	0.001	0.001	0.02	0.01
Molibdeno (mg/L)				0.07
Níquel (mg/L)	0.1		0.02	0.02
Nitrato (mg/L)	10.0	10.0	50.0	50.0
Nitrito (mg/L)	1.0	0.05	3.0	3.0
Total Nitrato/Nitrito	10.0			
Ozono al envasar		0.40		
Plomo (ng/L)		0.02	0.1-0.5	0.01
Selenio (mg/L)	0.01		0.01	0.01
Sodio (mg/L)			200.0	200
Sólidos disueltos (mg/L)		500.00		1000
Plata (mg/L)	0.025	0.05		
Sulfato (mg/L)	250.0	250.0	250.0	250.0
Talio (mg/L)	0.002			
Zinc (mg/L)	5.0	3.0	3.0	3.0



## NORMAS OFICIALES INTERNACIONALES PARA AGUA PURIFICADA ENVASADA (continuación)

PARÁMETRO	CANADÁ	CEE	JAPÓN
Aluminio (mg/L)		0.20	0.20
Amonio (mg/L)		0.50	
Antimonio (mg/L)		0.01	0.002
Arsénico (mg/L)	0.025	0.05	0.01
Bario (mg/L)	1.0		
Boro (mg/L)	5.0	1.0	0.2
Cadmio (mg/L)	0.005	0.005	0.01
Cloruro (mg/L)	250.0	25	200
Cromo (mg/L)	0.05	0.05	0.05
Cobre (mg/L)	1.0		1.0
Cianuro (mg/L)	0.2	0.05	0.01
Dióxido de silicio (mg/L)		10	
Dureza total (mg/L)		50	300
Fluoruro (mg/L)	1.5	0.7-1.5	0.8
Fósforo (mg/L)		5.0	
Hierro (mg/L)	0.3	0.2	0.3
Magnesio (mg/L)	0.05	0.02	0.01-0.05
Mercurio (mg/L)	0.001	0.001	0.0005
Molibdeno (mg/L)			0.07
Níquel (mg/L)		0.05	0.01
Nitrato (mg/L)	10.0	50	10
Nitrito (mg/L)	3.2	0.1	10
Plomo (mg/L)	0.01	0.05	0.05
Potasio (mg/L)		12	
Total Nitrato/Nitrito			10.0
Selenio (mg/L)	0.01	0.01	0.01
Sodio (mg/L)		75-150	200
Sólidos disueltos (mg/L)	500		500
Plata (mg/L)	0.05	0.01	
Sulfato (mg/L)	500		
Zinc (mg/L)	5.0		1.0

## CURVA DE CALIBRACIÓN PARA DETERMINACIÓN DE NITRATOS.

CONCENTRACIÓN DEL ESTÁNDAR EN mg/L	ABSORBANCIA
0.20	0.05
0.35	0.10
0.55	0.15
0.75	0.20
0.95	0.25
1.20	0.30
1.35	0.35
1.60	0.40
1.80	0.45
2.00	0.50
2.55	0.60
3.00	0.70
3.55	0.80
4.15	0.90
4.75	1.00
5.40	1.10
6.10	1.20
6.85	1.30
7.70	1.40
8.40	1.50
9.30	1.60
10.00	1.70

## FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA TÉCNICA DE CROMATOGRAFÍA GASEOSA DE ALTA RESOLUCIÓN.

Los plaguicidas a nivel de trazas se pueden determinar a través de la cromatografía gaseosa de alta resolución, utilizando técnicas especiales de inyección y detectores sensibles y más o menos selectivos que se seleccionan de acuerdo con las características químicas de los analitos. El Detector de Captura de Electrones (ECD) se emplea fundamentalmente para la determinación de organoclorados y piretroides; el Detector Fotométrico de Llama (FPD) se emplea para organofosforados y organoazufrados. El detector más sensible es el ECD, el FPD es aproximadamente 2 órdenes de magnitud menos sensible que el anterior pero muy superior en cuanto a selectividad.

### 1. PREPARACION DE MUESTRAS.

Dentro de las técnicas se encuentra la extracción líquido-líquido, en donde los plaguicidas son extraídos de la fase acuosa (muestra) con un solvente orgánico adecuado. Dicho solvente debe poseer ciertas características, como polaridad intermedia, lo cual, es una ventaja para un método multiresiduo que incluye plaguicidas que van desde medianamente polares (organofosforados), hasta apolares (organoclorados). Si se eligiera un solvente orgánico apolar, dichos plaguicidas no podrían ser extraídos de la fase acuosa. Con un solvente de polaridad intermedia, se logra extraer de la fase acuosa tanto analitos apolares como analitos medianamente polares.

Además, el solvente orgánico seleccionado debe poseer un punto de ebullición bajo, para facilitar su volatilización y poder concentrar la muestra con rapidez. Este aspecto es básico, debido a que se cuantifican cantidades traza de plaguicidas y, por ello, la muestra debe tener un factor de concentración elevado, del orden de 1:100 a 1:1 000.

Con el fin de determinar la idoneidad del método, es necesario determinar el porcentaje de recuperación de plaguicidas, efectuar el proceso de extracción a una muestra que contiene cantidades conocidas de plaguicidas y, cuantificarlas mediante cromatografía gaseosa. (Ver cuadro 1)

### CONSIDERACIONES INSTRUMENTALES DE LA TÉCNICA DE INYECCIÓN.

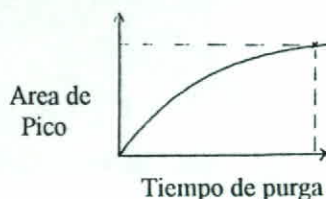
#### - INYECTOR. (Ver figura 1)

Para el análisis de trazas se pueden utilizar dos procedimientos:

- a) Sin división: toda la muestra entra en la columna, rinde resultados muy pobres. La gran cantidad de solvente satura la fase estacionaria y la fase móvil.
- b) Sin división/Con división: también conocida como técnica de Grob. El objetivo es introducir la mayor cantidad posible de analitos en la columna, eliminar la mayor cantidad posible de solvente al ambiente.

La técnica de inyección de Grob se compone de los siguientes pasos:

- i) Divisor de flujo cerrado: La presión a la cabeza de la columna se mantiene al pasar el flujo normal hacia el exterior. Con el divisor cerrado, todo el flujo a través del inyector pasa hacia la columna.
- ii) Divisor de flujo abierto: después de un tiempo establecido fijo, se abre el divisor de flujo (esto se denomina tiempo de purga). Deben considerarse dos factores importantes: primero, la muestra inyectada debe volatilizarse en la cámara del inyector, sin llegar a provocar saturación en la misma. La saturación depende del solvente usado. Segundo, el tiempo de purga debe ser determinado experimentalmente para cada uno de los analitos de interés. Consiste en la medición de la respuesta del detector para cada analito, a diferentes tiempos de purga.





Cuando la respuesta de cada uno de los analitos no varía, indica que no existe ningún fenómeno de discriminación hacia aquellos con puntos de ebullición más bajos, y que al momento de efectuar la purga, no se perderán cantidades significativas de analitos mezclados con el solvente vaporizado. Es decir, que el tiempo óptimo es cuando todos los analitos de interés presentan una respuesta máxima. Esto se logra típicamente entre 30 a 60 segundos.

Condiciones necesarias para realizar la inyección de Grob.

- El solvente debe ser más volátil que los analitos de interés.
- La temperatura inicial de la columna debe ser 5 a 10°C menor que el punto de ebullición del solvente.
- La temperatura del inyector debe ser suficiente para volatilizar todos los analitos de interés.
- Que el solvente no se expanda más allá del volumen de la cámara del inyector

Bajo estas condiciones, sólo una pequeña fracción del solvente entra en la columna. Allí actúa como "trampa" para los analitos, ayudan a "enfocarlos", es decir, a lograr bandas estrechas de aplicación que se traducen en picos estrechos, al minimizar desde un inicio la dispersión longitudinal. (Ver figura 2)

- COLUMNA.

Existen columnas empacadas y capilares. Las columnas capilares pueden ser de dos tipos:

- a) Recubiertas: sílice fundida con revestimiento de fase.
- b) Enlazadas: fase química enlazada mediante uniones silano.

Ambos tipos de columnas capilares se encuentran recubiertas por fuera con una capa de poliimida, para conferirles mayor flexibilidad.

Características de las Columnas empacadas y Capilares.

CARACTERISTICA	EMPACADAS	CAPILARES
Longitud (m)	0.5-5	5-100
Diámetro interno (mm)	2-4	0.1-0.53
Flujo (mL/min)	10-60	0.5-15
Presión de cabeza de columna (psi)	10-40	3-40
Número de platos	4 000	250 000
Capacidad	10 microg/pico	10 ng/pico
Espesor de película (micrometros)	1-10	0.1-8

- Factores que afectan la Separación.

- a) Longitud de la columna: contribuye a que los componentes residan mayor tiempo en la columna, y se obtienen picos de buena forma y muy definidos.
- b) Diámetro interno de la columna: mientras más pequeño sea mejor resolución se obtiene.
- c) Espesor de película de fase estacionaria: a menor espesor, mayor resolución y menor capacidad.
- d) Tipo de gas acarreador: existen varios tales como Helio, Nitrógeno e Hidrógeno.
- e) Velocidad de gas acarreador: debe ser adecuada para lograr la mejor resolución a lo largo del desarrollo del cromatograma.
- f) Temperatura de la columna: a través de la temperatura se controla la retención de la columna. Un aumento de temperatura disminuye el tiempo de retención, mas no todos los analitos son afectados con la misma intensidad.

- DETECTOR.

Existen diferentes tipos de detectores que pueden ser utilizados en cromatografía gaseosa de alta resolución. En la figura 3 se muestran algunos ejemplos y sus correspondientes sensibilidades.

## a) Detector de Captura de Electrones (ECD)

## - Características:

- i) El gas auxiliar tiene un papel fundamental en el proceso de detección.
- ii) Es muy sensible a la calidad del gas portador y gas auxiliar.
- iii) Requiere hasta 24 horas para equilibrar y optimizar señal.
- iv) Muy sensible a organohalogenados, pero no lo suficientemente selectivo.

El gas portador que "arrastra" a los analitos a lo largo de la columna llega al detector, en el cual se encuentra una entrada de gas auxiliar (Nitrógeno), para optimizar el funcionamiento del detector.

