

**DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DE DISTRIBUCION DE LA CLINICA DENTAL DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, DESPUES DE LA APLICACIÓN DEL METODO DE CLORACION DE ACUERDO A LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**Tesis presentada por**

**KARINA ESPINOZA ZACARIAS**

**ANTE EL TRIBUNAL DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PÚBLICO, PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE**

**CIRUJANO DENTISTA**

**Guatemala, noviembre de 2002**

DL  
09  
T(1643)

## JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA

Decano:	Dr. Carlos Alvarado Cerezo
Vocal Primero:	Dr. Manuel Miranda Ramírez
Vocal Segundo:	Dr. Alejandro Ruíz Ordóñez
Vocal Tercero:	Dr. César Mendizábal Girón
Vocal Cuarto:	Br. Ricardo Hernández Gaitán
Vocal Quinto:	Br. Roberto Wehncke Azurdia
Secretario:	Dr. Otto Raúl Torres Bolaños

## TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PUBLICO

Decano:	Dr. Carlos Alvarado Cerezo
Vocal Primero:	Dr. César Mendizábal Girón
Vocal Segundo:	Dr. Oscar Toralla de León
Vocal Tercero:	Dr. Luis Felipe Paz García-Salas
Secretario:	Dr. Otto Raúl Torres Bolaños

## ACTO QUE DEDICO

- A Dios:** Por haberme permitido lograr uno de mis sueños, iluminando y llenando de bendiciones mi camino.
- A la Virgen María:** Por su infinita intercesión y misericordia.
- A mis padres:** Carlos Humberto y Mirta Inés. Por todo su amor, apoyo incondicional y todas esas enseñanzas que me han permitido ser quien soy y llegar hasta donde estoy. Los amo.
- A mis hermanas:** María Mercedes y Sandra Patricia. Por estar siempre a mi lado y apoyarme en todo momento. Las quiero mucho.
- A mis abuelitos:** Por su eterno cariño y comprensión.
- A mis tíos y primos:** Por su apoyo brindado en toda mi carrera y su cariño.
- A mis padrinos:** Ing. Carlos Espinoza Nájera, Dr. Gustavo Leal Monterroso y Dr. Manuel Mirando Ramírez. Con todo respeto y cariño.
- A mis amigos:** A los que están a mi lado y a los que hoy ya no pueden estar. Por todos los buenos y malos momentos y por su cariño y amistad gracias.

Y a los que sin hacer mención saben de mi gratitud y respeto.

## TESIS QUE DEDICO

**A Dios y a la  
Virgen María:**

Por todas las bendiciones derramadas en éste trabajo.

**A Guatemala:**

Patria que merece un mejor destino y el fruto de nuestros logros.

**A la USAC:**

“Grande entre las del mundo”.

**A la Facultad de  
Odontología:**

Casa de mi desarrollo académico.

**A mis catedráticos  
e instructores:**

Quienes forjaron mi formación profesional y gracias a sus conocimientos y enseñanzas hoy llego a la culminación de ésta carrera.

**A mi asesor:**

Dr. Oscar Toralla por su gran apoyo y amistad. Con cariño.

**Al doctor:**

Guillermo Escobar por su valiosa ayuda en la realización de éste trabajo, y sus enseñanzas.

**A mi amigo:**

Juan Rodrigo Celada por su gran ayuda y paciencia en la elaboración de ésta tesis. Con mucho cariño.

**A Sto. Tomás  
La Unión, Such.:**

Por la inolvidable experiencia de concluir allí mi formación académica, compartiendo la amistad de su gente.

## TESIS QUE DEDICO

**A Dios y a la  
Virgen María:**

Por todas las bendiciones derramadas en éste trabajo.

**A Guatemala:**

Patria que merece un mejor destino y el fruto de nuestros logros.

**A la USAC:**

“Grande entre las del mundo”.

**A la Facultad de  
Odontología:**

Casa de mi desarrollo académico.

**A mis catedráticos  
e instructores:**

Quienes forjaron mi formación profesional y gracias a sus conocimientos y enseñanzas hoy llego a la culminación de ésta carrera.

**A mi asesor:**

Dr. Oscar Toralla por su gran apoyo y amistad. Con cariño.

**Al doctor:**

Guillermo Escobar por su valiosa ayuda en la realización de éste trabajo, y sus enseñanzas.

**A mi amigo:**

Juan Rodrigo Celada por su gran ayuda y paciencia en la elaboración de ésta tesis. Con mucho cariño.

**A Sto. Tomás  
La Unión, Such.:**

Por la inolvidable experiencia de concluir allí mi formación académica, compartiendo la amistad de su gente.

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Tengo el honor de someter a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**“DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DE DISTRIBUCION DE LA CLINICA DENTAL DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, DESPUES DE LA APLICACIÓN DEL METODO DE CLORACION DE ACUERDO A LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”, conforme lo demandan los estatutos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar al título de**

### CIRUJANO DENTISTA

Expreso mis agradecimientos a mi asesor Dr. Oscar Toralla de León , al Ing. Zenón Much y al Sr. Moisés Dubón, así como también a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron para la realización del presente trabajo.

Y a ustedes distinguidos miembros de este honorable tribunal examinador, reciban mis más altas muestras de consideración y respeto.

Gracias.

## INDICE

➤ SUMARIO	01
➤ INTRODUCCIÓN	04
➤ PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	06
➤ JUSTIFICACIÓN	08
➤ REVISION DE LITERATURA	10
➤ OBJETIVOS	52
➤ VARIABLES	53
➤ DEFINICIÓN DE VARIABLES	54
➤ INDICADORES	56
➤ MATERIAL DE INVESTIGACIÓN	58
➤ TECNICAS Y PROCEDIMIENTO	59
➤ RECURSOS	64
➤ RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66
➤ CONCLUSIONES	78
➤ RECOMENDACIONES	81
➤ GLOSARIO	83

➤ REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	85
➤ ANEXOS	90

## SUMARIO

La presente investigación trata sobre la determinación de la calidad del agua de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de aplicar el método de cloración que la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria estableció para dicha red de distribución en el edificio M-1. La calidad del agua se determinó mediante análisis bacteriológicos y físico-químicos de muestras del agua tratada en diferentes puntos de distribución escogidos aleatoriamente, los cuales fueron: la cisterna que almacena el agua, una unidad dental del área de Diagnóstico, un lavamanos del área de Cirugía y un lavamanos del área de Prótesis Total.

Las muestras se tomaron después de tratada el agua de distribución por medio de la dosificación diaria de una solución de hipoclorito de calcio al 65%, que se aplicó a las 3:30pm a la cisterna, durante dos semanas consecutivas, para que al empezar la jornada de trabajo a las 7:30am, el agua se encontrara desinfectada para lograr los resultados del estudio. Los análisis se realizaron en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y los resultados fueron comparados con la norma para la

calidad del agua potable, de la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR NGO 29 001).

Al principio del estudio se encontraron contaminados por coliformes totales dos de los puntos de distribución del estudio, lo cual se debió a que una de ellas, la cisterna tiene mucho tiempo de no recibir una adecuada limpieza y desinfección; y que la otra, una de las unidades del área de Diagnóstico, es una de las más antiguas y casi no le dan uso, permitiendo que el agua se estanque por mucho tiempo y se contamine. Durante los siguientes días de recolección y análisis de muestras se observó que ya no hubo contaminación de coliformes totales; mientras que en ninguna muestra se observó presencia de coliformes fecales y de E. Coli, lo cual califica al agua como apta para el consumo humano y para realizar tratamientos dentales, según la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS).

En el aspecto físico-químico la temperatura y el ph de las muestras de agua se encontraron en los niveles aceptables de la norma, mientras que el cloro residual libre se encontró bajo el límite aceptable que establece la norma en dos de los puntos de distribución debido a que el agua que se estaba analizando estaba estancada; al corregir y tomar de nuevo dichas muestras, dejando fluir por varios minutos el agua de la unidad de Diagnóstico y del grifo de Cirugía, el nivel de cloro residual llegó a los límites normales que se requiere, calificando al

agua de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos como potable.

A través del análisis de éste estudio se recomienda, implementar el método de cloración recomendado de manera permanente, junto con un programa de muestreo del agua de distribución de la clínica dental para mejorar su calidad y así restringir al mínimo cualquier tipo de contaminación de la misma y con ello disminuir el riesgo de una infección, que puede afectar a pacientes, odontólogos practicantes y personal docente, administrativo y auxiliar que se mantienen en la clínica.

## INTRODUCCION

El agua utilizada directamente en los procedimientos dentales de los pacientes que asisten a cualquier clínica dental, debe ser potable para prevenir enfermedades infecciosas, como: infección retrógrada a nivel de las glándulas parótidas por medio del conducto de Stenon; o una probable infección apical al realizar un tratamiento de conductos radiculares e irrigar erróneamente con agua contaminada de la jeringa triple.

Esta investigación trata acerca del manejo y control de la calidad de el agua de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, mediante un tratamiento de cloración; basándose en los resultados de los análisis bacteriológico y fisicoquímico de dicha agua, que se realizaron y se presentaron en el trabajo de tesis del cirujano dentista Mario Enrique Aguilar Montiel, en julio del 2001, titulada: "Análisis bacteriológico y fisicoquímico del agua de distribución en la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala" (1), los cuales la determinaron como sanitariamente deficiente, tanto en la red de distribución como en las unidades del área de Diagnóstico.

En dichos análisis se encontró el cloro residual del agua de distribución, en una cantidad de 0 a 0.2 mg/L, es decir, por debajo del límite establecido por la norma COGUANOR NGO 29 001 (la cual especifica que: *"El Límite Máximo Aceptable (LMA), seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/L, después de por lo menos 30 minutos de contacto, a un pH menor de 8.0, con el propósito de reducir en un 99% la concentración de Escherichia coli y ciertos virus."* (11). Esto demuestra que mientras la concentración de cloro residual libre en el agua de distribución de la clínica dental, esté por debajo de los límites aceptables, el problema trasciende a aumentar el riesgo de contagio de infecciones en la misma.

Con base en lo anterior, es necesario realizar un procedimiento que sea el más adecuado para el tratamiento y control de calidad del agua de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del método de cloración recomendado por la ERIS, el cual se describirá en éste trabajo de investigación, en donde posteriormente se comprobará, mediante exámenes microbiológicos y físico-químicos que se realizarán durante el tratamiento, si se obtienen los resultados deseados.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Después de los resultados de los análisis bacteriológico y fisicoquímicos del agua de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que se realizaron y se presentaron en el trabajo de tesis del cirujano dentista Mario Enrique Aguilar Montiel, en julio del 2001, titulada: "Análisis bacteriológico y fisicoquímico del agua de distribución en la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala" (1), los cuales la determinaron como sanitariamente deficiente, tanto en la red de distribución como en las unidades del área de Diagnóstico, surge la necesidad de realizar un control en el manejo de la calidad de la misma para disminuir el riesgo de infecciones causadas por la contaminación del agua que pueden afectar a pacientes, odontólogos practicantes y personal docente, administrativo y auxiliar que se mantienen en la clínica; debido a que el cloro residual del agua analizada se encontró por debajo del límite máximo aceptable que requiere la norma COGUANOR NGO 29 001 para el agua potable, mencionada anteriormente.

Con base en lo anterior, se formula la siguiente pregunta: ¿Será el sistema de cloración por medio del hipoclorador tipo botellón invertido (según la ERIS) un método útil para el tratamiento y control de la calidad del agua de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala?

## JUSTIFICACION

El agua natural constituye un reservorio de microorganismos, recibe y arrastra partículas cargadas de bacterias de tal manera que si no es tratada con protección sanitaria, ésta se convierte en un vehículo potencial de transmisión de enfermedades (19).

Las enfermedades infecciosas que puede causar el agua utilizada directamente en los procedimientos dentales de los pacientes que asisten a cualquier clínica dental, deben ser prevenidas realizando un cambio y un control en el manejo de la calidad del agua, restringiendo al mínimo cualquier tipo de contaminación de la misma y con ello disminuyendo el riesgo de una infección.

En base a los resultados de los análisis mencionados anteriormente y a lo establecido en la norma COGUANOR NGO 29 001 donde se define que: *"el cloro es el desinfectante más importante que existe, debido a que reúne todas las ventajas requeridas, además de ser de fácil utilización y menos costoso que la mayoría de los otros productos o agentes desinfectantes disponibles"*, y que: *"la cloración es el proceso más importante usado en la obtención de agua de calidad sanitaria segura, potable"* (11), es importante realizar un tratamiento en el agua de distribución de la clínica dental, en donde se le aplique la cantidad necesaria de cloro, según las especificaciones

de COGUANOR para que ésta cumpla con las normas requeridas y así se pueda controlar el riesgo de enfermedades infecciosas que puede causar el agua no tratada sanitariamente.

# REVISION DE LITERATURA

## ANTECEDENTES

### **El Cloro y la Salud**

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 80 % de las enfermedades infecciosas se transmiten mediante el agua. Según dicho organismo más de 3 millones de niños, de menos de 5 años, mueren cada año por causa de enteritis imputables a la no desinfección del agua. (5)

La cloración del agua es el único sistema que garantiza que ésta llegue a nuestros hogares con las debidas condiciones sanitarias. En 1991 la supresión del uso del cloro en la potabilización del agua provocó una epidemia de cólera en Perú que produjo más de 3.000 muertes (más de 19.000 personas murieron por dicha causa en todo el mundo).

## **HISTORIA**

En 1846, el doctor Ignaz Semmelweis introdujo uno de los primeros usos del cloro como desinfectante, en un hospital de Viena.

Uno de los primeros usos conocidos del cloro para la desinfección del agua se dio en 1854, cuando el Dr. John Snow intentó desinfectar el abastecimiento de agua de Bombas de la calle Broad en Londres después de un brote de cólera.

La cloración continua del agua empezó en los primeros años de este siglo en Gran Bretaña, donde su aplicación redujo repentinamente las muertes por tifoidea. Poco después de este notable éxito, la cloración en los Estados Unidos empezó en la ciudad de Jersey, Nueva Jersey en 1908. Pronto, la adopción por parte de otras ciudades y pueblos en los Estados Unidos continuó y dio lugar a la eliminación virtual de las enfermedades transmitidas por agua (cólera, tifoidea, disentería y hepatitis A). (6)

### **USO DE CLORO PARA LA DESINFECCION DEL AGUA:**

#### **EFFECTOS EN LA SALUD HUMANA**

No existen evidencias concluyentes para admitir que la cloración del agua deje en su seno cantidades de compuestos potencialmente dañinos para la salud. En 1990, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer evaluó todos

los estudios sobre riesgos potenciales para la salud del agua potable tratada con cloro, concluyendo que no puede ser considerado como carcinogénico en los seres humanos. (3,5). Y según Paracelso, uno de los pioneros de la ciencia de la toxicología: "No hay sustancias tóxicas, solamente hay dosis tóxicas". (4)

Según los resultados que se obtuvieron de un "Estudio que reporta la asociación entre la cloración del agua y casos de cáncer en seres humanos", realizado por la Química María Luisa Castro de Esparza, el agua clorada expone al público consumidor a un riesgo potencial que no está claramente definido; los estudios caso-control demostraron un ligero incremento en la probabilidad de contraer cáncer a la vejiga, en poblaciones que consumen agua clorada durante varios años. (3). Basándose en lo anterior mencionado, se obtuvieron algunas conclusiones y recomendaciones sobre el cloro y sus efectos en la salud humana:

1. El efecto de la desinfección del agua con cloro en condiciones normales es ampliamente reconocido, y su aplicación es aún más necesaria en situaciones de emergencia, a fin de evitar la propagación de enfermedades gastrointestinales.
2. El nivel de riesgos a la salud humana resultante de la cloración del agua es difícil de determinar. Los estudios epidemiológicos hasta ahora realizados, no son suficientes para poder distinguir entre el peligro de contraer cáncer por la

cloración versus el alto riesgo por consumo de agua contaminada con microorganismos patógenos.