El funcionamiento del ECD se resume así: (Ver figura 4 y 5)

- Electrones beta provenientes del Ni63 (cátodo), que son electrones rápidos, impactan moléculas de gas auxiliar y/o portador.
- Al impacto un electrón beta genera varios electrones de menor energía.
- Estos cierran el puente entre un potencial eléctrico.
- Las moléculas electrofilicas capturan electrones lentos.
- La diferencia en corriente debido a la sustracción de electrones se amplifica.

## b) Detector Fotométrico de Llama (FPD).

## Características:

- i) Es extremadamente selectivo para organofosforados y organoazufrados.
- ii) Requiere de buena calidad de gases de combustión.
- iii) Exigente en cuanto a la relación de hidrógeno y aire para optimizar la sensibilidad.

Funcionamiento: (Ver figura 6)

- El gas portador proveniente de la columna pasa por una llama.
- Hidrocarburos con fósforo y azufre producen especies quimioluminescentes en la llama.
- El azufre forma una molécula metaestable S=S.
- El fósforo forma una molécula metaestable HPO.
- Cuando decaen de su estado metaestable, liberan energía como fotones con longitudes de onda específicas.
- La luz emitida por los estados metaestables es detectada mediante un fotomultiplicador y electrónicamente amplificada para generar los cromatogramas correspondientes.

## OBTENCION, ANALISIS E INTERPRETACION DE DATOS.

La señal que produce cada uno de los analitos en los diferentes detectores se integra y traduce en cromatogramas, en donde la abcisa es el tiempo de retención, y la ordenada las unidades de área.

Debe examinarse con cuidado cada uno de los picos observados, pues se debe evitar los falsos positivos, es decir, señales identificadas como plaguicidas, pero que en realidad corresponden a sustancias interferentes.

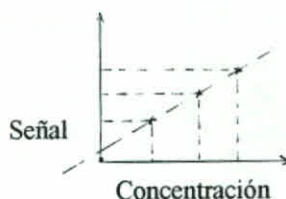
Además, en el cromatograma para la muestra debe corroborarse el tiempo de retención en el que aparece cada uno de los picos resultantes e identificados como plaguicidas contra el promedio de tiempo de retención correspondiente a un mínimo de 3 niveles de calibración, proponiendo un límite de aceptación de +/- 3 desviaciones estándar con respecto al promedio de calibraciones. Los valores de tiempo de retención de cada plaguicida detectado en la muestra que se ubican fuera de +/- 3 desviaciones estándar del promedio de tiempos de retención de calibración, son interpretados como falsos positivos.

Los resultados obtenidos luego del proceso estadístico anterior deben analizarse con respecto a su concentración.

Una señal o pico que sea identificado como plaguicida, que sea estadísticamente aceptado, pero que sea reportada con concentración de cero, debe interpretarse como cuantificación de trazas.

El hecho anterior puede ser explicado de la siguiente manera. Los datos obtenidos de los niveles de calibración para cada plaguicida son corregidos por regresión lineal.





Si la señal es muy pequeña, al determinar la concentración por regresión lineal podría resultar ser cero o incluso concentraciones negativas, debido a que el intercepto de la línea de regresión lineal no necesariamente pasa por el origen.

Debe considerarse que en cromatografía la única identificación cualitativa inequívoca se da cuando un pico y un patrón de una sustancia (adicionado) inyectado al mismo tiempo dan dos señales con diferente tiempo de retención. Todas las demás identificaciones que puedan efectuarse están sujetas a cierto margen de error, por lo que es aconsejable efectuar pruebas confirmativas, para descartar falsos positivos.

#### PRUEBAS CONFIRMATIVAS.

Existen pruebas confirmativas para determinar la presencia de plaguicidas, tales como tratamiento con ácido sulfúrico concentrado o la deshidrohalogenación en medio básico. Cualquiera que sea el método utilizado, debe aplicarse tanto a la solución de calibración como a las muestras.

#### PROCEDIMIENTO EFECTUADO PARA LA DETECCIÓN DE PLAGUICIDAS.

##### a) *Recolección, almacenamiento y preparación de muestras.*

Las muestras fueron adquiridas en expendios que distribuyen al consumidor final y, en algunos casos, fueron adquiridas directamente en la fábrica, posteriormente fueron almacenadas, por no más de 24 horas, a 4°C. Al momento de efectuar los análisis, las muestras se manejaron a temperatura ambiente.

Para la preparación de las muestras se efectuó un proceso de extracción líquido-líquido, el cual se describe a continuación:

- i) Medir 1 L de la muestra con probeta.
- ii) Transferir esta cantidad de muestra en un frasco ámbar identificado.
- iii) Agregar 50 g de cloruro de sodio a la muestra. Colocar un agitador magnético y agitar hasta lograr una completa disolución.
- iv) Suspendir la agitación. Agregar 100 mL de diclorometano.
- v) Agitar a máxima velocidad por 1 hora.
- vi) Retirar el agitador magnético con la ayuda de una barra magnética. Lavar el agitador y la barra magnéticos con pequeñas porciones de diclorometano servidas con pipeta pasteur.
- vii) Transferir a una ampolla de decantación de 1L. Dejar reposar. Guardar el frasco ámbar.
- viii) Preparar embudos de vidrio para contener el sulfato de sodio anhidro, colocando algodón preextraído en la parte superior del vástago, y agregar 25 g de sulfato de sodio.
- ix) Colocar un balón pera de 100 mL bajo el embudo, y luego hacer pasar la fase inferior de las ampollas a través del filtro de sulfato de sodio, recolectándolos en el balón pera.
- x) Lavar el frasco ámbar de la muestra con 2 porciones de 10 mL cada una de diclorometano, y agregar los lavados sobre el sulfato de sodio.
- xi) Agregar al balón pera 0.5 mL de isooctano, y concentrar el solvente utilizando un rotavapor (50°C). Llevar el volumen a poco menos de 1 mL.
- xii) Agregar otra porción de 0.5 mL de isooctano y 50 mL de éter de petróleo. Reducir el volumen nuevamente a menos de 1 mL.
- xiii) Transferir cuantitativamente con pipeta pasteur la fase orgánica (isooctano) a un balón aforado de 1 mL.
- xiv) Aforar con isooctano, agitar y transferir a un vial de 2 cc, sellarlo con tapadera tipo "crimp cap".
- xv) Identificar el vial y colocarlo en congelador a -20°C.

##### b) *Preparación de soluciones de calibración.*

Las soluciones de calibración se preparan a partir de una solución madre de calibración, compuesta de los siguientes plaguicidas:



PLAGUICIDA	CANTIDAD, uL
O,P-DDE	20
Heptacloro	20
Endosulfán 1	20
Endosulfán 2	20
Dieldrín	20
O,P-DDD	30
P,P-DDD	30
P,P-DDE	30
Endrín	30
Sulfato de Endosulfán	30
P,P-DDT	30
Trifluralina	40
Solución 2*	40
Metilparatión	60
Solución 1**	60
Lindano	60
Terbufós	80
Diazinón	80
Cygon	80
DDVP	80
Fosdrín	80
Forato	80
Clorpirifós	100
Solución 3***	150
Etión	160
Metoxicloro	200
Malatión	200
Co-ral	320
Cipermetrina	550
Gutión	800
Disystón	800

\*Solución 2: Se midieron 100 uL de Hexaclorobenceno, se colocaron en un balón aforado de 1 mL, y se afora con isooctano.

\*\*Solución 1: Se midieron 100 uL de alfa-HCH, y se efectuó el proceso de aforo anterior.

\*\*\*Solución 3: Se midieron 100 uL de cada uno de los siguientes plaguicidas: O,P-DDT, Aldrín, Epóxido de Heptacloro y gamma clordano. Se efectuó el proceso de aforo de la solución 2.

Para preparar las soluciones de calibración, se efectuaron 3 niveles de de calibración para 37 plaguicidas (24 organoclorados, 12 organofosforados y un piretroide), a continuación se describe el procedimiento:

Nivel 3 de calibración: Medir 2 mL de la solución madre de calibración y colocar en un balón aforado de 10 mL. Llevar a 20°C y aforar con isooctano.

Nivel 2 de calibración: Medir 1 mL de la solución madre de calibración. Efectuar el mismo proceso de aforo que para el nivel 3.

Nivel 1 de calibración: Medir 20 uL de la solución madre de calibración y aforar igual que para el nivel 3.

c) *Condiciones Cromatográficas.*

- Columna: se utilizó una columna HP-5 (con fase estacionaria de polaridad baja, compuesta de 5% de fenilsilicona y 95% de metilsilicona), de 60 m de largo x 0.25 mm de diámetro interno y 0.25  $\mu$ m de espesor de fase estacionaria químicamente enlazada. Se inyectaron 2  $\mu$ L de cada una de las muestras y de los 3 niveles de calibración.
- Programa de temperatura: inicialmente, la columna se encontraba a 115°C por 5 minutos, luego la temperatura ascendió (a razón de 3.5°C/min) hasta llegar a 210 °C por 0.1 minuto. Después, la temperatura de la columna se elevó a 230°C, a razón de 1°C/min, hasta obtener la temperatura final de la corrida, que es 270°C, a razón de 10°C/min.
- Inyección Grob: se inyectó en base a una secuencia establecida en el programa del cromatógrafo. Primero, se corrieron los 3 niveles de calibración y luego el solvente, posteriormente se corrieron 6 muestras, y se repite el ciclo hasta correr todas las muestras. El gas acarreador y auxiliar es Nitrógeno.
- Detección: al final de la columna se adaptó una bifurcación de vidrio en forma de Y, la cual da paso simultáneo del gas acarreador a los detectores ECD y FPD.
- Obtención de Resultados: se obtuvieron los cromatogramas correspondientes a cada una de las corridas de las muestras y de las soluciones de calibración.
- Prueba confirmativa: se efectuó la prueba confirmativa con ácido sulfúrico concentrado únicamente sobre las muestras que luego de correrse dieron positivo para plaguicidas. Posteriormente se obtuvieron cromatogramas de las muestras post-tratamiento con ácido sulfúrico concentrado.