3. Aún se continúa investigando la asociación entre cloración del agua y casos de cáncer en humanos. Los experimentos efectuados en animales de laboratorio presentan resultados de difícil extrapolación para evaluar el riesgo en humanos.
4. Es necesario perfeccionar las técnicas de medición de los precursores y subproductos del cloro de una manera práctica y confiable que permita la caracterización de las fuentes de agua que se utilizarán para el abastecimiento.
5. Hasta la fecha, el cloro es el desinfectante de agua más económico, práctico y efectivo. Otros desinfectantes como el ozono, el dióxido de cloro y la monocloramina, son utilizados en algunas comunidades; si bien éstos pueden evitar la formación de algunos subproductos de la cloración, no son capaces de mantener el efecto desinfectante posterior del cloro residual.
6. Los niveles de cloro que se están aplicando para la desinfección de agua durante la emergencia del cólera (0.5 a 0.8 mg/l de cloro residual activo) no representan riesgo a la salud. Se debe anotar que, en dosis mayores a 1.0 mg/l, el agua es rechazada por la mayoría de nuestros pobladores, por su asociación con productos blanqueadores a base de cloro.

7. Debe considerarse que no todas las aguas superficiales son aptas para su cloración directa sin tratamiento y para su uso posterior para consumo humano. Su selección depende de la demanda de cloro, pues las características del agua influyen en la formación de compuestos órganoclorados que, en altas concentraciones, podrían tener efectos adversos en la salud.
8. El mayor problema que se presenta en la formación de subproductos son los precursores orgánicos. La solución consiste en mejorar los procesos de tratamiento del agua para remover compuestos orgánicos antes de que los subproductos se formen (preoxidación, filtración lenta en arena, tratamiento biológico, coagulación y filtración previa a la adición de cloro). De esta forma, se incrementa la eficacia del cloro libre y paralelamente se minimiza la toxicidad al limitar la formación de subproductos.
9. Se recomienda que los Ministerios de Salud y otras entidades responsables, estudien las relaciones de calidad de agua/demanda de cloro versus la formación de trihalometanos (THMs) y otros compuestos órganoclorados. Mientras tanto, se considera que aguas con demandas de 2 a 2.5 mg/l no causarán efectos dañinos a la salud. También debe considerarse que las aguas a ser cloradas, no tengan más de 15 unidades de color y no más de 5 unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

10. El uso de agua tratada con cloro residual de 0.5-0.8 mg/l- constituye una garantía para la salud de la población.
11. Finalmente, dentro de un análisis del manejo de riesgos a la salud, en países como los nuestros, con enfermedades diarreicas y parasitarias endémicas, el riesgo potencial derivado de los subproductos del cloro es significativamente menor al que se expondría la población, al suspenderse la práctica del uso de este desinfectante. (3)

La cloración ha desempeñado una función crítica al proteger los abastecimientos de agua potable de las enfermedades infecciosas transmitidas por agua durante casi un siglo. Se ha reconocido ampliamente a la cloración del agua potable como uno de los adelantos más significativos en la protección de la salud pública. La filtración y cloración prácticamente han eliminado las enfermedades transmitidas por agua, como el cólera, tifoidea, disentería y hepatitis A en países desarrollados. En los Estados Unidos, más de 98% de los sistemas de abastecimiento que desinfectan el agua potable usan cloro debido a su potencia germicida, economía y eficiencia. Además, los desinfectantes basados en cloro son los únicos desinfectantes principales con las propiedades residuales duraderas que previenen el recrecimiento microbiano y proporcionan protección continua durante la distribución de la planta de tratamiento al hogar.

Los productos químicos basados en cloro han sido los desinfectantes preferidos para tratar el agua potable durante casi un siglo. Los atributos más importantes del cloro son su potencia y persistencia germicida de amplio espectro en los sistemas de distribución de agua. Además, su capacidad para abordar eficiente y económicamente otros muchos sistemas de tratamiento de agua, también ha contribuido a su amplio uso. Los compuestos basados en cloro son los únicos desinfectantes principales que presentan propiedades residuales duraderas. La protección residual previene un nuevo crecimiento microbiano y la contaminación del agua, dado que pasa de la planta de tratamiento a los grifos domésticos.

La popularidad del cloro en la desinfección de agua se basa en muchos factores. Un estudio realizado por J. Carrell Morris, de la Escuela de Medicina de la Universidad de Harvard (6), identificó muchos de los beneficios del cloro en el tratamiento de agua:

- **Germicida potente.** El uso demostrado del cloro reduce el nivel de los microorganismos en el agua potable, los que causan enfermedades a niveles casi imposibles de medir.
- **Cualidades residuales.** El cloro produce una acción sostenida de desinfección residual "única entre los desinfectantes disponibles de agua

en gran escala". La superioridad del cloro como un desinfectante residual sigue siendo válida hasta hoy. La presencia de un residuo sostenido mantiene la higiene del agua potable final de la planta de tratamiento al grifo del consumidor.

- **Control del gusto y olores.** La cloración del agua potable reduce los gustos y olores. El cloro oxida muchas sustancias que se presentan naturalmente, tales como las secreciones de algas malolientes y olores de la vegetación en putrefacción, lo que da como resultado agua potable sin olor y con mejor sabor.
- **Control de crecimiento biológico.** La potente acción germicida del cloro elimina las bacterias, moho y algas de limo. El cloro controla estos organismos molestos que por lo general crecen en reservorios, paredes de cañerías de transmisión de agua y tanques de almacenamiento.
- **Control químico.** El cloro en el tratamiento de agua destruye el sulfuro de hidrógeno, y extrae amoníaco y otros compuestos nitrogenados que tienen sabores desagradables y que obstaculizan la desinfección. (6)

## ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA

Las enfermedades transmitidas por el agua siguen presentando retos para los funcionarios de la salud pública y para las entidades que brindan servicio de agua. Los microorganismos en el agua de grifo que causan enfermedades, provienen generalmente de la deficiente calidad del agua de la fuente, así como de los errores en los procesos de tratamiento de desinfección y filtración o de los sistemas de distribución.

### **PROTECCION DE LA SALUD PUBLICA**

El beneficio principal del agua potable es la protección de la salud pública, a través del control de las enfermedades transmitidas por el agua. Desempeña una función primordial ya que controla los agentes patógenos en el agua que causan las enfermedades, tal como ocurre en los países desarrollados en que están virtualmente ausentes las enfermedades transmitidas por el agua, tales como la tifoidea y el cólera.

Los abastecimientos de agua sin tratar o con un tratamiento inadecuado, siguen siendo la mayor amenaza para la salud pública, especialmente en los países en desarrollo donde casi la mitad de la población consume agua

contaminada. En estos países las enfermedades como el cólera, tifoidea y disentería crónica son endémicas, y matan a jóvenes y a ancianos. Lamentablemente, en muchas áreas prácticamente no hay disponibilidad de los abastecimientos de agua potable debido a la pobreza, poca comprensión de la contaminación de agua y falta de infraestructura de tratamiento y distribución. Los grupos asistenciales internacionales, incluida la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), reciben asistencia técnica y programas de educación desde hace muchos años para mejorar las prácticas de abastecimiento de agua y saneamiento. Se ha calculado que tales mejoras -incluida la desinfección de cloro- pueden prevenir 25% de los brotes diarreicos y reducir la mortalidad infantil en niveles similares. Esto demuestra y refuerza firmemente el concepto de que la desinfección de agua debe ser una herramienta esencial para la protección de la salud pública mundial.

## **AGENTES PATOGENOS TRANSMITIDOS POR EL AGUA**

Los agentes patógenos transmitidos por el agua que causan las enfermedades se agrupan en tres clases generales: bacterias, virus y protozoos parasitarios, cada una con diversas especies identificadas. Las bacterias y virus

contaminan las aguas superficiales y las subterráneas, mientras que los protozoos parasitarios aparecen predominantemente en el agua superficial.

### **BACTERIAS**

*Campylobacter*

*Escherichia coli*

*Salmonella (no tifoidea)*

*Shigella*

*Yersinia*

*Vibrio (no cólera)*

*Salmonella (tifoidea)*

*Vibrio (cólera)*

*Legionella*

### **VIRUS**

Norwalk-like

Entero  
(Poliomielitis,  
Coxsackie,  
Echo,  
Rotavirus)

Hepatitis A

Rotavirus

### **PROTOZOOS**

*Cryptosporidium parvum*

*Giardia lamblia*

*Entamoeba histolytica*

## **ENFERMEDADES ASOCIADAS CON AGENTES PATOGENOS**

### **TRANSMITIDOS POR EL AGUA**

Las bacterias y protozoos generalmente inducen a trastornos gastrointestinales con una intensidad muy variable. Las bacterias también causan enfermedades potencialmente mortales como tifoidea y cólera. Los virus causan graves enfermedades como la meningitis aséptica, encefalitis, poliomiélitis, hepatitis, miocarditis y diabetes. Además, los trastornos gastrointestinales pueden atribuirse a microorganismos no identificados o no especificados. (6)

## DESTRUCCION DE LOS AGENTES PATOGENOS POR MEDIO DEL CLORO

En 1881, el bacteriólogo alemán Robert Koch demostró bajo condiciones controladas de laboratorio que los cultivos puros de bacterias podían ser destruidos por hipoclorito (lejía). El grueso de la investigación sobre desinfección de cloro realizada desde los años cuarenta a los setenta con un énfasis en bacterias, proporcionó observaciones sobre la manera en que el cloro mata al microorganismo. Las observaciones que (a) las células bacterianas dosificadas con cloro liberan ácidos nucleicos, proteínas y potasio y (b) las funciones de la membrana, tales como la respiración y transporte activo, son más afectadas por el cloro que los procesos citoplasmáticos, dirigen la atención de investigadores a la superficie de la célula bacteriana. La hipótesis fue que la pared de células bacterianas, bajo estrés ambiental, podría interactuar con el cloro. La exposición del cloro parece causar alteraciones físicas, químicas y bioquímicas en la pared de la célula. Por lo tanto, destruye la barrera protectora de la célula, con lo que concluyen las funciones vitales y da lugar a la muerte del microorganismo.

## EL FUTURO DE LA DESINFECCION CON CLORO

El debate de subproductos de desinfección ha llevado a algunas personas a pensar que disminuirá el uso de cloro en el tratamiento de agua potable. Esto es altamente improbable. Los desinfectantes alternativos también crean subproductos. Hay otras maneras más apropiadas de reducir los subproductos de desinfección, como las tecnologías de remoción de precursores.

Además, el cloro es el desinfectante preferido para el agua potable por varias razones. Cualquier otro tipo de desinfectante no puede proporcionar la amplia variedad de beneficios del cloro. Los desinfectantes que contienen cloro proporcionan el residuo más eficaz y confiable en los sistemas de distribución. Este residuo es una parte importante del enfoque multibarrera para prevenir las enfermedades transmitidas por el agua.

Según la Organización Mundial de la Salud, la **desinfección con cloro es aún la mejor garantía del agua microbiológicamente potable** (Oficina Regional de la OMS para Europa, *Drinking Water Disinfection*). No hay muchas probabilidades de que esto cambie en un futuro próximo. (6)

# PRUEBAS PARA DETERMINAR LA CALIDAD

## DEL AGUA

El reconocimiento de que las infecciones microbianas pueden ser transmitidas por el agua ha dado lugar al desarrollo de métodos para efectuar exámenes de rutina que garanticen que el agua destinada al consumo humano se halla libre de contaminación por excrementos. Aunque ahora es posible detectar la presencia de múltiples organismos patógenos en el agua, los métodos de aislamiento son muy complejos. Una opción más lógica es detectar los organismos que normalmente están presentes en las heces de los seres humano y de los animales de sangre caliente como indicadores de contaminación por excrementos, así como la eficacia de los sistemas de tratamiento del agua y de desinfección.

Los exámenes bacteriológicos ofrecen la prueba más sensible para detectar la contaminación fecal reciente, y por ende potencialmente más peligrosa; de ese modo, proporcionan una evaluación sanitaria de la calidad del agua. Los resultados de dichos exámenes siempre habrán de interpretarse a la luz de un

conocimiento cabal de los sistemas de abastecimiento de agua, incluyendo su fuente, su tratamiento y su distribución.(12)

## CALIDAD BACTERIOLOGICA DEL AGUA

### ORGANISMOS INDICADORES DE CONTAMINACION EN EL AGUA

El uso de organismos intestinales normales como indicadores de contaminación fecal, en lugar de organismos patógenos mismos, es un principio de aceptación universal en la vigilancia y evaluación de la seguridad microbiana en los sistemas de abastecimiento de agua.(12) Entre los microorganismos que se usan como indicadores bacterianos de contaminación fecal está todo el grupo de bacterias coliformes: la *E. Coli* y los organismos coliformes que han sido descritos como "coliformes fecales".

#### Organismos del grupo coliforme (coliforme total):

Son bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a 35 °C +/- 0.5°C en un período de 24 h- 48 h, características cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación. Entre ellos se encuentran las especies *E. coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. Es preciso

tener en cuenta que las bacterias coliformes no provienen solo de las heces de los animales de sangre caliente, sino también de la vegetación y el suelo. (12)

#### Organismos coliformes fecales:

Son las bacterias que forman parte del grupo coliforme total, que fermentan la lactosa con producción de gas a  $44\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  en un período de  $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$  cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación. Entre ellos se encuentran los del género *Escherichia* y, en menor grado, algunas cepas de *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella*. De éstos, sólo los *E. coli* tienen un origen específicamente fecal, pues están siempre presentes en grandes cantidades en las heces humanas, de los animales y de los pájaros, y rara vez se encuentran en el agua o el suelo que no hayan sufrido algún tipo de contaminación fecal.

#### *Escherichia coli*:

Son las bacterias coliformes fecales, que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a  $44\text{ }^{\circ}\text{C}$  ó  $44.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  con producción de gas, y que también producen indol a partir de triptofano. La confirmación de que en verdad se trata de *Escherichia coli* se logra mediante el resultado positivo en la prueba con el indicador rojo de metilo, la comprobación de la ausencia de

síntesis de acetilmetilcarbinol y de que no se utiliza el citrato como única fuente de carbón. La E. coli es el indicador más preciso de contaminación fecal.(11) Por lo tanto debe haber ausencia de E. coli en el agua que se está investigando.

## TOMA, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE AGUA PARA EXAMEN BACTERIOLOGICO

Es importante prestar atención para que las muestras que se tomen sean representativas del agua que habrá de examinarse y que no se produzca una contaminación accidental durante el muestreo. Las muestras deberán tener una etiqueta marcada con el lugar, la fecha, la hora, la naturaleza del agua, y se enviarán sin demora al laboratorio para su análisis.

Para el volumen de la muestra y del frasco deben tenerse presente 200 ml suficientes para detectar organismos coliformes con el método de tubos múltiples de fermentación. Los frascos deberán ser de vidrio esterilizados y limpios, con tapones de vidrio esmerilado o tapas de rosca, el cuello del frasco se protegerá de la contaminación cubriéndolo adecuadamente con papel especial u hoja de aluminio.(12)

## METODO DE LOS TUBOS MULTIPLES DE FERMENTACION PARA LA DETECCION Y ENUMERACION DE ORGANISMOS INDICATIVOS DE CONTAMINACION

En éste método se agregan determinados volúmenes de agua a correspondientes tubos de ensayo que contienen un medio líquido apropiado, para determinar la presencia del grupo coliforme en donde se estipula el número permisible de microorganismos coliformes, fecales en términos de las porciones normales de volumen y del número de porciones que se examina:

Prueba de 15 tubos: Se examinan 5 tubos con porciones de 10 ml, 5 tubos con porciones de 1 ml y 5 tubos con porciones de 0.1 ml, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable (NMP) menor de 2.0 coliformes en 100 ml de agua, lo que se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para el consumo humano. Y en el caso del aislamiento de E. Coli el resultado debe ser negativo para considerar al agua como potable.(11)

Para la interpretación de los resultados en la prueba de los tubos múltiples se utiliza la siguiente tabla:

Número más probable para diversas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se utilizan 5 porciones de 10 ml, 5 porciones de 1ml y 5 porciones de 0.1 ml

Número de tubos que dan reacción positiva				Número de tubos que dan reacción positiva			
5 de 10ml cada uno	5 de 1ml cada uno	5 de 0.1ml cada uno	NMP	5 de 10ml cada uno	5 de 1ml cada uno	5 de 0.1ml cada uno	NMP
0	0	0	<2	4	3	0	27
0	0	1	2	4	3	1	33
0	1	0	2	4	4	0	34
0	2	0	4	5	0	0	23
1	0	0	2	5	0	1	30
1	0	1	4	5	0	2	40
1	1	0	4	5	0	1	30
1	1	1	6	5	0	2	40
1	2	0	6	5	1	0	30
2	0	0	4	5	1	1	50
2	0	1	7	5	1	2	60
2	1	0	7	5	2	0	50
2	1	1	9	5	2	1	70
2	2	0	9	5	2	2	90
2	3	0	12	5	3	0	80
3	0	0	8	5	3	1	110
3	0	1	11	5	3	2	140
3	1	0	11	5	3	3	170
3	1	1	14	5	4	0	130
3	2	0	14	5	4	1	170
3	2	1	17	5	4	2	220
4	0	0	13	5	4	3	280
4	0	1	17	5	4	4	350
4	1	0	17	5	5	0	240
4	1	1	21	5	5	1	300
4	1	2	26	5	5	2	500
4	2	0	22	5	5	3	900
4	2	1	26	5	5	4	1600
				5	5	5	>=1600

## CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA

El agua debe tener las características de calidad para que sea potable. Existe un límite máximo aceptable (LMA), que es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba de la cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique daño a la salud de consumidor. Un límite máximo permisible (LMP) es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua arriba del cual, el agua no es adecuado para consumo humano.(11)

### Potencial de hidrógeno (pH):

La acidez de una solución acuosa depende de la concentración de iones hidrógeno. La acidez de las soluciones que participan en una reacción química con frecuencia tiene importancia crítica , especialmente las reacciones bioquímicas. La escala de acidez por pH se inventó para llenar la necesidad de un modo numérico sencillo y cómodo para expresar la acidez de la solución.(1)

En algunas plantas las características del agua cambian constantemente y las cantidades de los químicos pueden ser cambiados para una satisfactoria situación. Bajo éstas circunstancias es conveniente tener un continuo monitoreo de la concentración del ión hidrógeno del agua de abastecimiento, mediante el

método electrométrico y un potenciómetro que indica el valor del pH a cada instante.(15)

Los límites máximos permisibles para la concentración de iones hidrógeno en el agua son de 6.5 - 8.5 (11) Ver tabla 2.

#### Temperatura:

Es el grado de calor en los cuerpos. El límite máximo permisible para la temperatura del agua es no mayor de 34 ° C, mientras que el límite máximo aceptable es de 15 ° C a 25 ° C. (11) Ver tabla 2.

#### Cloro residual libre:

Es aquella porción del cloro residual total que sea "libre" y que sirve como medida de la capacidad para oxidar la materia orgánica. El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/L, después de por lo menos 30 minutos de contacto, a un pH menor de 8.0, con el propósito de reducir en un 99% la concentración de Escherichia coli y ciertos virus.

En aquellas ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, el residual de cloro puede mantenerse en un límite máximo permisible de 2.0 mg/L, haciendo caso omiso de los olores y

sabores en el agua de consumo. Deben de tomarse medidas similares en los casos de interrupción o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua.(11)

**Tabla 2. Sustancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles.(11)**

Características	Límite máximo aceptable	Límite máximo permisible
Cloro residual Libre	0.5 mg/lit	1.0 mg/lit
Potencial de Hidrógeno	7.0-7.5	6.5-8.5
Temperatura	15.0°C-25.0°C	34.0°C

# LOS MICROBIOS EN EL AGUA DE LAS

## UNIDADES DENTALES

Los microbios están presentes en el agua de las unidades dentales y existen en la biocapa que cubre las paredes de las tuberías de agua. El mejoramiento de la calidad microbiana del agua en las unidades dentales según estén disponibles los medios es una parte natural del mantenimiento de la calidad para la atención al paciente y al equipo de trabajo.

El primer informe de microbios en el agua de las unidades dentales de los Estados Unidos apareció en 1971 y describió el agua de 10 unidades dentales en 3 clínicas privadas del área de San Francisco que tenían una concentración promedio de 180 000 unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias por mililitros (mL). En contraste a esto, el agua potable de los consultorios mostró un promedio de 15 ufc/mL de bacterias (17). Un estudio más reciente sobre el agua en las unidades dentales de los Estados Unidos ha revelado que el 72 % de 150 unidades en 54 lugares de Washington, Oregón y California contenían elevados niveles de bacterias.

La contaminación microbiana del agua en las unidades dentales no sólo existe en los EE.UU; sino también al nivel mundial; la concentración de

microbios en estos lugares parece ser más elevada que en los de agua potable y en la de los lagos, estanques, ríos y corrientes. (17)

## **LOS TIPOS Y LA IMPORTANCIA DE LOS MICROBIOS PRESENTES EN EL AGUA DE LAS UNIDADES DENTALES**

Tanto los microbios que nacen en el agua como en las cavidades bucales humanas, han sido descubiertos en el agua de las unidades dentales, lo que indica que el agua de la comunidad y la cavidad bucal de los pacientes son fuentes de éstos. La mayoría de los microbios detectados son de una muy baja patogenicidad o son patógenos oportunistas que provocan dañinas infecciones sólo bajo condiciones especiales o en las personas inmunocomprometidas, como por ejemplo: infección retrógrada a nivel de las glándulas parótidas por medio del conducto de Stenon; o una probable infección apical al realizar un tratamiento de conductos radiculares e irrigar con agua contaminada, etc.

TABLA 3. Microbios aislados en el agua de las unidades dentales (17)

Microbio	Fuente probable	Patogenicidad
Bacteria * *		
<i>Achromobacter xyloxi-dans</i>	agua	baja
<i>Acinetobacter</i> sp.	agua	Oportunista
<i>Actinomyces</i> sp.	boca	baja
<i>Alcaligenes denitrificans</i>	agua	Oportunista
<i>Bacillus</i> sp.	agua	baja
<i>Bacillus subtillis</i>	agua	baja
<i>Bacteroides</i> sp.	boca	baja
<i>Flavobacterium</i> sp.	agua	baja
<i>Fusobacterium</i> sp.	boca	baja
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	agua	oportunista
<i>Lactobacillus</i> sp.	boca	baja
<i>Legionella pneumophila</i>	agua	oportunista
<i>Legionella</i> sp.	agua	baja
<i>Methylobacterium mesophilica</i>	agua	baja
<i>Micrococcus luteus</i>	agua	baja
<i>Moraxella</i> sp.	agua	baja
<i>Mycobacterium gordonae</i>	agua	baja
<i>Norcardia</i> sp.	boca	baja
<i>Ochromobacterium anthropi</i>	agua	baja
<i>Pasteurella hemolytica</i>	agua	baja
<i>Pasteurella</i> sp.	agua	baja
<i>Peptostreptococcus</i> sp.	agua	baja
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	agua	oportunista
<i>Pseudomonas capacia</i>	agua	oportunista
<i>Pseudomonas posimobilis</i>	agua	oportunista
<i>Pseudomonas</i> sp.	agua	oportunista
<i>Serratia marcescens</i>	agua	oportunista
<i>Streptococcus</i> sp.	boca	baja
<i>Staphylococcus aureus</i>	boca	baja
<i>Staphylococcus</i> sp.	boca	baja

Veillonella alcalescens	boca	baja
Xanthomonas	agua	baja
Hongos		
Alternaria sp.	agua	baja
Cephalosporium sp.	agua	baja
Ciadosporium sp.	agua	baja
Penicillium sp.	agua	baja
Scopulariopsis sp.	agua	baja
Protozoos		
Acanthamoeba sp.	agua	baja
Naegleria sp.	agua	baja

La *Pseudomonas aeruginosa* y la *P. cepacia* son habitantes comunes del suelo y de las aguas naturales. Muchas cadenas pueden sobrevivir e incluso, multiplicarse en el agua de muy bajo contenido de nutrientes, tales como el agua destilada. De esta forma, no es inusual encontrar especies de *Pseudomonas* en casi todos los abastecimientos de agua doméstica, los tanques de almacenamiento o los conductos de drenaje. La *P. cepacia* ha sido un importante patógeno respiratorio en los pacientes con fibrosis cística. La *P. aeruginosa* generalmente es oportunista en la ocurrencia de infecciones en las vías urinarias, las infecciones de heridas, la neumonía y la septicemia en los pacientes quemados y junto con la *P. cepacia* por lo general, tiene un grado más elevado de resistencia que muchas bacterias ante los desinfectantes y los antibióticos.

El único informe científico que ha confirmado directamente la presencia de un microbio en el agua de las unidades dentales fue el que aplicó a la *Pseudomona*. El informe procedente de Gran Bretaña ratificó a la *P. aeruginosa* como la causa de las infecciones orales en 2 pacientes dentales comprometidos médicamente.

La *Legionella pneumophila* y otras especies, son bacterias de gramnegativo y que naturalmente están presentes en el agua y podrían adquirir alguna protección en contra del cloro en el agua doméstica debido a que pueden existir dentro de determinadas amebas que viven libremente y que también están presentes. La *L. pneumophila* es el agente que provoca un tipo de neumonía denominada enfermedad de legionnaires la cual se reconoció por primera vez en 1976. Por lo general, la bacteria se transmite mediante la inhalación de aerosoles o posiblemente la aspiración de agua contaminada. La *L. pneumophila* también podría provocar una infección no pulmonar llamada fiebre Pontiac y en raras ocasiones las infecciones de heridas le siguen a la irrigación con el agua contaminada por *Legionella*. Mientras que la *L. pneumophila* es el principal patógeno en este género, existen otras 30 especies de *Legionella* que podrían provocar entre el 20 y el 30 % de todas las infecciones de ésta.

Mientras que la *L. pneumophila* y otras especies de *Legionella* podrían estar presentes en el agua de algunas unidades dentales de los Estados Unidos, no

existe la documentación que confirme que esta agua haya alguna vez causado la enfermedad de legionnaires en los pacientes o en los miembros del equipo de trabajo. Sin embargo, un trabajo acerca de algunas informaciones no publicadas en un informe relacionado con la *Legionella* en el agua de una unidad dental sugiere que un estomatólogo en California, quien murió de legionelosis podría haber contraído este agente en su puesto de trabajo, pero también se afirmó que la asociación no podría ser definitiva.

La *Acinetobacter*, la *Alcaligenes*, la *Klebsiella* y la *Serratia* (ver tabla 1) son todas bacterias de gramnegativo y patógenos oportunistas que podrían causar infecciones dañinas en personas comprometidas. No existe una documentación específica acerca de que estas bacterias de agua en las unidades dentales hayan provocado infecciones en los pacientes o en los miembros del equipo de trabajo. Las bacterias orales del *Bacteroides*, el *Fusobacterium*, la *Lactobacillus* y el *Peptostreptococcus* y el *Streptococcus* aparecen implicadas en las causas de las caries dentales o las enfermedades periodontales y tienen patogenicidad oportunista si se les permite que se acumulen en las placas o en las superficies de los dientes.

(17)

## LA BIOCAPA EN LOS CONDUCTOS ACUATICOS DE LAS UNIDADES DENTALES

La biocapa se define como una masa de microbios unidos a una superficie expuesta a la humedad. Es muy común la existencia microbiana en una biocapa y para estas hay un ambiente no estéril y húmedo. El mejor ejemplo de biocapa en la odontología es el de la placa dental. Existe un tipo de "placa" que se desarrolla dentro de los conductos acuáticos de las unidades dentales el cual provoca una infección permanente en el sistema de entrega del agua. La biocapa tiene una naturaleza viscosa, y se forma cuando las células bacterianas se adhieren a una superficie mediante los polímeros celulares de superficie.

La biocapa se forma ante la presencia del agua fluente en los conductos acuáticos de las unidades dentales debido al estancamiento intermitente del agua y a la dinámica del líquido que resulta en un flujo máximo de agua en el centro de un lumen y en uno mínimo cerca de la superficie. Esta biocapa puede servir como una fuente continua de contaminación del agua fluente según las células o los "grupos" salen naturalmente o debido a la presión física hecha sobre el conducto. El hecho de que la biocapa sea una fuente de microbios en el agua que fluye es un hecho comprobado. (8)

Aunque la fuente de microbios que provocan bajos niveles de enfermedades infecciosas en la comunidad no siempre se identifican, con seguridad no existe ninguna prueba de cualquier problema de salud pública propagado a partir de la exposición al agua de las unidades dentales. Sin embargo, las metas para la prevención de las enfermedades infecciosas son eliminar o reducir la exposición ante los microbios y desarrollar enfoques o proyectos de inmunización, los cuales evitarán que se desarrollen las enfermedades si tiene lugar la exposición.

Prevenir la exposición ante los microbios también se le conoce como control de la infección y la odontología es un líder en el campo de la atención a la salud en el establecimiento y mantenimiento del control de las infecciones. De esta forma, el mejoramiento de la calidad del agua en las unidades dentales, según estén disponibles los medios, es una parte natural para el mantenimiento de la alta calidad en la atención al paciente y la protección del equipo de trabajo.