El procedimiento efectuado para la prueba confirmativa es el siguiente:

- i) En un vial de fondo cónico de 5 mL agregar 0.5 mL de ácido sulfúrico concentrado.
- ii) Adicionar 1 mL de la muestra
- iii) Acoplar al vial de 5 mL una columna Snyder de dos bolas, y se sometió la solución a calor durante 10 minutos en un baño de maría a 90°C.
- iv) Dejar enfriar hasta temperatura ambiente.
- v) Extraer la fase orgánica y se lavó la misma 3 veces con 3 mL de agua destilada, o hasta que el pH de las extracciones acuosas llegara a 7.
- vi) Extraer la fase orgánica y se secó con sulfato de sodio anhidro durante 15 minutos. La muestra estaba lista para cromatografiar.

c) *Análisis final de resultados.*

Se compararon las gráficas obtenidas antes y después de la prueba confirmativa. De los cromatogramas de la solución de calibración se obtiene valiosa información sobre el comportamiento de cada uno de los plaguicidas frente a la prueba confirmativa. Algunos se destruyeron completamente, por lo que posterior a la prueba confirmativa, no existen en el cromatograma. Otros sí resisten, pero sus concentraciones varían, debido a que durante la manipulación de las soluciones se dan inevitables pérdidas de analitos. Sin embargo, el estudio del comportamiento de los plaguicidas es fundamental para compararlo con el comportamiento observado en las muestras, y tener un elemento de apoyo para afirmar la existencia de un plaguicida en las muestras.

Para determinar experimentalmente el comportamiento de los plaguicidas ante la prueba confirmativa, se tomó la solución de calibración de nivel 3, y se efectuó la prueba. Los resultados fueron los siguientes:

En ECD:

PLAGUICIDA	TIPO DE DEGRADACION	PLAGUICIDA	TIPO DE DEGRADACION
DDVP	total	Fosdrín	total
Trifluralina	total	Forato	parcial
alfa-HCH	parcial	Hexaclorobenceno	parcial
Cygon	total	Lindano	parcial
Terbufós	parcial	Diazinón	total
Disystón	parcial	Clorotalonil	parcial
Metilparatión	parcial	Heptacloro	parcial
Malatión	parcial	Aldrín	parcial
Clorpirifós	parcial	Epóxido de Heptacloro	parcial



Gammaclordano	parcial	O,P-DDE	parcial <sup>49</sup>
Endosulfán 1	parcial	Dieldrín	parcial
P,P-DDE	parcial	O,P-DDD	parcial
Endosulfán 2	parcial	P,P-DDD	parcial
O,P-DDT	total	Endrín	total
Sulfato de endosulfán	parcial	P,P-DDT	parcial
Metoxicloro	parcial	Guti3n	total
Co-ral	parcial	Cipermetrina	total

En FPD:

PLAGUICIDA	TIPO DE DEGRADACION	PLAGUICIDA	TIPO DE DEGRADACION
DDVP	total	Fosdrín	total
Forato	parcial	Cygon	total
Terbuf3s	parcial	Diazin3n	total
Disyst3n	parcial	Metilparati3n	parcial
Malati3n	parcial	Clorpirif3s	parcial
Guti3n	total	Co-ral	parcial



CUADRO 1

PARA ECD:

50

COMPUESTO	% REC	% REC	% REC	MEDIA	$\sigma$	CV(% )
TRIFLURALINA	118.18	129.76	120.54	122.83	6.12	4.98
a-HCH	107.31	113.88	106.63	109.27	4.01	3.67
HEXACLOROBENCENO	108.38	106.28	111.89	108.85	2.83	2.60
LINDANO	106.94	119.07	107.07	111.03	6.97	6.28
CLOROTALONIL	5.07	2.72	6.15	4.65	1.75	37.71
PROPANIL	131.00	138.35	123.81	131.05	7.27	5.55
HEPTACLORO	94.52	98.33	104.11	98.99	4.83	4.88
ALDRIN	91.90	91.09	93.78	92.26	1.38	1.50
EPOXIDO DE HEPTACLORO	89.51	89.11	94.28	90.97	2.88	3.16
g-CLORDANO	83.46	95.00	96.86	91.77	7.26	7.91
O,P'-DDE	76.72	85.06	101.13	87.64	12.41	14.16
ENDOSULFAN I	88.36	98.32	94.88	93.85	5.06	5.39
a-CLORDANO	79.10	87.60	92.47	86.39	6.76	7.83
DIELDRIN	79.39	90.31	98.28	89.33	9.48	10.62
P,P'-DDE	90.99	95.52	92.39	92.97	2.32	2.50
O,P-DDD	86.35	92.44	97.85	92.21	5.75	6.24
ENDRIN	96.50	106.42	101.90	101.61	4.97	4.89
ENDOSULFAN II	93.05	105.36	94.69	97.70	6.68	6.84
P,P'-DDD	69.63	75.81	79.26	74.90	4.88	6.51
O,P'-DDT	98.23	110.01	129.80	112.68	15.96	14.16
SULFATO DE ENDOSULFAN	100.60	109.37	95.60	101.85	6.97	6.85
P,P-DDT	82.71	90.59	99.70	91.00	8.50	9.34
METOXICLORO	125.09	135.55	131.98	130.87	5.32	4.06
CIPERMETRINA	77.40	85.85	86.94	83.40	5.22	6.26

media de medias	99.36 %
Desviación estándar	14.382
Coefficiente de variación	14.47 %
max	131.05 %
min	74.90 %

PARA FPD:

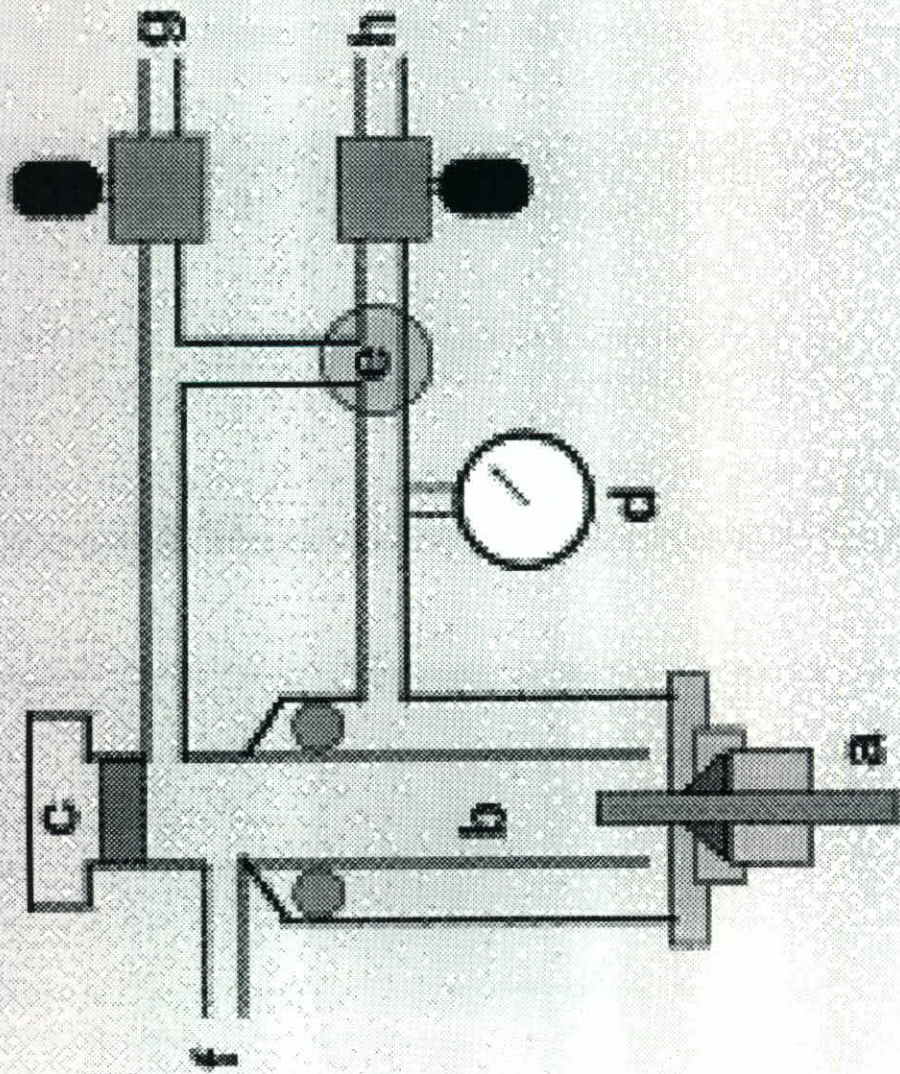
51

COMPUESTO	% REC	% REC	% REC	MEDI A	$\sigma$	CV(%)
DDVP	77.15	77.56	72.81	75.84	2.63	3.47
FOSDRIN	76.80	76.63	66.70	73.38	5.79	7.89
FORATO	78.97	83.67	74.30	78.98	4.68	5.93
CIGON	68.40	69.22	51.07	62.90	10.25	16.30
TERBUFOS	75.68	78.55	70.00	74.74	4.35	5.82
DIAZINON	85.37	91.02	84.17	86.86	3.66	4.21
DISISTON	76.71	83.04	77.41	79.05	3.47	4.39
M-PARATION	76.08	84.31	74.21	78.20	5.37	6.87
CLORPIRIFOS	84.44	92.17	81.62	86.08	5.47	6.35
MALATION	82.26	87.46	85.68	85.13	2.64	3.10
ETION	79.36	84.63	81.95	81.98	2.64	3.22
GUTION	101.73	109.4 1	85.84	98.99	12.02	12.14
CO-RAL	87.01	95.45	82.15	88.21	6.73	7.63

media de medias	80.80 %
Desviación estándar	8.758
Coefficiente de variación	10.84 %
max	98.99 %
min	62.90 %



# Sistema de inyección



a - columna

b - inserto

c - septum

d - manómetro  
presión cabeza  
columna

e - válvula de purga

f - flujo total

g - flujo de septum

h - flujo dividido



# Enfoque con solvente

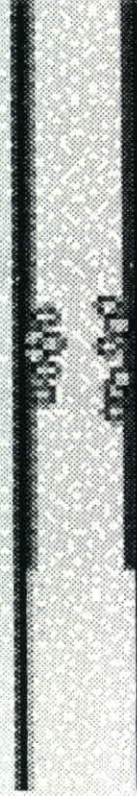
Solvente y analitos entran a la columna



El solvente satura el inicio de la columna dando un lugar para que se disuelvan los analitos



Se abre el divisor, no entra más solvente, el solvente se evapora al incrementarse la temperatura de la columna