En 1993, se hicieron importantes recomendaciones relacionadas con los microbios en las unidades dentales y afirman lo siguiente: "Los instrumentos manuales de alta velocidad deben limpiarse para expulsar toda el agua y aire durante un mínimo de 20 a 30 seg después de usarlos en cada paciente. Este procedimiento pretende extraer todo el material que pudiera haber penetrado en la turbina o en los conductos de aire o agua. Adicionalmente, existen pruebas de

que la acumulación microbiana durante la noche o los fines de semana en los conductos acuáticos se pueden reducir sustancialmente mediante el movimiento del instrumental manual de su lugar, para que así el agua corra a través de los conductos acuáticos durante varios minutos al comienzo de cada día de trabajo (8,17).

## **PROCEDIMIENTOS PARA EL CONTROL DE LAS INFECCIONES EN LAS UNIDADES DENTALES**

Limpieza de los instrumentos manuales y de los conductos acuáticos de las unidades dentales. Es ampliamente conocido que la biocapa dental no se elimina simplemente mediante el enjuague de la cavidad bucal con agua. Del mismo modo, la biocapa de los conductos acuáticos de las unidades dentales no se expulsa mediante la limpieza de éstos con agua. Si este fuera el caso, esta capa quizás no se formaría inmediatamente. Es importante limpiar los conductos acuáticos de las unidades al comienzo del día, así como los instrumentos manuales utilizados de aire y agua mientras estén conectados al conducto después de cada visita de los pacientes. Tales procedimientos contribuyen con la eliminación de cualquier microbio que haya penetrado el instrumento durante el trabajo con el paciente y también proporciona al sistema acuático de la unidad

una pequeña cantidad de cloro proveniente desde los principales conductos acuáticos. En caso de una cirugía, sólo se debe utilizar la solución o el agua estéril.

Por otra parte, las barreras protectoras de los ojos, las máscaras y las cubiertas faciales sí funcionan como barreras en contra de los microbios que provienen de la cavidad bucal de los pacientes y de los aerosoles y los *sprays* del agua de las unidades dentales.

Algunas unidades dentales ofrecen la posibilidad de un suministro diferente de agua, a menudo conocido como sistema de agua limpia. Se une un envase diferente de agua a los conductos y se utiliza éste en vez de los abastecimientos municipales o de las aguas que fluyen hacia el lugar. Este sistema ha demostrado ser capaz de suministrar agua de gran calidad, pero sólo cuando el sistema fue desinfectado de forma rutinaria con *hipoclorito de sodio* diluido y se dispuso agua de alta calidad en un envase diferente.

La limpieza de los conductos acuáticos de la unidad con un desinfectante químico ha sido investigada en varias ocasiones. Existen algunas pruebas de que este enfoque, el cual utiliza *cloro*, funciona, aunque se necesitan estudio continuos que demuestren su eficacia, suficiencia y que no haya rastros del producto, además de que los efectos a largo plazo sobre la unidad y sobre la viabilidad de los microbios en la biocapa se comprueben. Siempre se debe

contactar primero con el productor del equipo antes de utilizar cualquier desinfectante sobre los sistemas internos de la unidad. (17)

## PROCESOS DE DESINFECCION DEL AGUA:

### HIPOCLORADORES

La selección de la forma en que el cloro es empleado para la desinfección de agua de un abastecimiento, está relacionada con los propósitos para los cuales se desea su aplicación, teniendo en cuenta las características y limitaciones de las sustancias en consideración, su disponibilidad, seguridad, facilidad de manejo, control de operación y costos relativos.

#### **HIPOCLORADORES:**

Los hipocloradores son en general aparatos de construcción sencilla, que se utilizan para la dosificación del hipoclorito en solución, con el objeto de desinfectar el agua. Sus componentes son: el "tinaco" que es donde se deposita la solución de hipoclorito (la capacidad de éstos varía entre 500-600 lt a 1,000-1,200 lt., siendo los últimos los más usados). El material de fabricación (en Guatemala) puede ser asbesto, cemento o fibra de vidrio. Otro componente es la manguera plástica flexible que es por donde pasa la solución de hipoclorito y finalmente la salida hacia el agua que se va a desinfectar. El hipoclorador debe ser colocado estratégicamente en el sistema con el objeto de lograr una

distribución uniforme así como una buena mezcla de la solución. Este es colocado sobre el tanque de distribución, cerca de la entrada de agua al tanque, para que la salida de la solución coincida o sea lo más cerca posible con la entrada del agua de la línea de conducción, para lograr una buena mezcla en un corto período de tiempo. Este tipo de hipoclorador funcionan a gravedad y con una carga constante, por lo que lo anterior no es aplicable a tanques metálicos elevados, por incomodidad o porque no es posible colocar el tinaco, y su operación y mantenimiento se dificulta. (7)

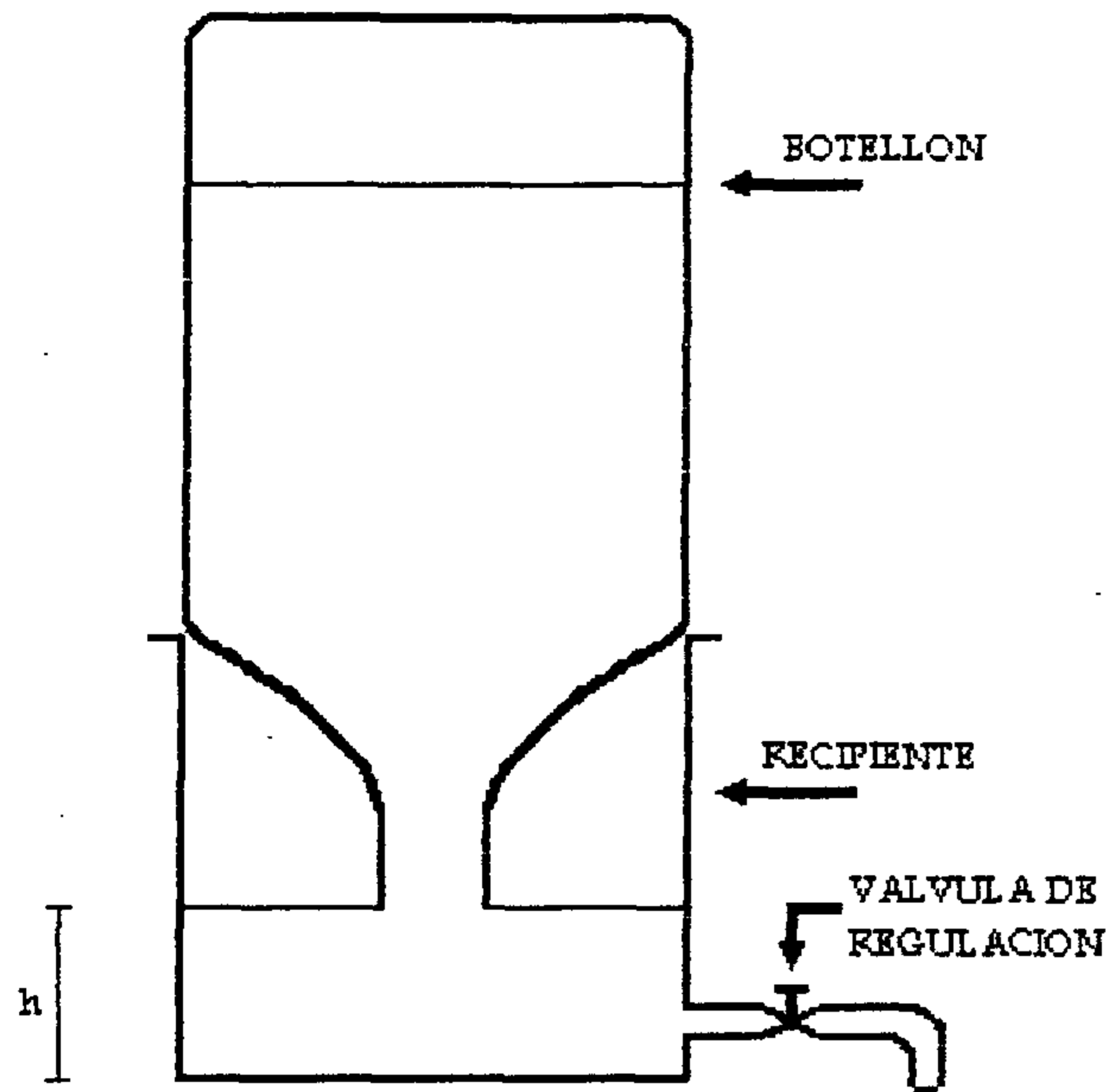
Un hipoclorador se puede considerar como bueno o eficiente cuando cumple con las siguientes premisas básicas:

- a) costo reducido
- b) exactitud
- c) fácil construcción
- d) una operación y mantenimiento sencillo

Actualmente existe una gran gama de dosificadores de hipoclorito o comúnmente llamados hipocloradores. Entre los cuales se destaca el más utilizado por cumplir las premisas anteriores:

## HIPOCLORADOR HIDRAULICO TIPO BOTELLON INVERTIDO:

Consiste en



un recipiente de vidrio en forma de botellón el cual está montado en una estructura en posición invertida, el cual entrega la solución a un recipiente de asbesto-cemento de una capacidad seleccionada y que conserva una altura constante respecto a la descarga y finalmente por tubería PVC se lleva la

solución al punto escogido de descarga, y que contiene además, una válvula de regulación.

## CLASES DE HIPOCLORITOS A EMPLEARSE:

Los hipocloritos más usados para la desinfección del agua son:

- a) HIPOCLORITO DE CALCIO  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ : Se encuentra bajo la forma de polvo blanco-amarillento granulado y en tabletas, conteniendo aproximadamente entre un 65% y 70% de cloro activo disponible en peso.
- b) HIPOCLORITO DE SODIO ( $\text{NaOCl}$ ) en solución: Se encuentra bajo la forma de solución al 10% de cloro activo, es un líquido levemente amarillento y denso.

## **PREPARACION DE LA SOLUCION:**

La preparación del hipoclorito de calcio o de sodio, debe hacerse en forma separada, utilizando para ello un tambo de 5 galones de capacidad u otro recipiente similar. El tambo o recipiente, se llena de agua y se le agrega la cantidad de hipoclorito requerida. Seguidamente, con una paleta, se procede a remover la solución, para diluirla bien. Luego se deja en reposo una hora aproximadamente, para que sedimente la parte inerte que pueda causar obstrucciones en el dosificador. Así, la solución clorada, se vacía en el tinaco, el cual está también lleno de agua para posteriormente alimentar al dosificador de solución de hipoclorito. La solución debe estar en contacto con el agua un tiempo mínimo de una hora, para lograr efectos esperados. (8)

## **TECNICA DE CLORACION DEL AGUA (según la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria ERIS, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería)(7):**

Esta técnica fue establecida por el Ingeniero Zenón Much Santos; y según la infraestructura de la red de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología se recomienda utilizar el hipoclorador hidráulico tipo botellón invertido:

1. Calcular la cantidad de cloro a utilizar, basándose en la siguiente fórmula, para obtener el límite máximo aceptable de cloro residual libre que establece la norma COGUANOR NGO 29 001: 0.5 mg/L:

$$Grs = \frac{C \times L}{\%cloro \times 10}$$

en donde grs.= gramos de hipoclorito

C= miligramos por litro deseados

(a) L= litros de agua (7)

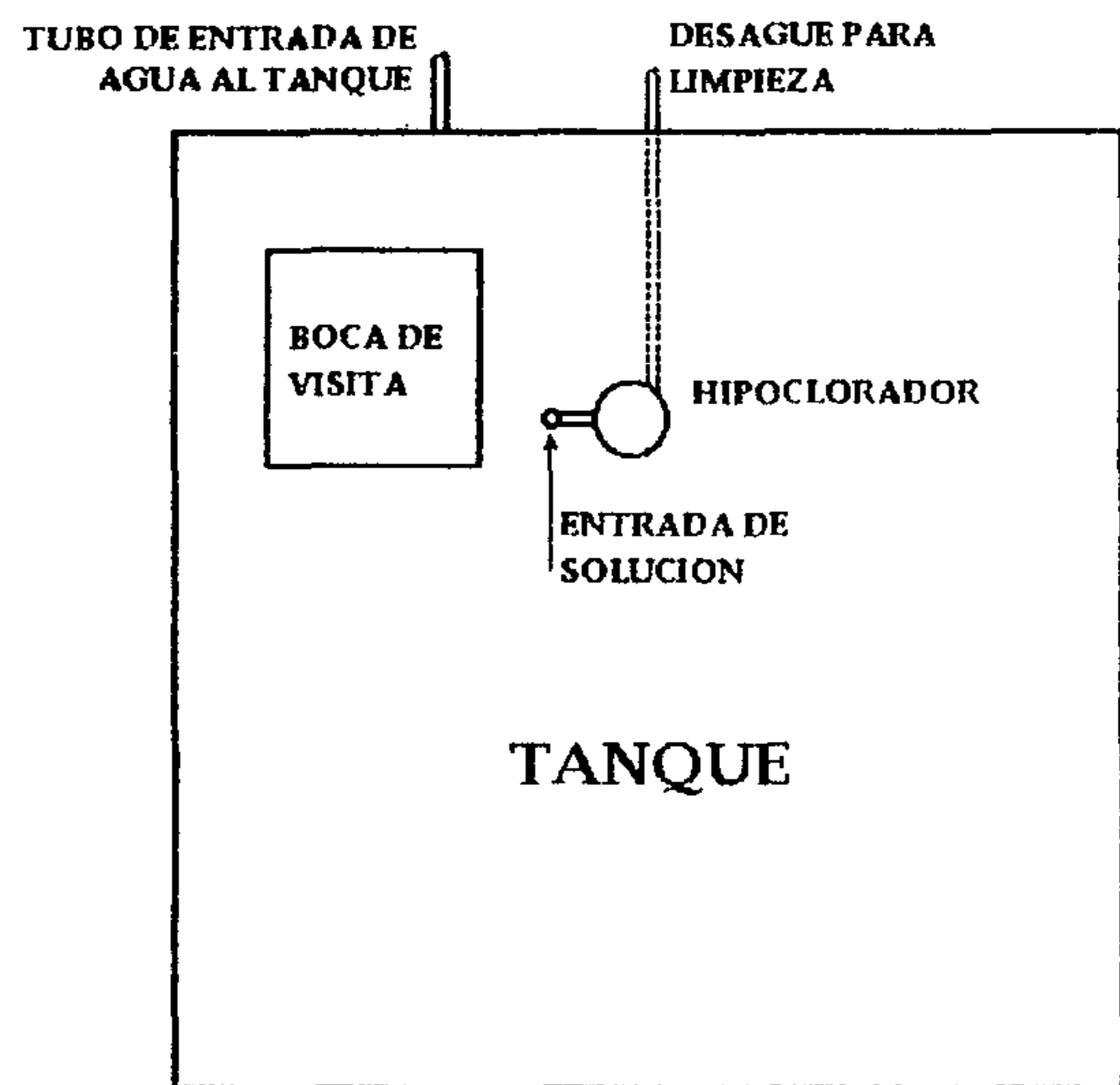
2. Aforar el depósito o botellón de 5 galones a utilizar (es decir, el hipoclorador hidráulico tipo botellón invertido), para saber en cuánto tiempo éste se vaciará.
3. Preparar la solución desinfectante: ésta debe hacerse en forma separada, utilizando para ello el botellón de 5 galones de capacidad u otro recipiente similar. El tambo o recipiente, se llena de agua y se le agrega la cantidad de hipoclorito requerida. Seguidamente, con una paleta, se procede a remover la solución, para diluirla bien. Luego se deja en reposo una hora aproximadamente, para que sedimente la parte inerte que pueda causar obstrucciones en el dosificador. Así, la solución clorada, se vacía en el tinaco, el cual está también lleno de agua para posteriormente alimentar al dosificador de solución de hipoclorito.

4. Se dejará dosificando la solución, ésta debe estar en contacto con el agua un tiempo mínimo de una hora, para lograr efectos esperados. (8)
5. Reducir la concentración de cloro a utilizar en los siguientes días, para no saturar el agua a ser tratada con concentraciones altas de cloro y mantener un nivel adecuado.
6. Recolectar muestras de agua para realizar los análisis bacteriológicos y físico-químicos: cloro residual libre, pH y temperatura del agua y para determinar su calidad

#### **PUNTO DE APLICACIÓN:**

La aplicación de la solución de hipoclorito en un sistema de agua debe hacerse siempre en el tanque de distribución, debido a la fácil operación y mantenimiento y accesibilidad. La caída de la solución de hipoclorito al tanque, debe ser sobre o lo más cercano posible de la entrada de agua de la conducción, para lograr una buena mezcla en un tiempo corto.

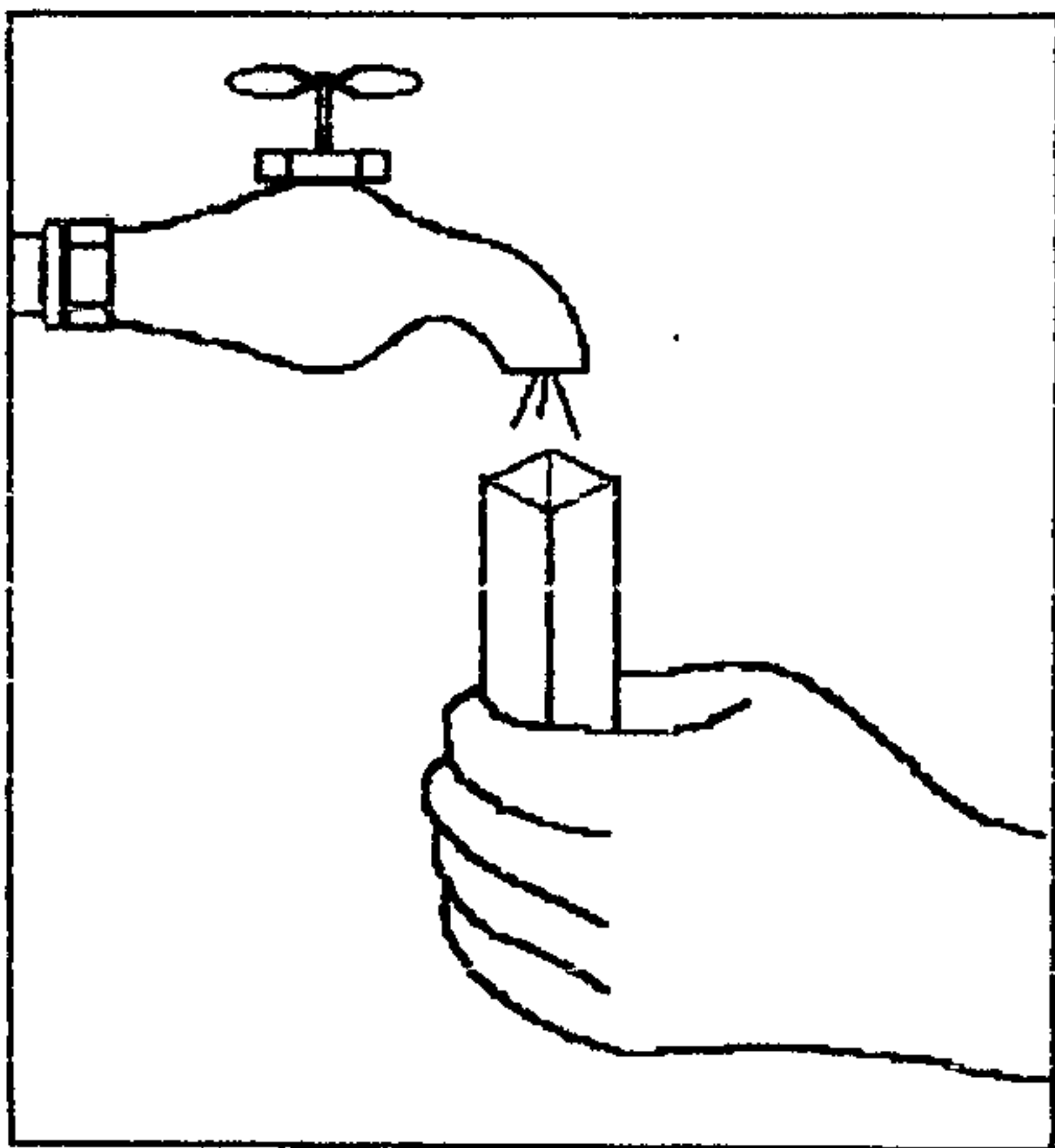
## PLANTA DE LOCALIZACION DEL HIPOCLORADOR



### ANALISIS QUIMICOS:

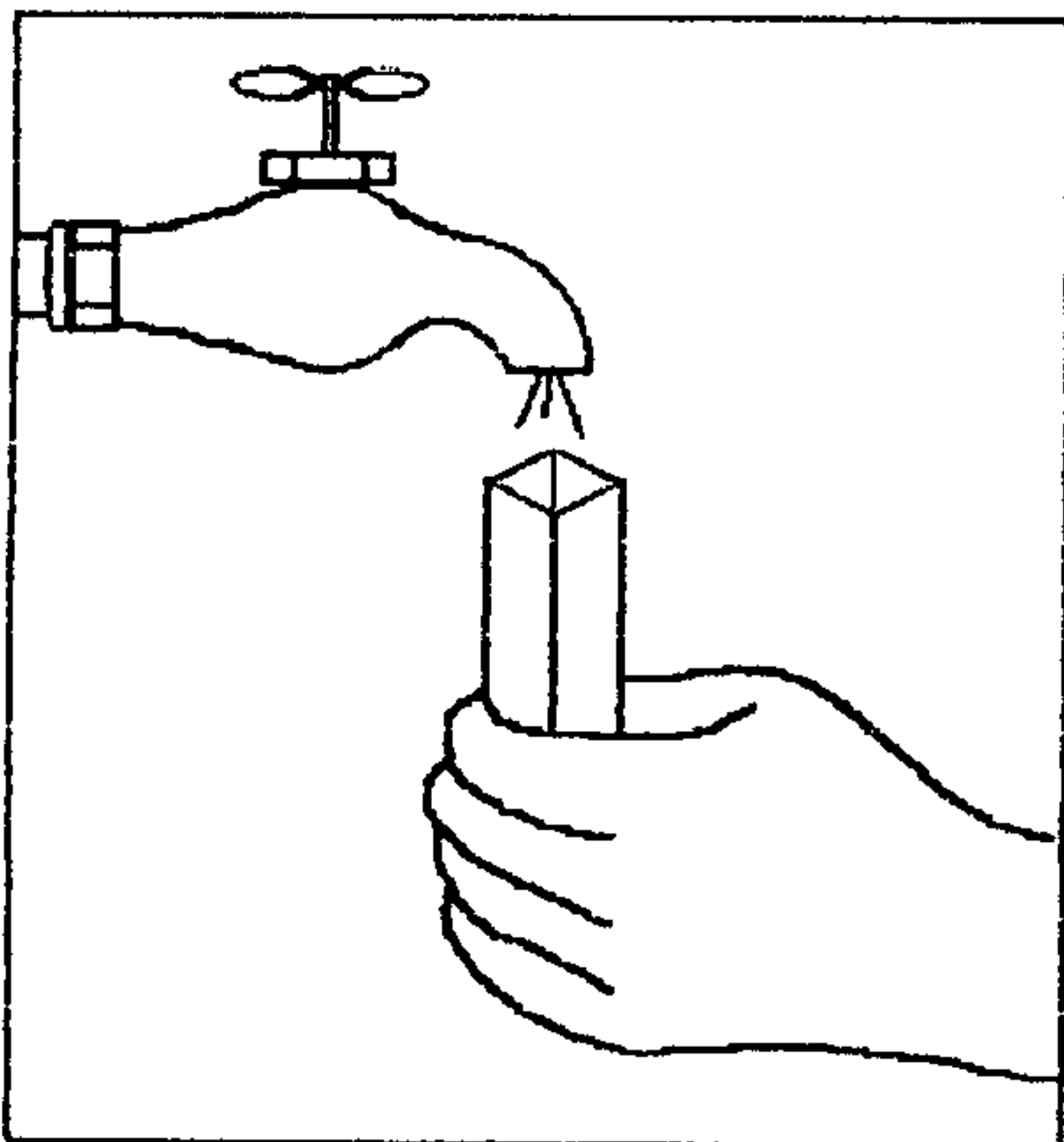
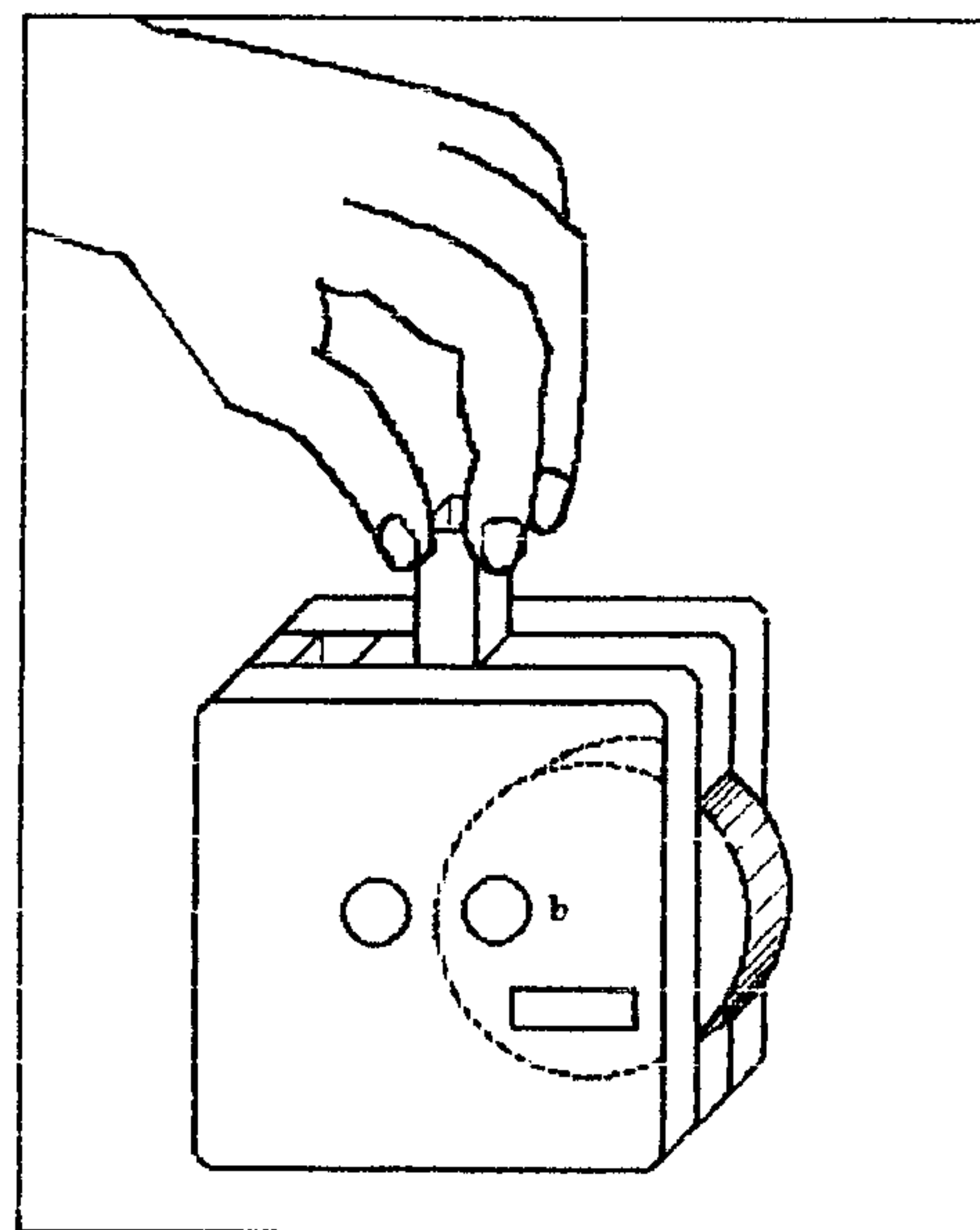
**CLORO RESIDUAL:** Es muy importante garantizar que cualquier abastecimiento de agua que sufra contaminación posterior a la salida del sitio de producción sea contrarrestada por el efecto residual del cloro como desinfectante. Las principales causas de esa contaminación son las conexiones cruzadas en las redes de distribución del agua: los tanques de almacenamiento. El hecho que exista en cualquier punto analizado de la red, cierta cantidad de cloro residual, es señal de seguridad en cuanto al estado microbiológico del agua.