Los analitos quedan concentrados en una banda angosta al inicio de la columna





FIGURA 3

Sensibilidad de los Detectores Cromatográficos

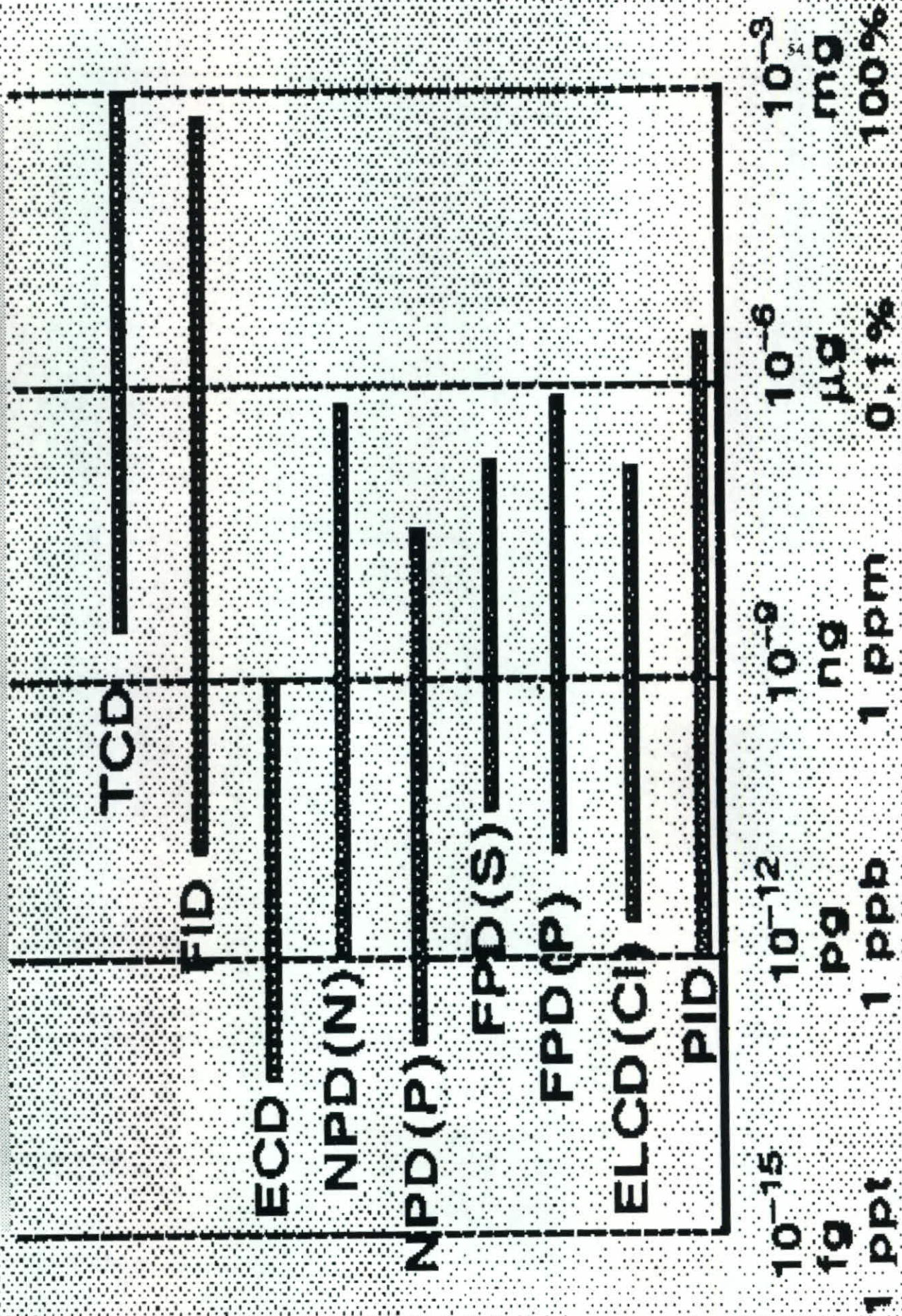
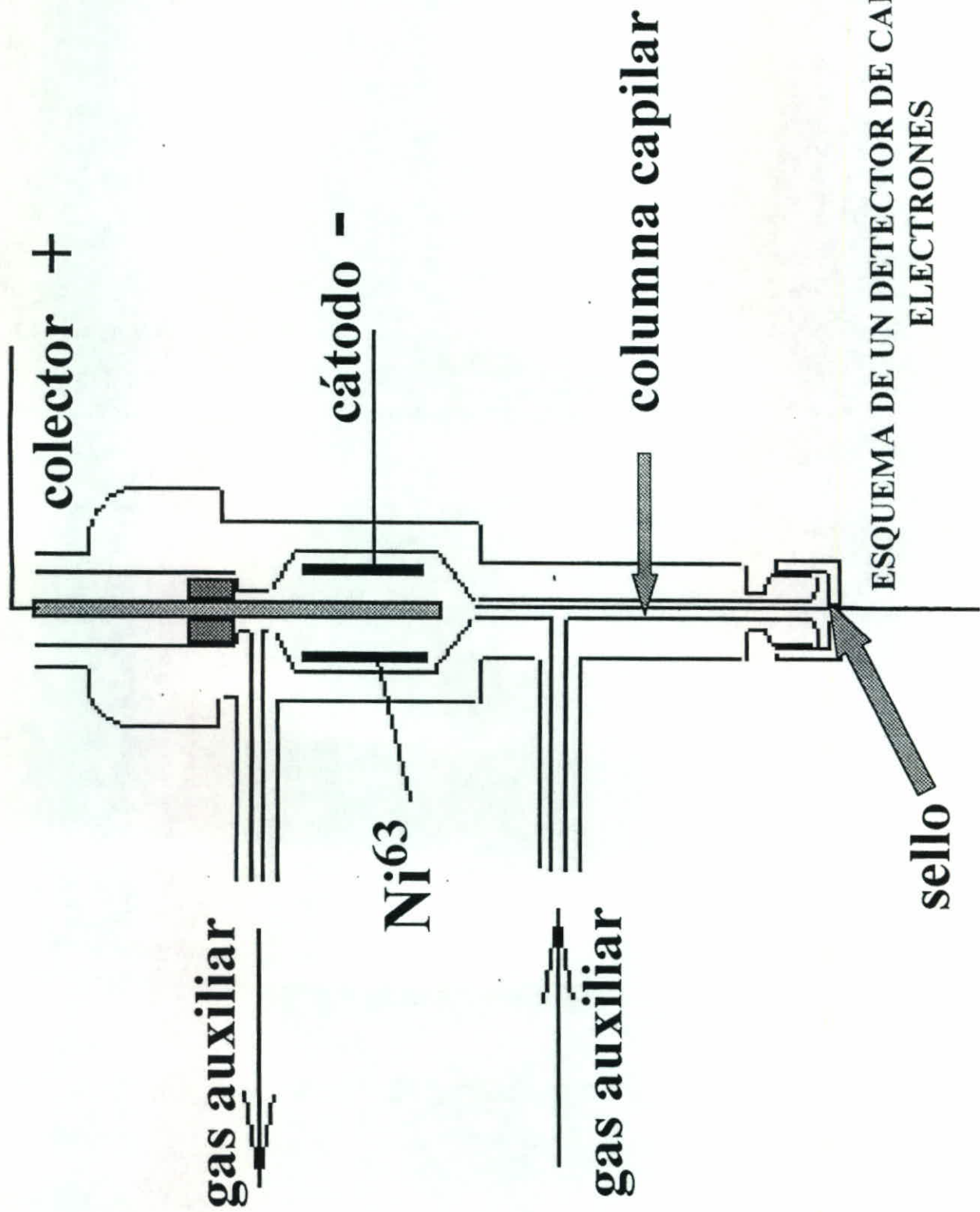




FIGURA 4



55  
ESQUEMA DE UN DETECTOR DE CAPTURA DE ELECTRONES



FIGURA 5

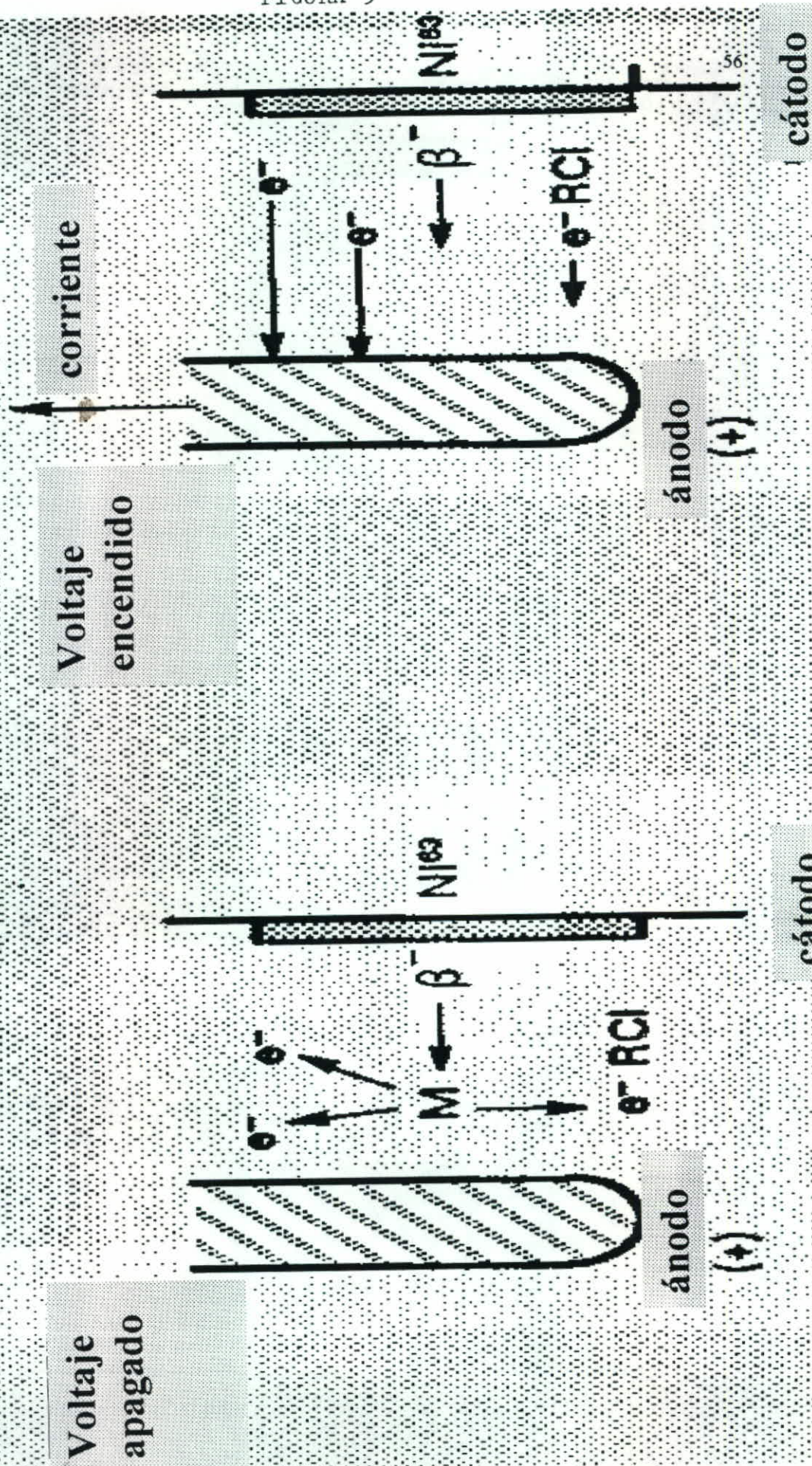
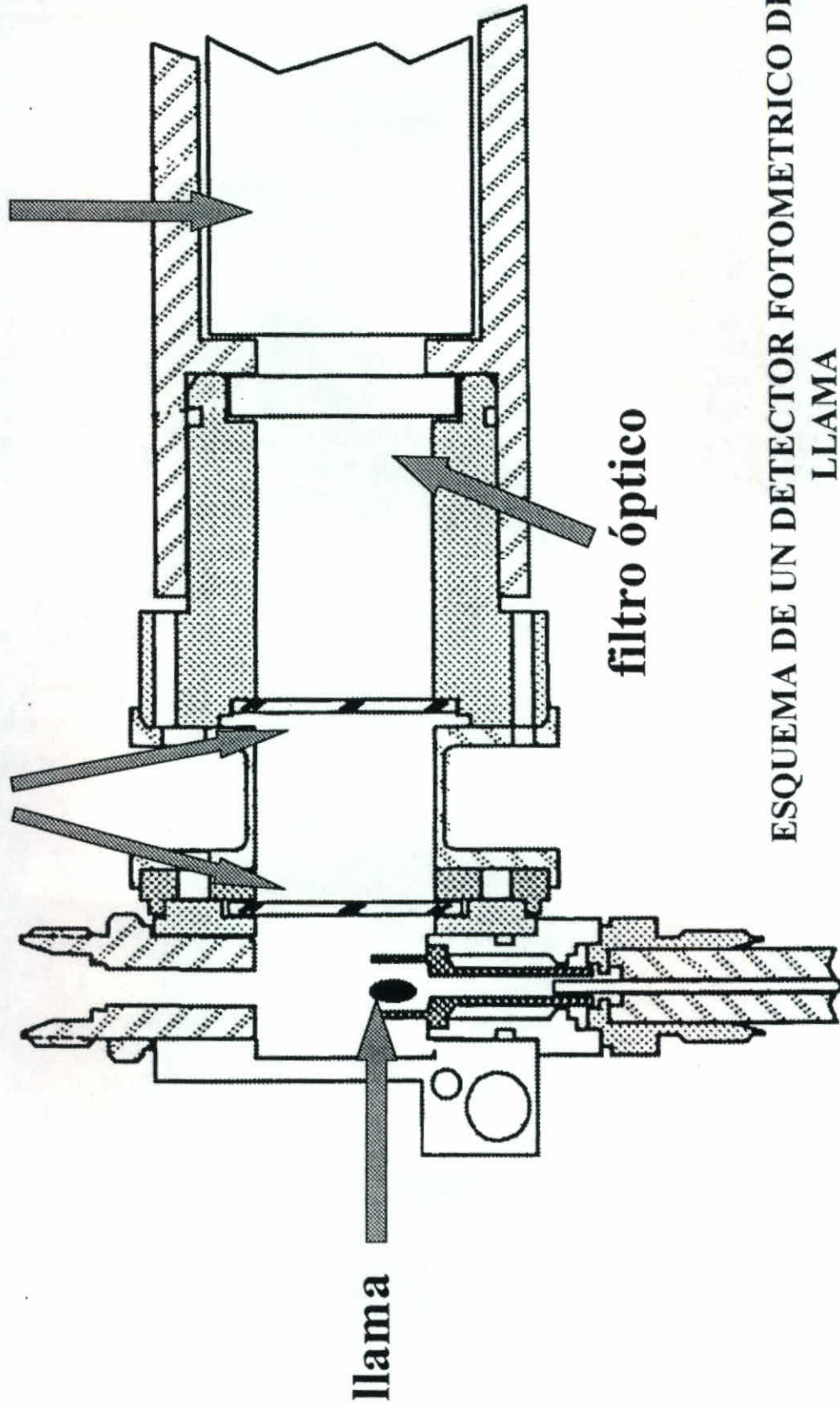




FIGURA 6

ventanas de cuarzo      fotomultiplicador



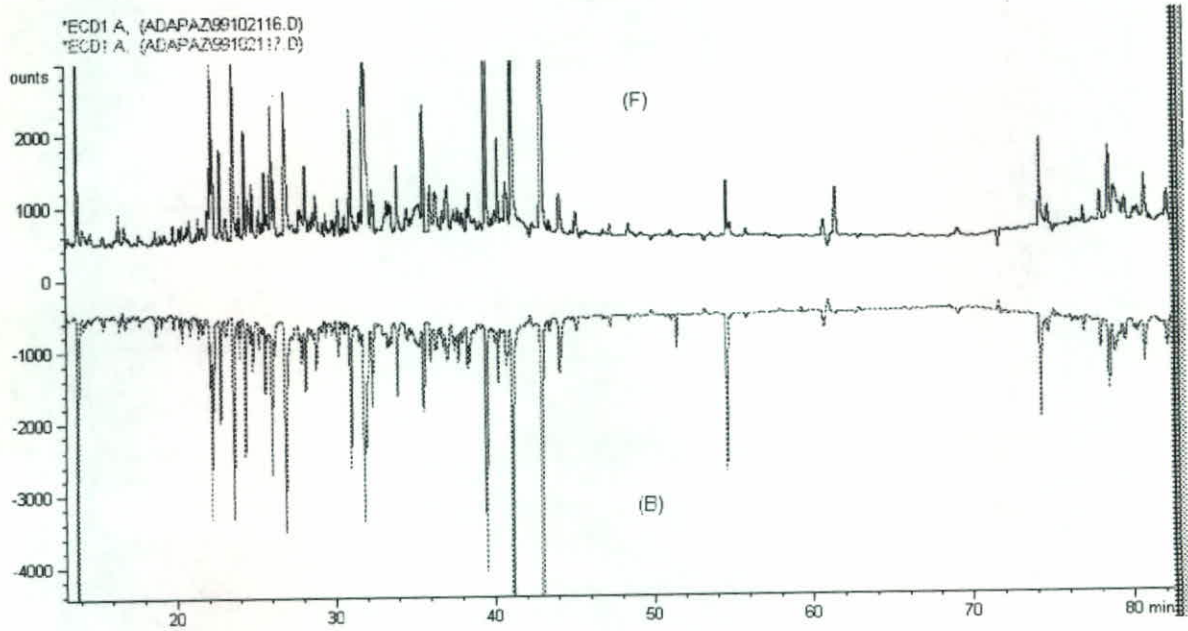
filtro óptico

llama

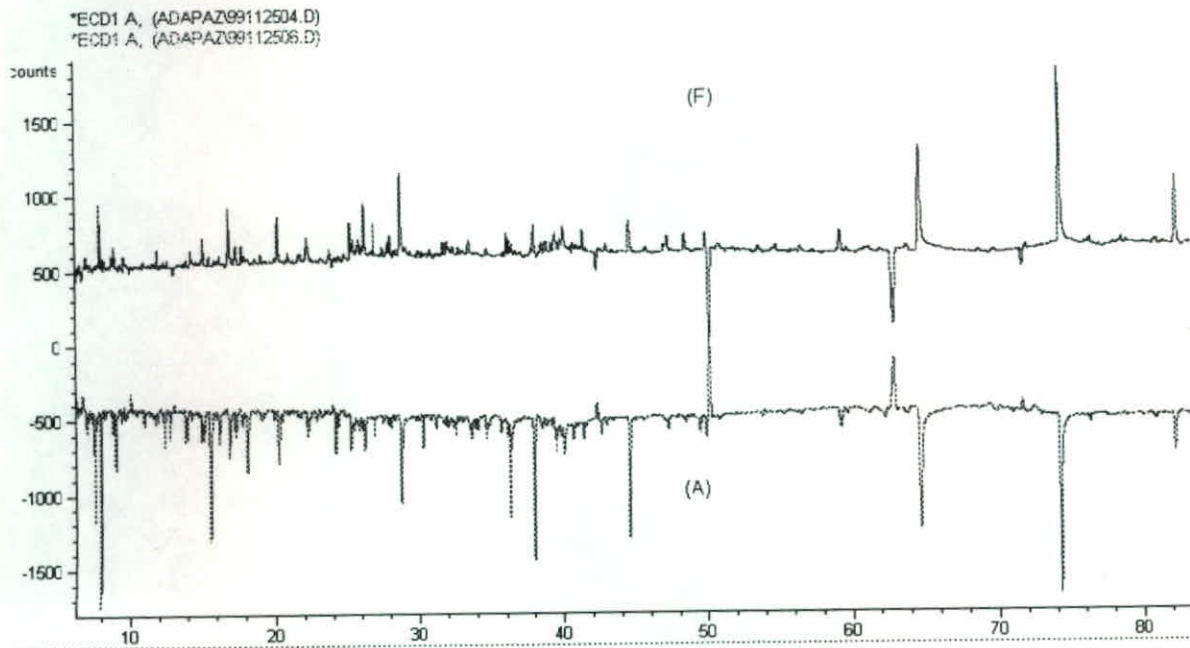
ESQUEMA DE UN DETECTOR FOTOMETRICO DE LLAMA <sup>57</sup>