## DETERMINACIÓN DE CLORO LIBRE

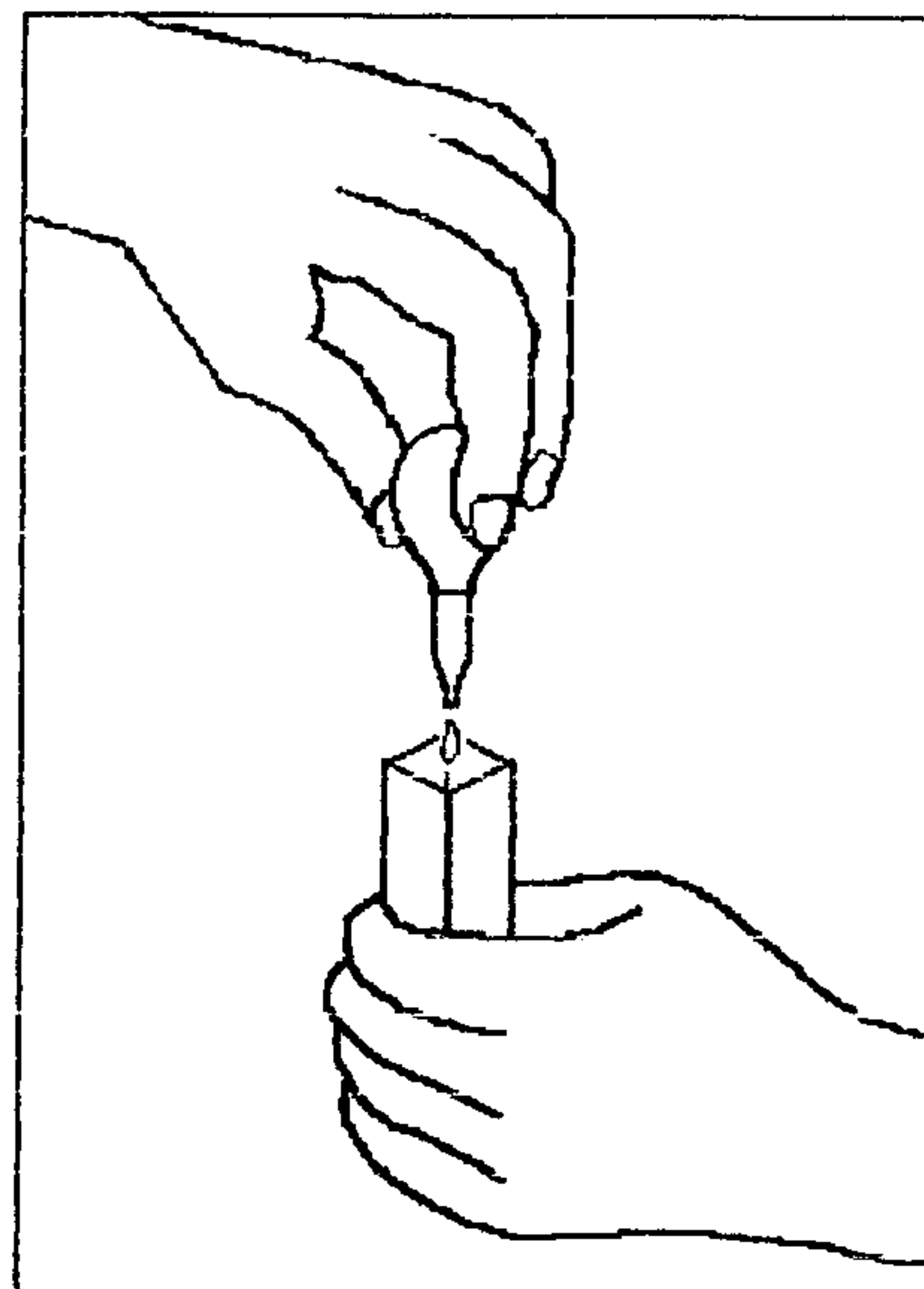


A. Enjuagar dos o tres veces y llenar una cubeta del comparador con la muestra de agua hasta la marca en la misma

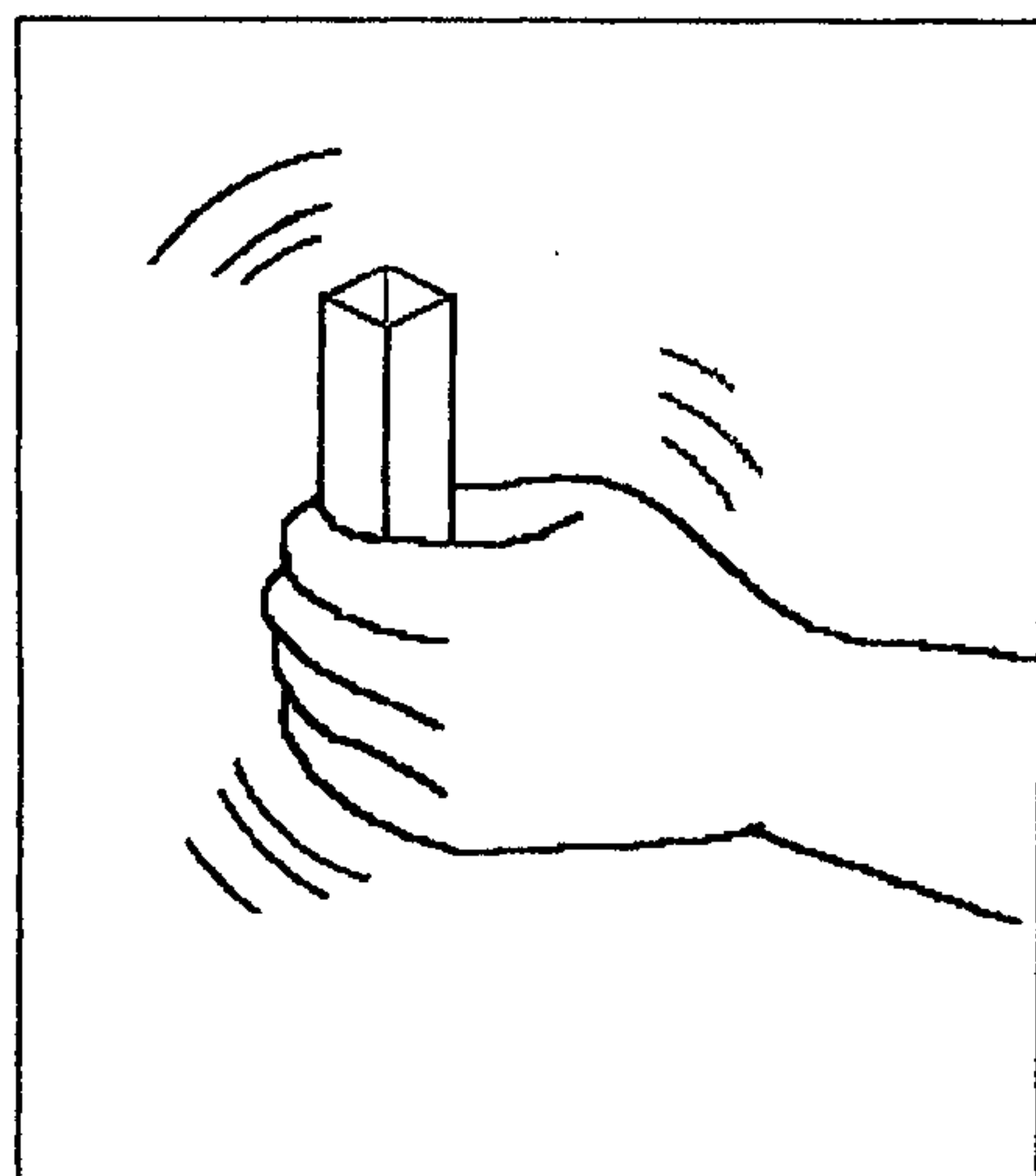
B. Colocar esta cubeta en el porta cubetas del comparador, que está en la línea de los patrones coloreados (b).



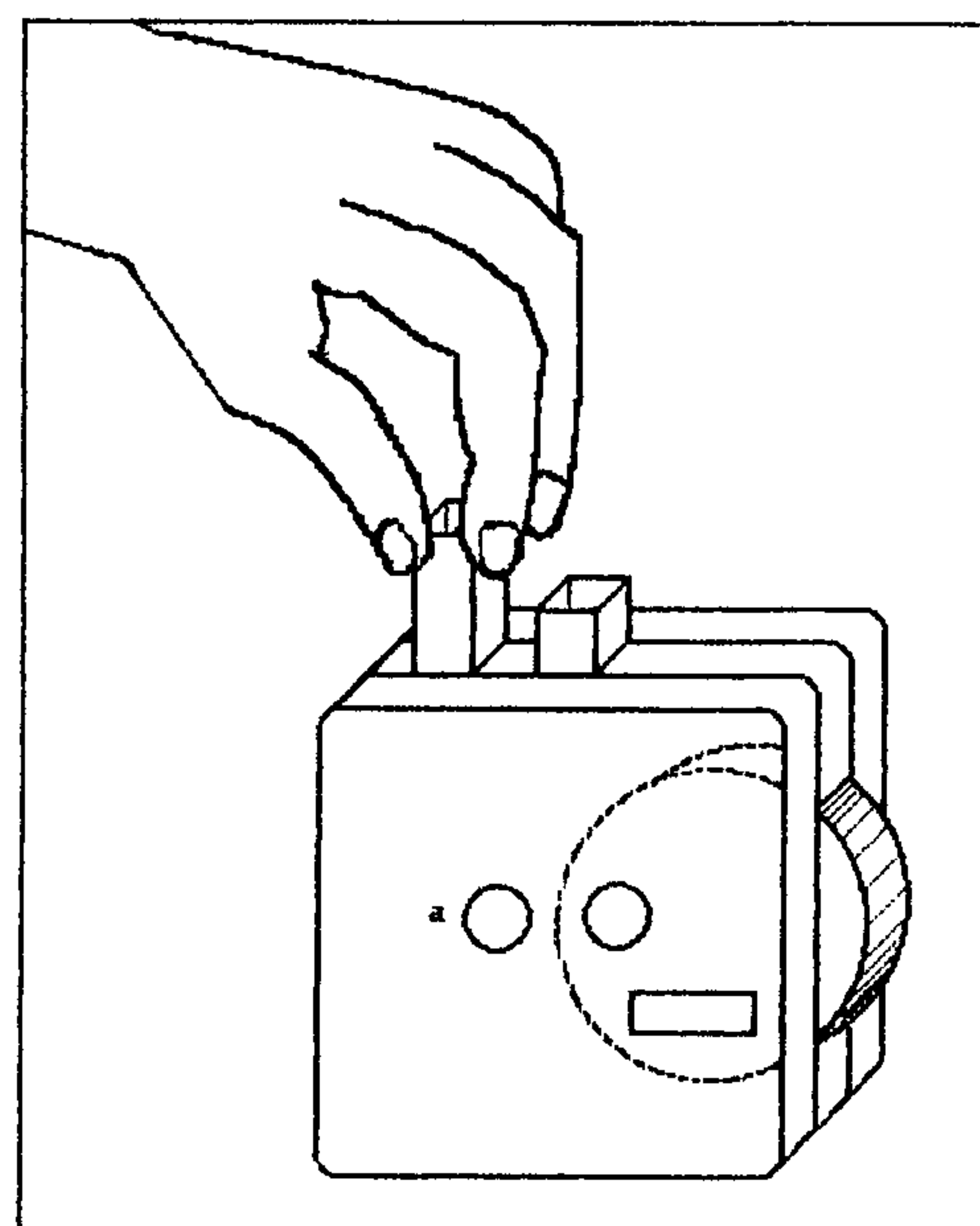
C. Enjuagar y llenar con la misma agua la segunda cubeta.



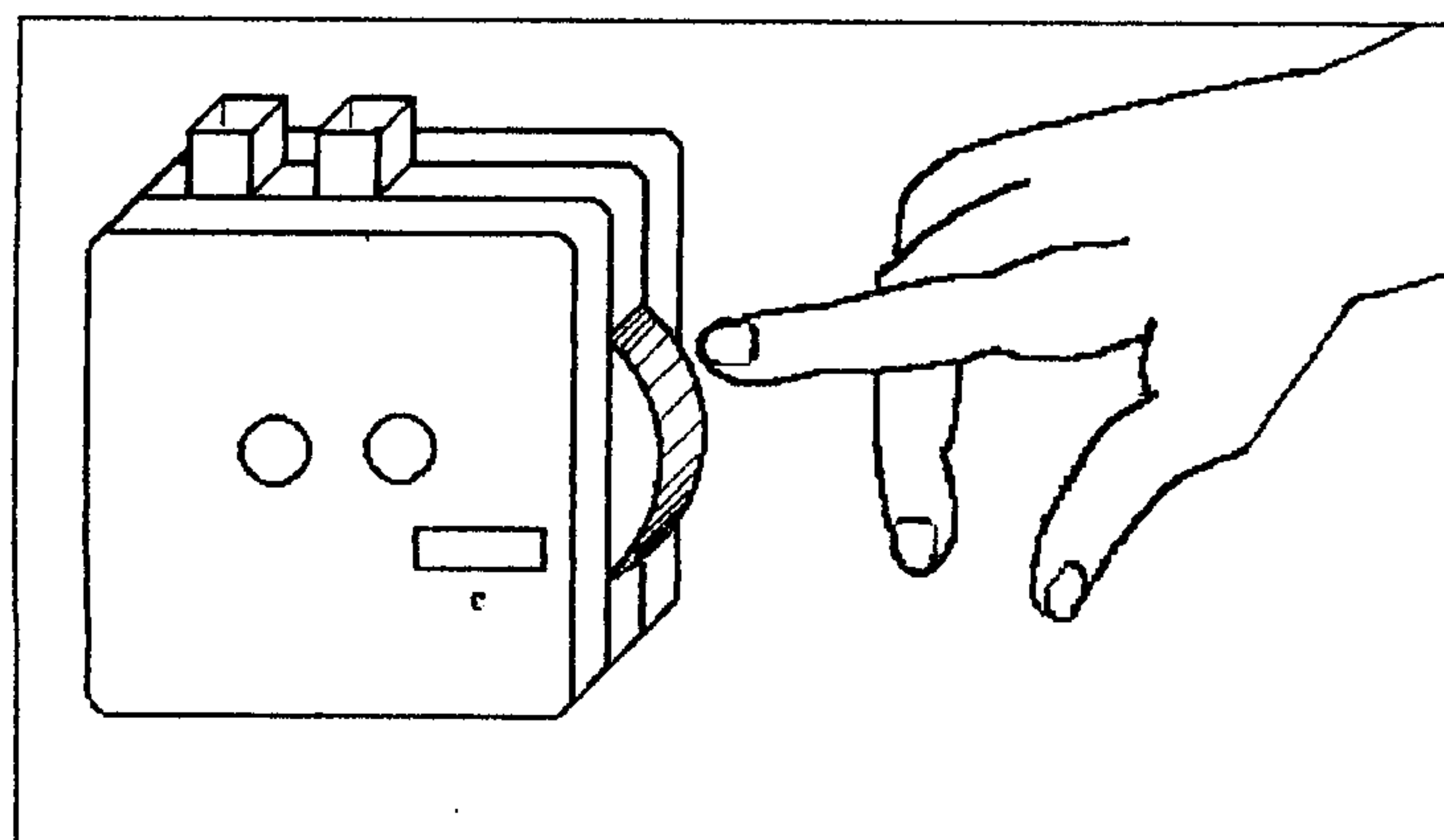
D. Agregar a la segunda cubeta el reactivo en la cantidad que aconsejen las instrucciones del fabricante.



E. Agitar la cubeta para mezclar el reactivo (no demorar más de 3 o 5 segundos)



F. Poner la cubeta en el comparador en la otra abertura(a).



G. Manteniendo el comparador frente a buena luz natural, rotar el disco hasta que el color de un patrón (b) sea igual al

desarrollado por el reactivo (a). Inmediatamente ( esto es antes de 20 segundos) leer en (c) el valor del cloro libre en mg/lit.

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL:

Determinar la calidad del agua de distribución de la Clínica Dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de la aplicación del método de cloración de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria .

## OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar la calidad del agua de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología, mediante pruebas bacteriológicas y físico-químicas, después de la aplicación del método de cloración de la ERIS.
- Verificar la eficacia del tratamiento por medio del método de cloración para el control de la calidad del agua de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología.
- Establecer un protocolo para el método de cloración para el control de la calidad del agua de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología.

## VARIABLES

### Independiente:

El agua de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.(1)

### Dependientes:

Pruebas bacteriológicas y fisicoquímicas a las muestras del agua de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

# DEFINICION DE VARIABLES

## INDEPENDIENTE

El agua que se almacena en la cisterna 1, la cual abastece a todo el edificio M-1, y que está contaminada con coliformes fecales y no presenta cloro residual libre en ella.(1)

## DEPENDIENTES

### **PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS:**

#### **□ Recuento de coliformes totales de cada muestra:**

Comprende todas las bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a  $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  en un período de 48 horas cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación.