## ANEXO 8 IMAGENES ESPECULARES PARA ESTERES FTALICOS

Imágenes especulares de dos muestras envasadas en botella

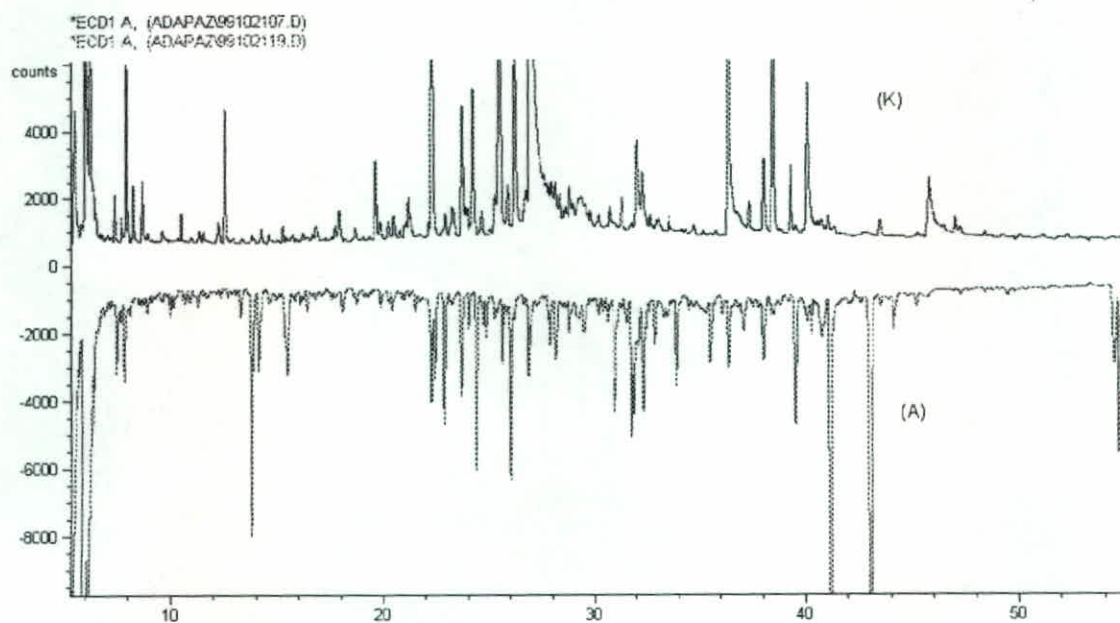


Imágenes especulares de muestras inmediatas anteriores después del tratamiento con ácido sulfúrico concentrado

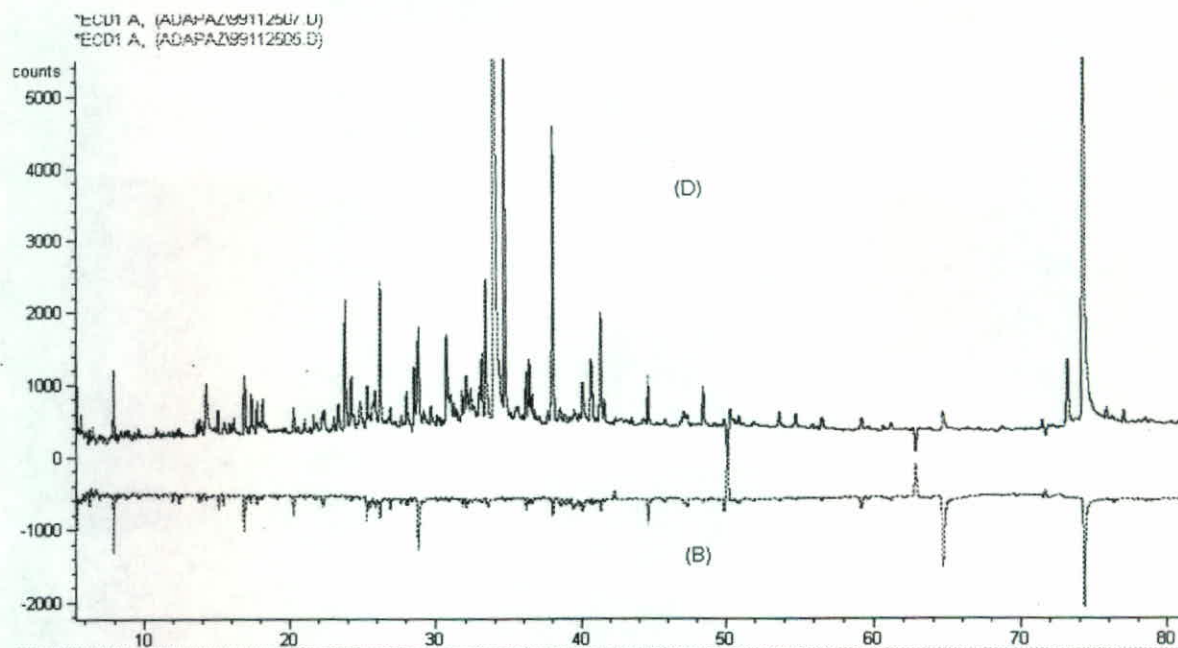




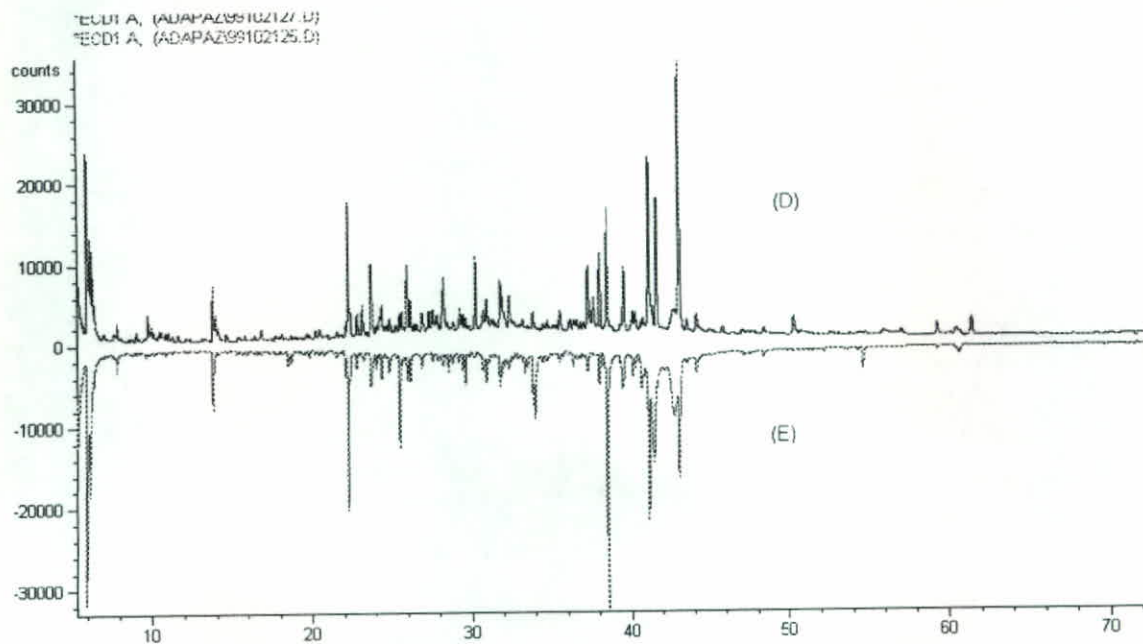
## Imágenes de muestras envasadas en botella y bolsa



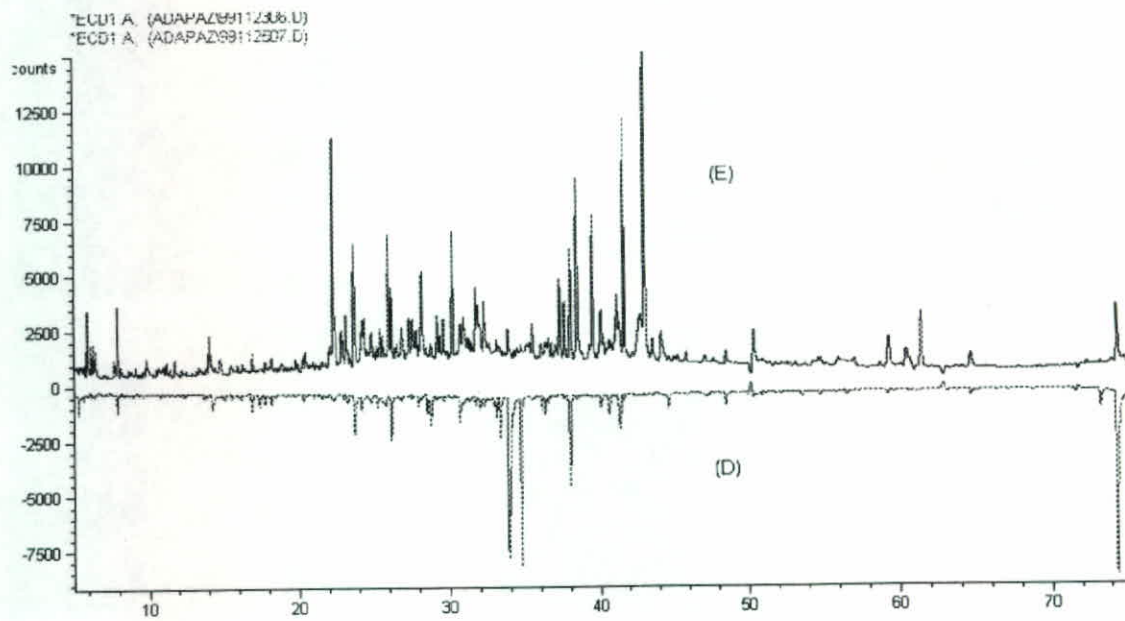
## Imágenes especulares de muestras envasadas en botella y bolsa después del tratamiento con ácido sulfúrico concentrado



## Imágenes especulares de muestras envasadas en bolsa

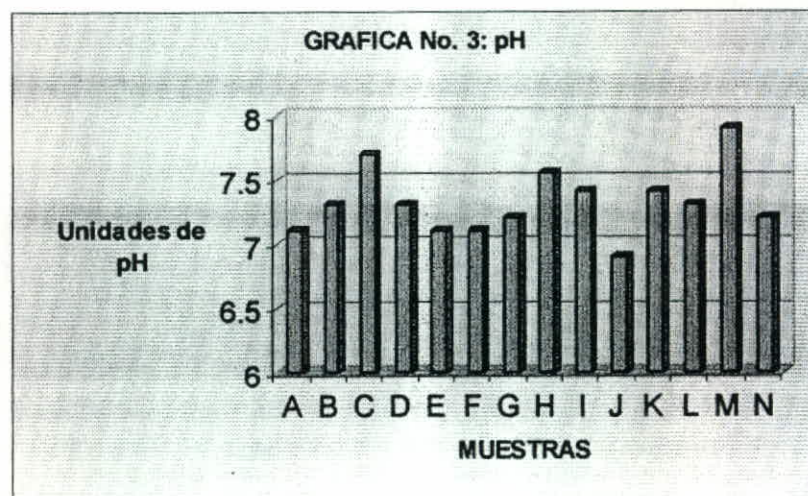
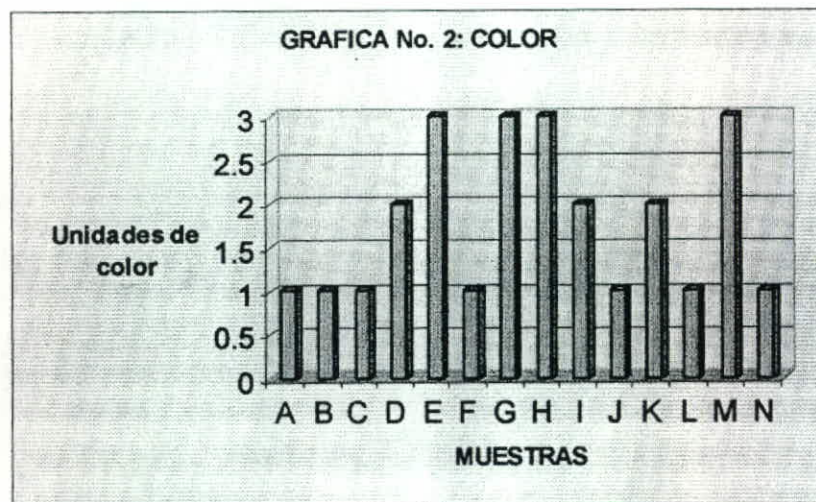
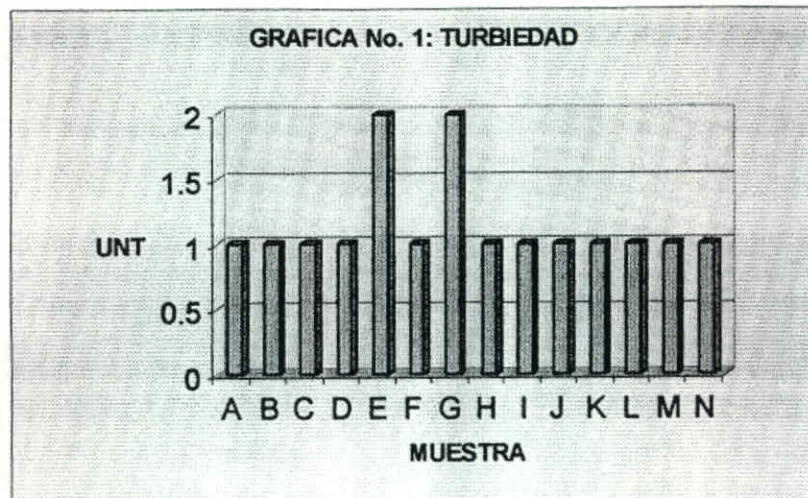


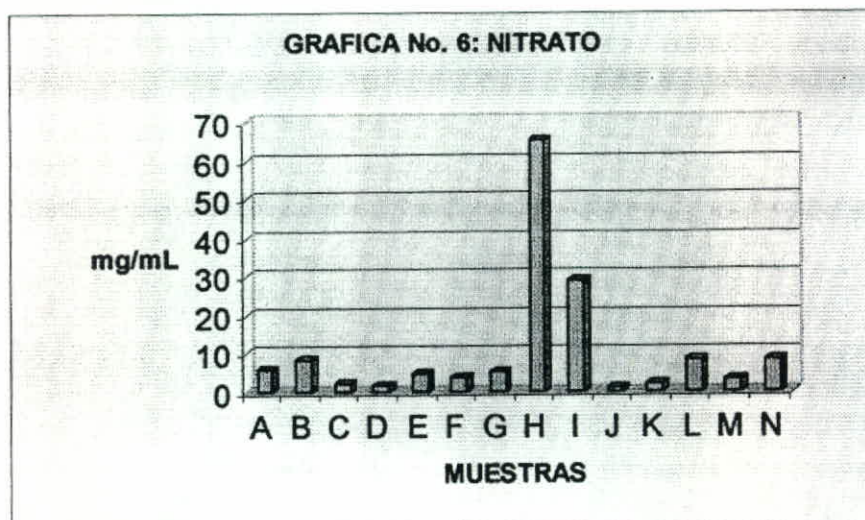
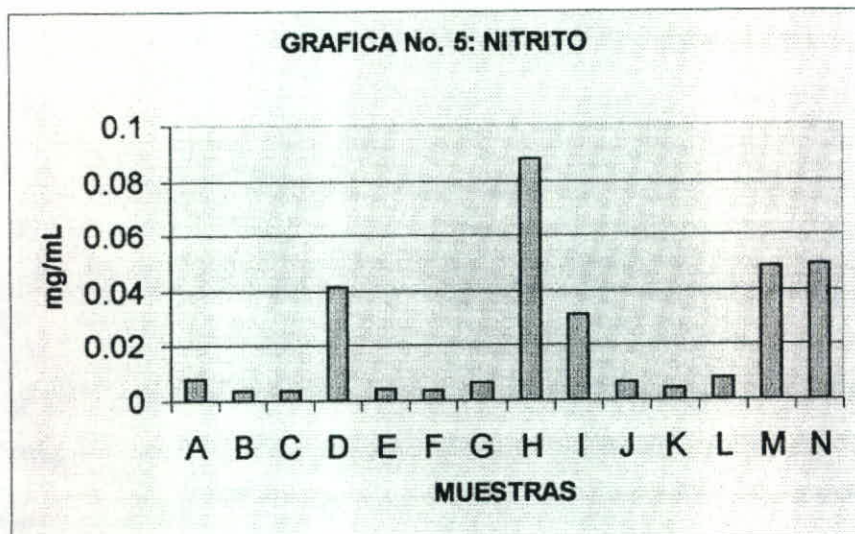
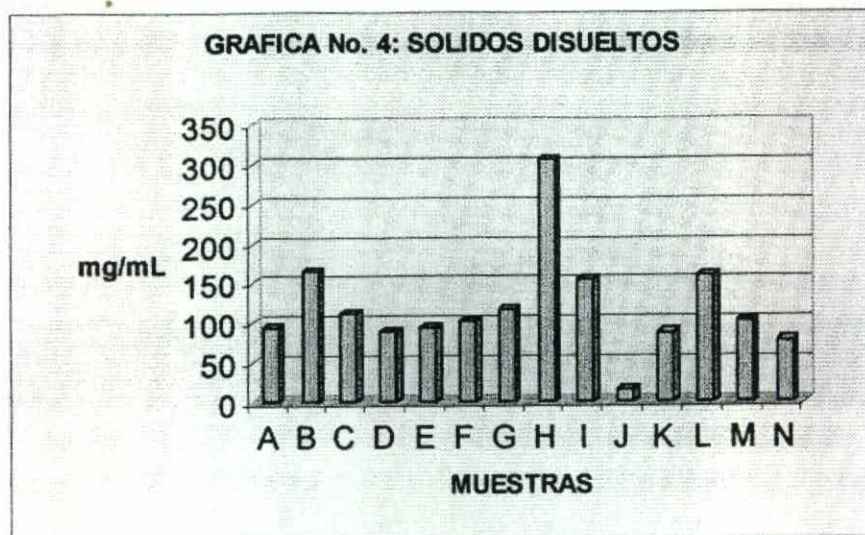
## Imágenes especulares de muestras envasadas en bolsa después del tratamiento con ácido sulfúrico concentrado



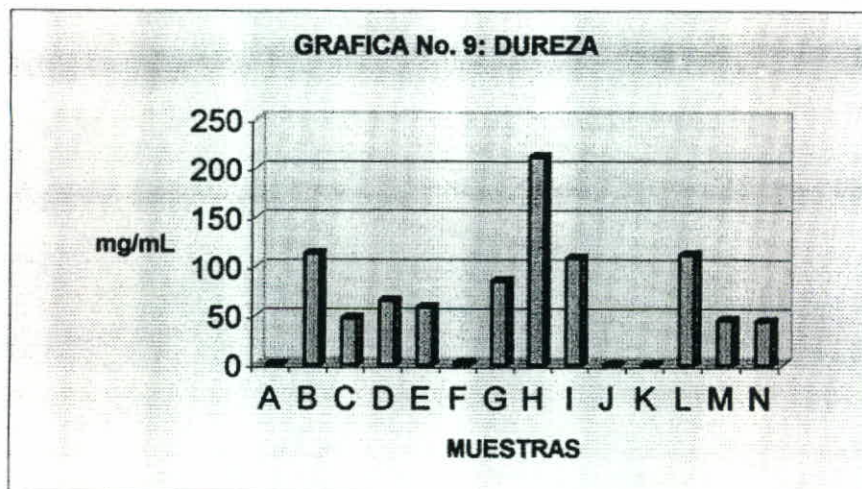
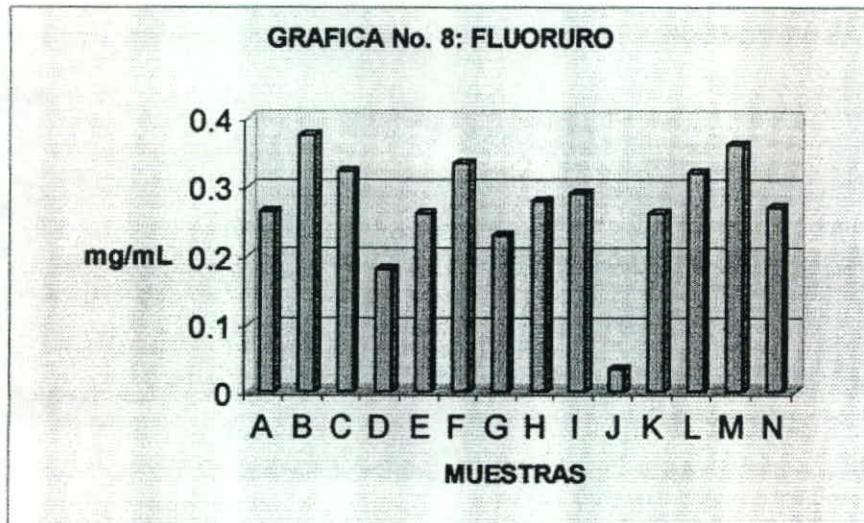
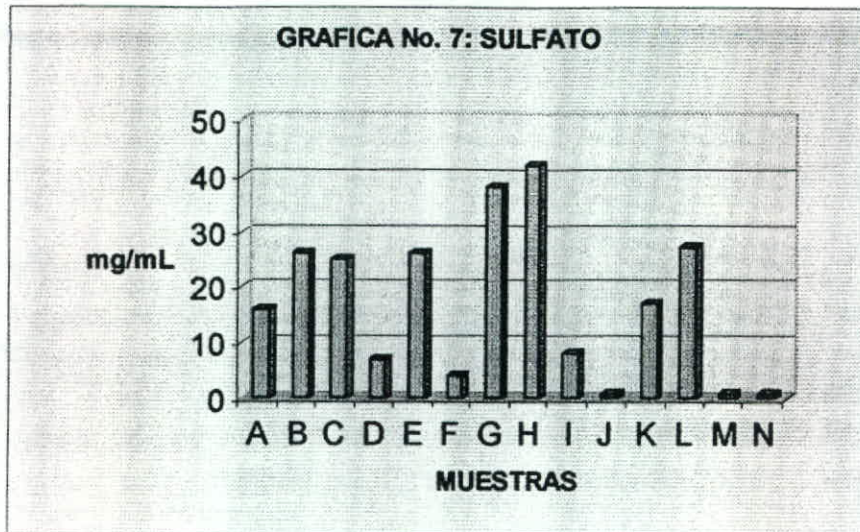