#### **□ Ausencia o presencia de E. Coli de cada muestra:**

Que pertenece o no al grupo de los coliformes fecales, los cuales deben estar ausentes en la muestra. La Escherichia Coli, son las bacterias coliformes fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol

a 44°C ó 44.5°C con producción de gas. Es el indicador más preciso de contaminación fecal.

### **PRUEBAS FISICOQUIMICAS:**

□ **Potencial de Hidrógeno (Ph) de cada muestra:**

El cual mide la concentración de iones hidrógeno con límites máximos permisibles de 6.5 a 8.5.

□ **Temperatura de cada muestra:**

La cual nos indica el grado de calor de las muestras de agua, con un límite máximo permisible no mayor de 34°C.

□ **Cloro residual libre de cada muestra:**

Es aquella porción del cloro residual total que sea libre y sirve como medida de la capacidad para oxidar la materia orgánica, con un límite máximo permisible de 0.6 - 1.0 mg/litro.

## INDICADORES

### **RECuento DE COLIFORMES TOTALES:**

Mediante el método de los tubos múltiples de fermentación, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable (NMP) menor de 2.0 coliformes en 100 ml de agua, lo que se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para el consumo humano. (11)

Límite normal: NMP < de 2.0 coliformes totales por 100ml de agua.

### **AIslAMIENTO DE E. COLI:**

Debe haber ausencia de E. Coli (coliformes fecales), pues la presencia de éstos indican contaminación del agua. (11)

### **POTENCIAL DE HIDROGENO (Ph):**

Los límites máximos permisibles para la concentración de iones hidrógeno en el agua son de 6.5 – 8.5 (11)

**TEMPERATURA:**

El límite máximo permisible para la temperatura del agua es de 34 grados centígrados.(11)

**COLOR RESIDUAL LIBRE:**

El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre en el agua en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/l, y el límite máximo permisible es de 1.0 mg/l.(11)

## MATERIAL DE INVESTIGACION

- El agua de distribución almacenada en la cisterna 1 de la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio de muestras.
- Hipoclorador tipo botellón invertido (7)
- Resultados de los exámenes bacteriológicos
- Resultados de los exámenes físico-químicos (pH, temperatura, cloro residual libre)

# TECNICAS Y PROCEDIMIENTO

## TECNICA Y PROCEDIMIENTO DE CLORACION DEL AGUA (según la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria ERIS, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería):

Esta técnica fue establecida por el Ingeniero Zenón Much Santos; y según la infraestructura de la red de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología se recomienda utilizar el hipoclorador hidráulico tipo botellón invertido:

1. Después de obtener la autorización necesaria para trabajar en el estudio, se diseñó el hipoclorador hidráulico tipo botellón invertido, el cual se utilizó para dosificar la solución de hipoclorito de calcio al 65% en la cisterna 1 del edificio M-1 de la Facultad de Odontología, basándose en la técnica que recomienda la ERIS.
2. Se calculó el volumen de la cisterna para poder aplicar la siguiente fórmula y calcular la cantidad de hipoclorito de calcio que se aplicó al agua, para

obtener el límite máximo aceptable de cloro residual libre que establece la norma COGUANOR NGO 29 001: 0.5 mg/L:

$$Grs = \frac{C \times L}{\%cloro \times 10}$$

en donde grs.= gramos de hipoclorito

C= miligramos por litro deseados

L= litros de agua

$$Grs = \frac{1.5 \times 32,000}{65 \times 10} = 74 \text{ gramos de hipoclorito de calcio sólido al 65\%,}$$

- en donde:
- 1.5 mg/L es una medida estándar para éste estudio,
  - 32,000 litros es el volumen total de agua de la cisterna 1 que abastece a todo el edificio M-1 de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala,
  - 65 es el porcentaje de la concentración de hipoclorito de calcio
  - 10 es un factor constante en la fórmula.

3. Se aforó el depósito o botellón de 5 galones a utilizar, para saber en cuánto tiempo éste se vaciará.

4. Se preparó la solución desinfectante en el botellón de 5 galones, mezclando los 74 gramos de hipoclorito de calcio granulado con agua.
5. El estudio se realizó durante dos semanas consecutivas, empezando a dosificar la solución con 74 grs. de hipoclorito de calcio al 65%, el lunes 19/08/02 y el martes 20/08/02. El hipoclorador se activó diariamente a las 3:30pm con el objeto de que al día siguiente el agua de distribución amaneciera desinfectada.
6. Según las recomendaciones de la ERIS, la cantidad de hipoclorito de calcio a utilizar, se disminuyó a 38 grs., durante los días 21, 22, 23, 26 y 27/08/02, debido a que el gasto de agua diario de la cisterna son 18,000 litros aproximadamente y para que el agua no fuera saturada con la solución desinfectante.
7. Se diseñó una hoja de recolección de datos para anotar los resultados de cada muestra. Ver Anexo 2.
8. Las primeras tomas de muestras se realizaron el miércoles 21 y el lunes 26/08/02, a las 8:30 am, para lo cual se escogieron aleatoriamente cuatro puntos de distribución de la red:

- cisterna
- unidad antigua del área de Diagnóstico
- grifo del lavamanos del área de Cirugía
- grifo del lavamanos del área de Prótesis Total

Para la toma de las muestras se utilizaron dos recipientes: un frasco de vidrio esterilizado para las pruebas bacteriológicas y uno de plástico para las pruebas físico-químicas.

9. En los siguientes días del estudio (28, 29 y 30/08/02), hubo necesidad de aumentar la cantidad de hipoclorito de calcio a 57 grs., debido a que en las primeras muestras que se analizaron en días anteriores se encontró el cloro residual por debajo del límite establecido por la norma COGUANOR.
10. La tercera y cuarta recolección de muestras se realizaron de la misma manera a las 8:30 am el miércoles 28/08/02 y el lunes 02/09/02 sucesivamente.
11. Inmediatamente después de obtener cada una de las muestras, se analizaron en el Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de la ERIS de la Universidad de San Carlos de Guatemala; las cuales se sometieron al método de los *tubos múltiples de fermentación* para determinar la calidad bacteriológica.

12. Para la calidad físico-química de las muestras de agua se utilizaron los siguientes medios: el potenciómetro para medición de pH, termómetro de mercurio y medidor de cloro residual por método colorimétrico, y para la interpretación de los datos se utilizaron los indicadores descritos anteriormente (11,14).
13. Los datos de las pruebas bacteriológicas y físico-químicas, se anotaron en las fichas de recolección de datos diseñadas.
14. Con base a los resultados obtenidos al final del estudio se realizaron los cuadros estadísticos y gráficas, mediante los cuales se determinaron las conclusiones y recomendaciones, para el control de la calidad del agua de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## RECURSOS

### HUMANOS:

- Dr. Guillermo Escobar López, sub-director de Clínicas, Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Personal de mantenimiento de la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Personal del laboratorio químico y microbiológico de la Escuela Regional de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos.
- Br. Karina Espinoza Zacarías
- Dr. Oscar Stuardo Toralla de León (asesor de tesis)
- Dr. Alejandro Ruíz Ordoñez (revisor de tesis)
- Dra. Karla Fortuny de Alburez (revisora de tesis)

### FISICOS:

- Cisterna 1 que almacena agua para la distribución del edificio M-1 de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Hipoclorito de calcio granulado al 65%.

- Equipo de laboratorio de la ERIS (tubos para análisis, medios de cultivos, etc.)
- Frascos de vidrio para la recolección de muestras
- Potenciómetro para medición de pH
- Termómetro de mercurio
- Medidor de cloro residual libre por método colorimétrico
- Revelador del cloro residual en unidades DPD
- Botellón con capacidad para 5 galones y recipiente para preparar la solución de hipoclorito de calcio.
- Válvula de dosificación para el botellón.
- Agua para diluir el hipoclorito de calcio granulado en el botellón.
- Balanza o pesa para medir los gramos de hipoclorito de calcio.

## RESULTADOS Y DISCUSION

ANALISIS MICROBIOLOGICOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA OBTENIDAS DE LA RED DE DISTRIBUCION DE LA CLINICA DENTAL DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, DESPUES DE LA APLICACIÓN DEL METODO DE CLORACION DE LA ERIS

### RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES

CUADRO # 1

Coliformes totales NMP/100ml				
Lugar de toma de muestras Fecha	Cisterna	Unidad dental de Diagnóstico	Grifo de Cirugía	Lavamanos de Prótesis total
Miércoles 21/08/2002	<2	4	<2	<2
Lunes 26/08/02	2	<2	<2	<2
Miércoles 28/08/02	<2	<2	<2	<2
Lunes 02/09/02	<2	<2	<2	<2

Fuente: Fichas de recolección de datos.

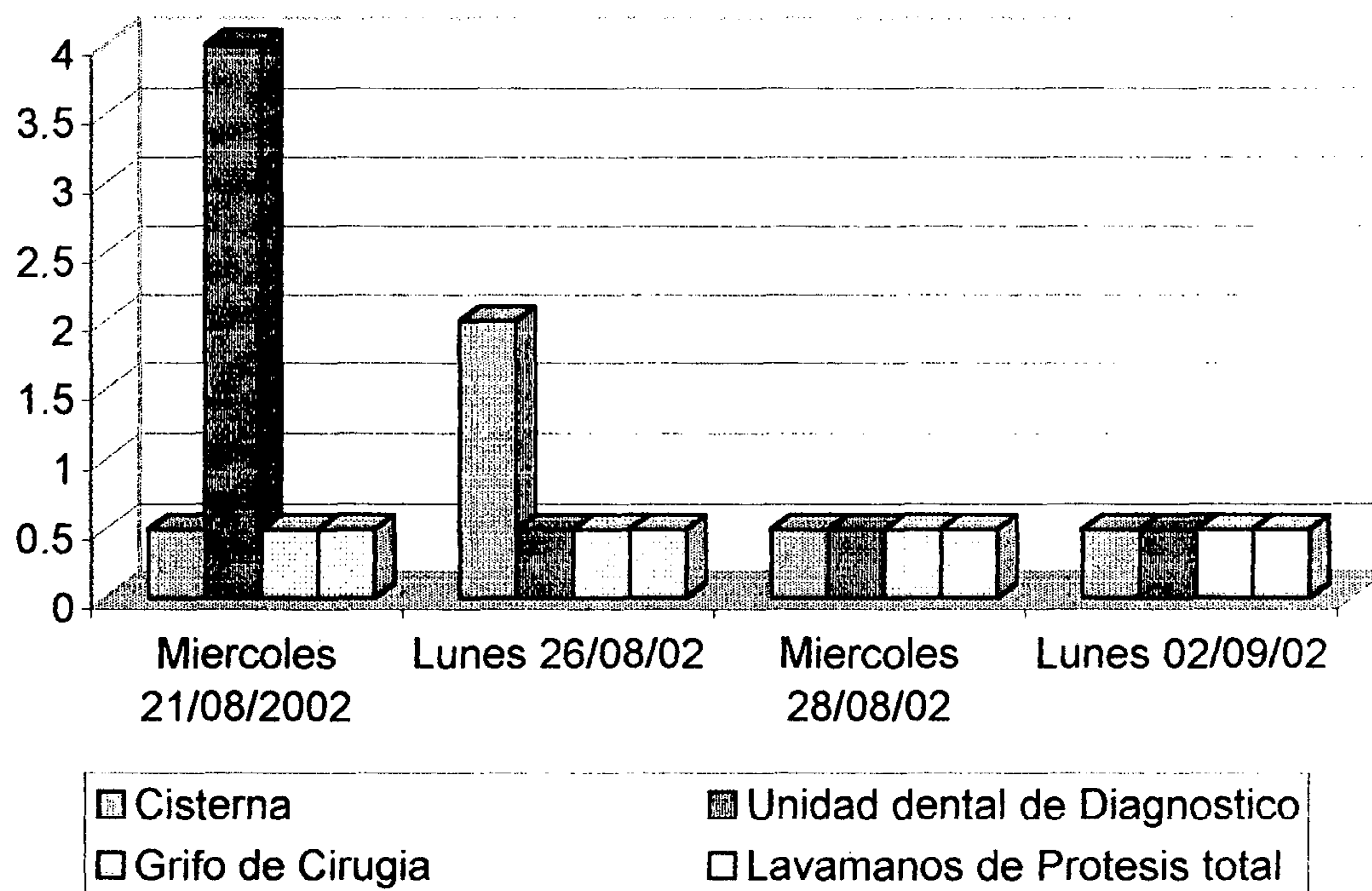
El primer día de la recolección de muestras de agua (miércoles 21/08/02), en la unidad dental del área de Diagnóstico se encontró contaminación de coliformes totales con un NMP de 4 coliformes por 100 ml de agua, el cual está por arriba del límite normal de la norma COGUANOR (11), esto califica al agua como no potable en ésta área. Esto se pudo deber a que eran los primeros días de cloración del agua, y debido a que éstas unidades son las más antiguas del edificio, casi no se usan, y el agua contaminada pudo haber estado estancada en sus conductos acuáticos y tuberías, o que haya presencia de la biocapa en sus conductos, lo cual indica la presencia de una fuente de microbios en el agua que fluye en la unidad (8).

El lunes 26/08/02 también se detectó presencia de coliformes totales en la cisterna con un NMP de 2 por 100 ml de agua; esto se pudo deber a que la solución de hipoclorito permaneció desde el viernes y que el fin de semana no hubo movimiento ni demanda de agua, o también pudo deberse a algún error en la recolección o siembra de la muestra.

En los dos siguientes días de recolección de muestras y análisis, se pudo observar que la contaminación del agua había desaparecido, pues el recuento de coliformes totales estuvo dentro del límite normal que la norma COGUANOR requiere(11), lo cual demuestra que debido a la dosificación diaria de solución

de hipoclorito de calcio al 65 % al agua de distribución de la clínica dental, la desinfección de la misma fue eficaz.

**Gráfica 1. Coliformes Totales NMP/100ml**



Fuente: Cuadro # 1.

## NMP DE COLIFORMES FECALES

CUADRO # 2

Coliformes Fecales NMP/100ml					
Fecha	Lugar de toma de muestras	Cisterna	Unidad dental de Diagnóstico	Grifo de Cirugía	Lavamanos de Prótesis total
	Miércoles 21/08/2002		<2	<2	<2
Lunes 26/08/02		<2	<2	<2	<2
Miércoles 28/08/02		<2	<2	<2	<2
Lunes 02/09/02		<2	<2	<2	<2

Fuente: Fichas de recolección de datos

El recuento de coliformes fecales en los cuatro días del análisis de todas las muestras resultó dentro del límite normal de la norma (NMP menor de 2 coliformes por 100 ml de agua) , esto demuestra que el agua de distribución de la clínica dental es apta para el consumo humano y para su uso en los distintos procedimientos y tratamientos que se realizan dentro de ella.