**ANEXO 9**  
**GRAFICAS SOBRE PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA**  
**PURIFICADA**

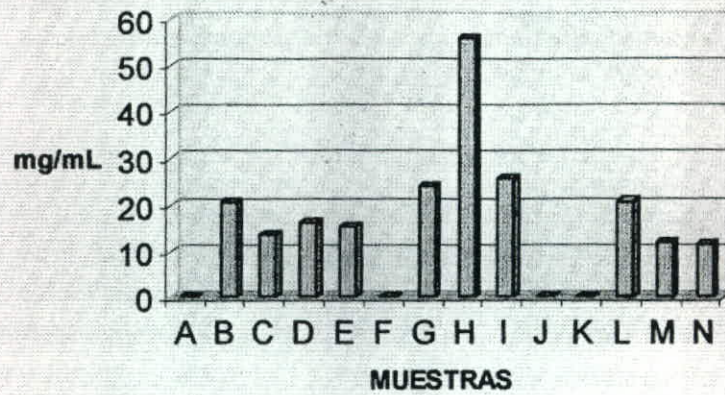




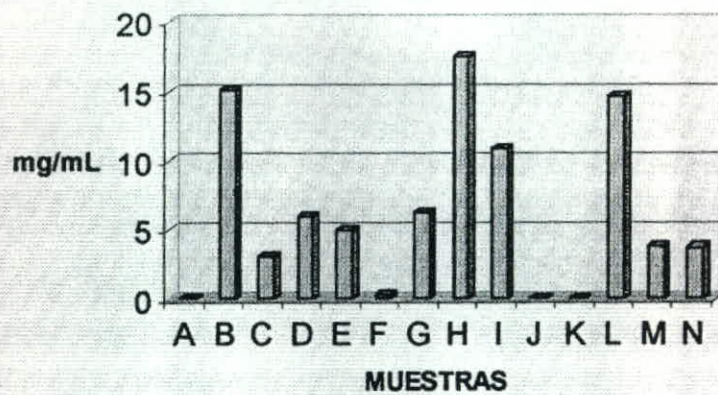




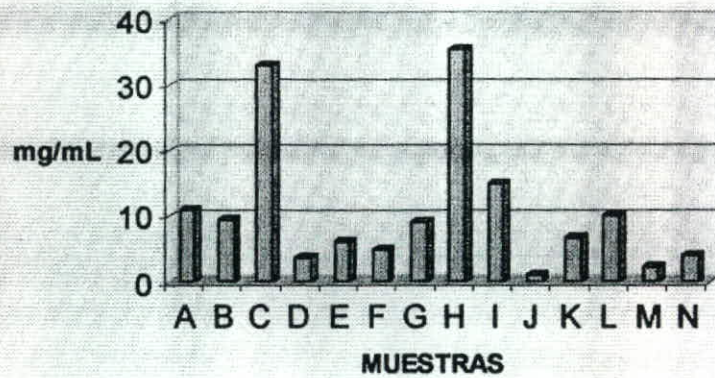
GRAFICA No. 10: CALCIO



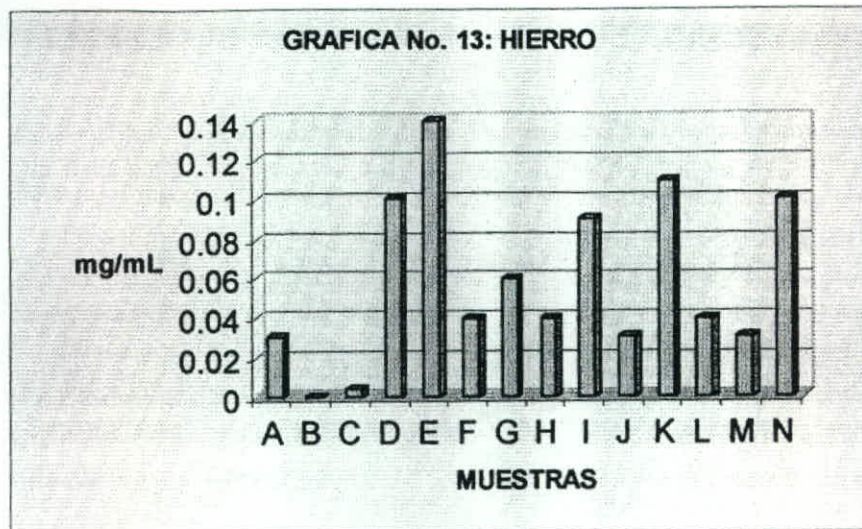
GRAFICA No. 11: MAGNESIO



GRAFICA No. 12: CLORURO





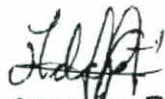




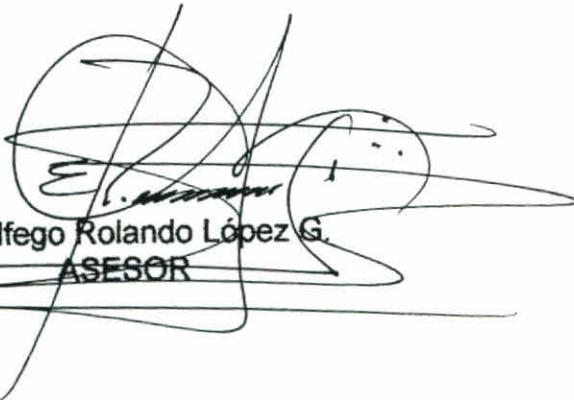
## LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS (LMP) PARA SUSTANCIAS BIOCIDAS

COMPUESTOS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (ug/L)
Insecticidas Organoclorados:	
DDT+TDE+DDE	1.0
Hexaclorobenceno	1.0
Aldrín	0.03
Dieldrín	0.03
Heptacloro	0.2
Heptacloro epóxido	0.1
Lindano	0.2
Endrín	0.2
Metoxicloro	20
Clordano	0.2
Toxafeno	3.0
Pentaclorofenol	1.0
Dinoseb	7.0
Acidos Fenoxi:	
2,4-D	
2,4,5-TP (silvex)	9
2,4,5-T	10
Mecoprop	100
Dicloroprop	
MCPA	
Dicamba	500
Picloram	200
Dalapón	100
Endotal	
Fumigantes:	
DBCP	0.2
EBD	0.05
1,2-dicloropropano	5.0
1,3-dicloropropano	20
Triazinas:	
Atrazina	2
Simazina	2
Acetanilidas:	
Alaclor	2
Metolaclor	10
Propaclor	10
Butaclor	10
Carbamatos:	
Aldicarb	3
Sulfóxido de Aldicarb	3
Sulfona de Aldicarb	3
Carbofurán	5
Oxamil	200
Metomil	200
Bentazón	30
Molinato	6
Pendimetalina	20
Isoproturón	9

COMPUESTO	68
Piretroides:	
Permetrina	20
Amidas:	
Propanil	20
Piridato	100
Trifluralín	20
Diquat	20
Glifosato	700
Di(2-etil-hexil adipato)	400
Benzopireno	0.2
Hexaclorociclopentadieno	50
Di (etil-hexil)ftalato	6
PCB'S	0.5
Organofosforados:	
Etilparatión	0
Leptofós	0
Diazinón	0.1
Dimetoato	0.1
De los restantes organofosforados	No más de 0.1 de cada uno



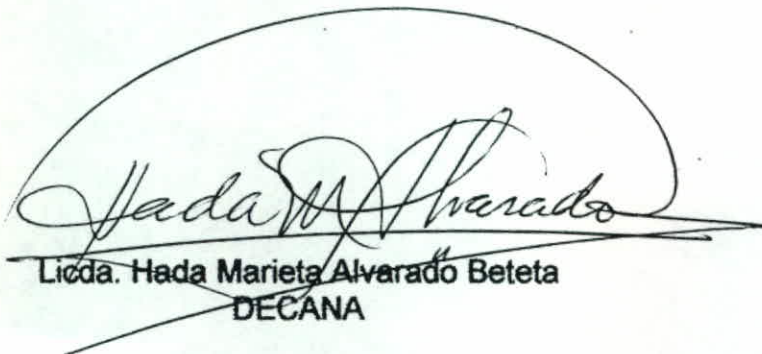
Ada Azuceña Paz Deras  
AUTORA



Lic. Efeego Rolando López G.  
ASESOR



Lic. Francisco Estuardo Serrano Vives  
DIRECTOR



Licda. Hada Marieta Alvarado Beteta  
DECANA