## AISLAMIENTO DE ESCHERICHIA COLI

CUADRO # 3

Aislamiento E. Coli				
Lugar de toma de muestras		Unidad dental de Diagnóstico	Grifo de Cirugía	Lavamanos de Prótesis total
Fecha	Cisterna			
Miércoles 21/08/02	negativo	Negativo	negativo	negativo
Lunes 26/08/02	negativo	Negativo	negativo	negativo
Miércoles 28/08/02	negativo	negativo	negativo	negativo
Lunes 02/09/02	negativo	negativo	negativo	negativo

Fuente: Fichas de recolección de datos.

No se encontró contaminación fecal con E. Coli en ningún día del estudio y en ninguno de los puntos de toma de muestras de la red de distribución de agua de la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

**ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA  
OBTENIDAS DE LA RED DE DISTRIBUCION DE LA CLINICA DENTAL  
DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN  
CARLOS DE GUATEMALA, DESPUES DE LA APLICACIÓN DEL METODO  
DE CLORACION DE LA ERIS**

**DETERMINACION DE LA TEMPERATURA**

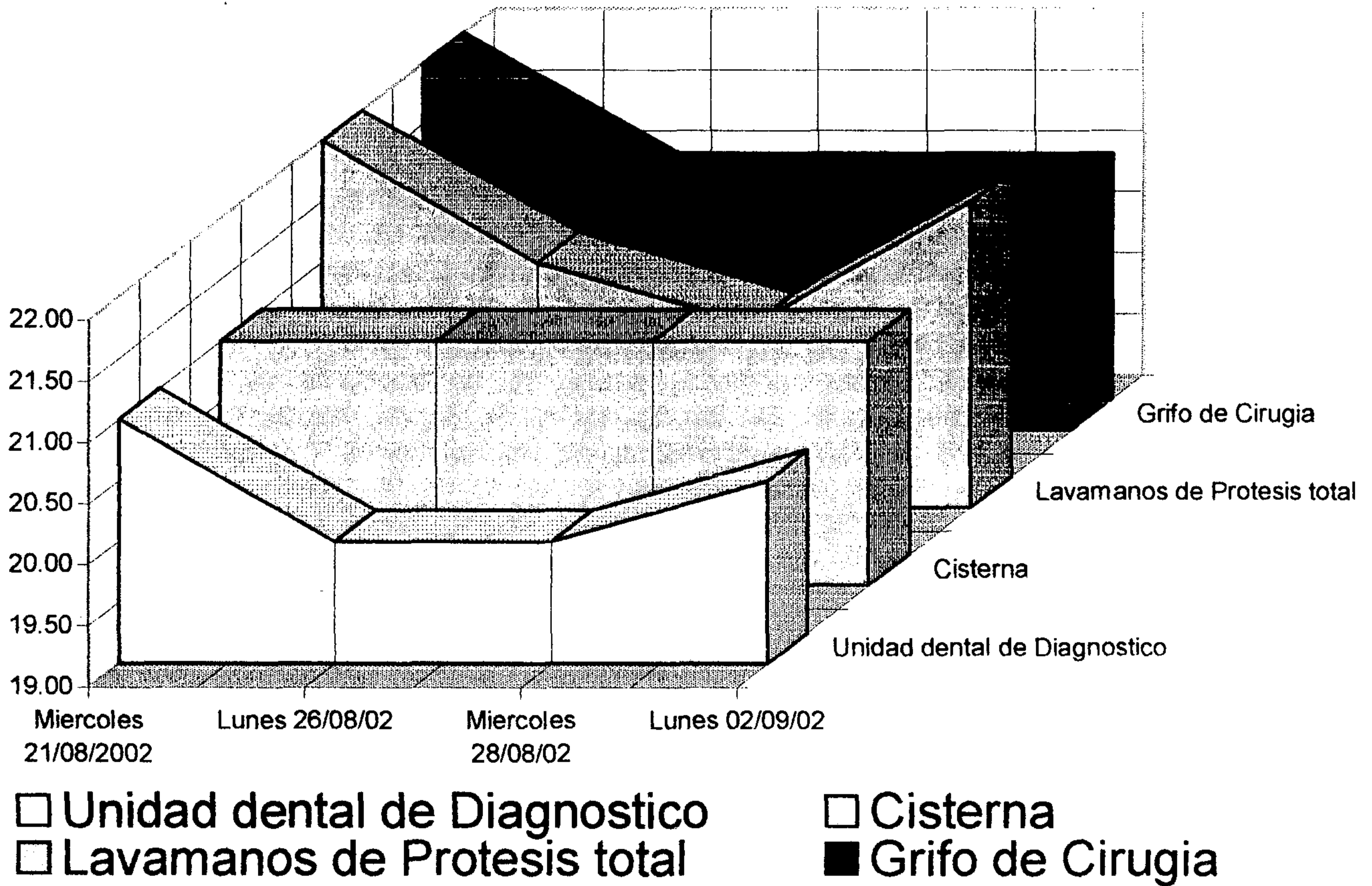
**CUADRO # 4**

Temperatura (°C)				
Lugar de toma de muestras Fecha	Cisterna	Unidad dental de Diagnóstico	Grifo de Cirugía	Lavamanos de Prótesis total
Miércoles 21/08/2002	21.00	21.00	22.00	22.00
Lunes 26/08/02	21.00	20.00	21.00	21.00
Miércoles 28/08/02	21.00	20.00	21.00	20.50
Lunes 02/09/02	21.00	20.50	21.00	21.50

Fuente: Fichas de recolección de Datos.

La temperatura de las muestras recolectadas los cuatro días en sus distintos puntos de distribución se mantuvo en un rango aceptable según la norma COGUANOR (11), encontrándose ésta la mínima en la unidad del área de Diagnóstico con 20°C y una temperatura máxima de 22°C en los grifos de los dos lavamanos del área de Cirugía y de Prótesis Total.

**Gráfica 4. Temperatura**



Fuente: Cuadro # 4

## DETERMINACION DEL POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)

CUADRO # 5

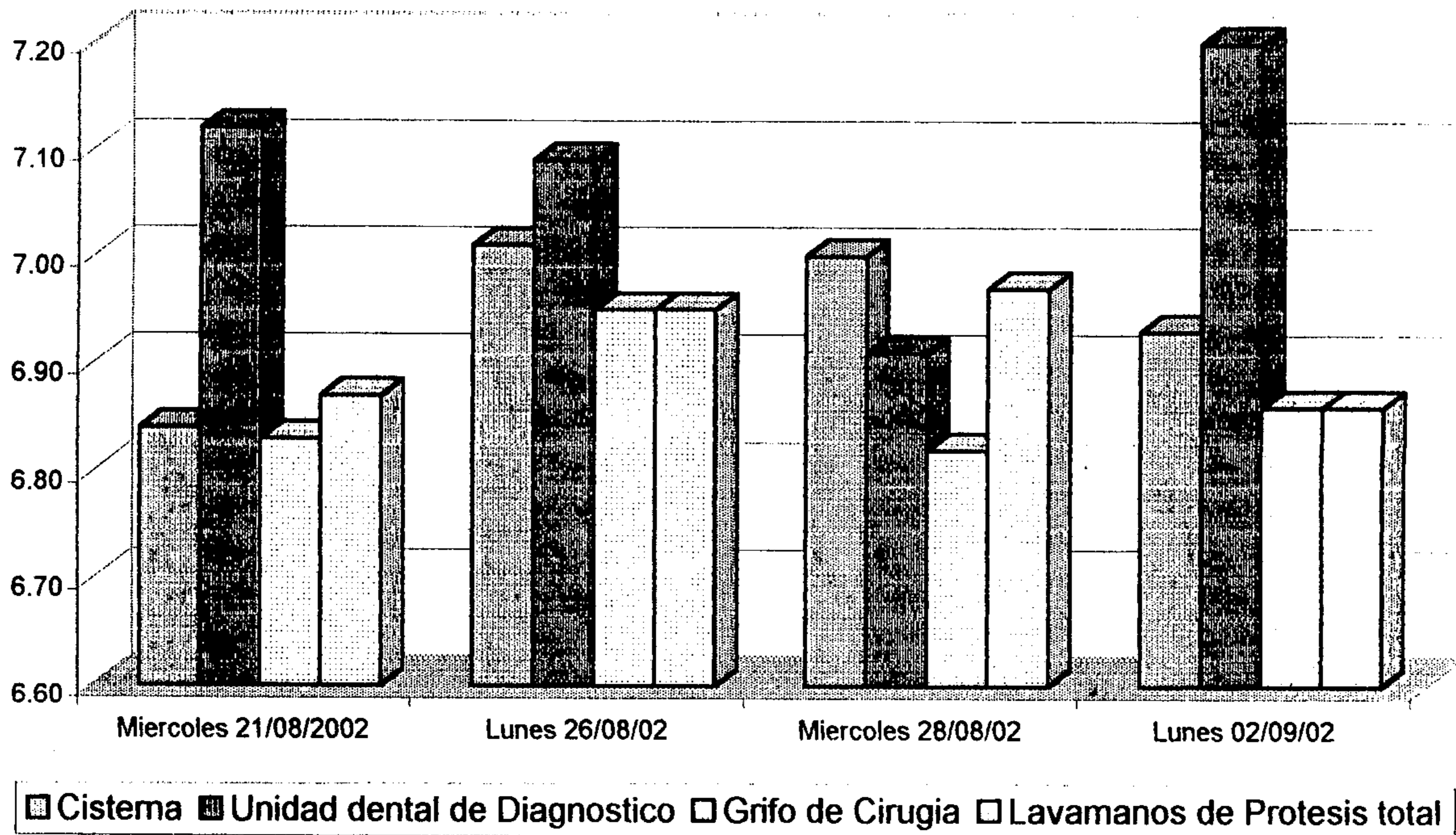
		Ph		
Lugar de toma de muestra		Unidad dental de Diagnóstico	Grifo de Cirugía	Lavamanos de Prótesis total
Fecha	Cisterna			
Miércoles 21/08/2002	6.84	7.12	6.83	6.87
Lunes 26/08/02	7.01	7.09	6.95	6.95
Miércoles 28/08/02	7.00	6.91	6.82	6.97
Lunes 02/09/02	6.93	7.20	6.86	6.86

Fuente: Fichas de recolección de Datos.

El comportamiento del pH de las distintas muestras analizadas en los diferentes puntos de distribución, permaneció dentro de los límites normales que establece la norma COGUANOR (11).

Algunos días en ciertos puntos el pH fue ligeramente ácido (dentro del rango establecido) debido a la concentración de la solución del hipoclorito de calcio en el agua, lo cual no afecta el comportamiento de las bacterias, ni la acción del cloro (11).

**Gráfica 5. PH de Muestras de Agua**



Fuente: Cuadro # 5

## DETERMINACION DE LA CANTIDAD CLORO RESIDUAL LIBRE

CUADRO # 6

Cloro Residual Libre (mg/Lt)				
Lugar de toma de muestra Fecha	Cisterna	Unidad dental de Diagnóstico	Grifo de Cirugía	Lavamanos de Prótesis total
Miércoles 21/08/2002	1.00	0.50	0.20	1.00
Lunes 26/08/02	1.00	0.20	0.70	1.00
Miércoles 28/08/02	0.80	0.50	0.50	0.50
Lunes 02/09/02	1.00	0.50	0.50	1.00

Fuente: Fichas de recolección de Datos.

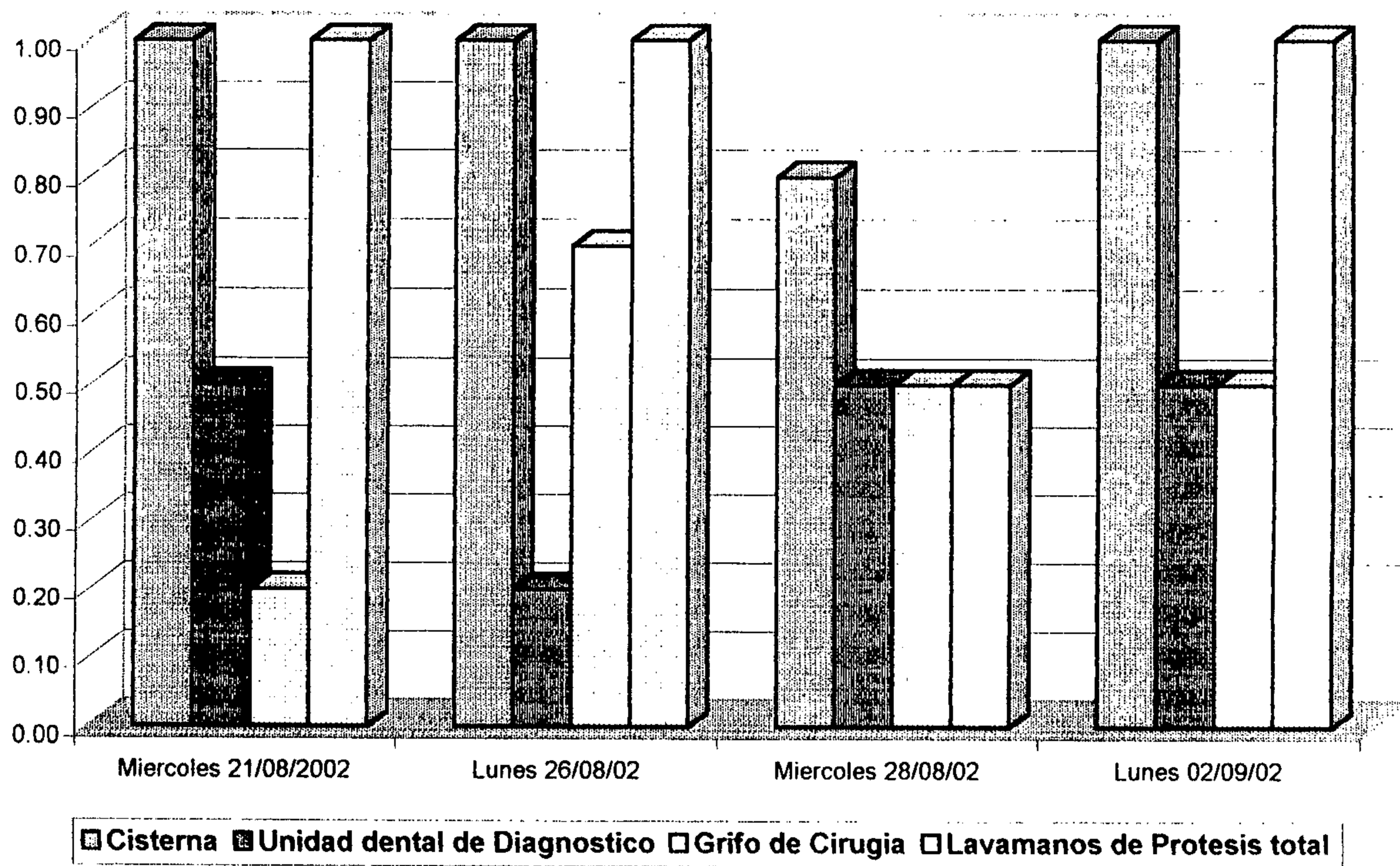
En cuanto al cloro residual de las muestras analizadas, se encontró que en todos los puntos de distribución estaba dentro del límite normal establecido por la norma COGUANOR (11). Aunque en la unidad del área de Diagnóstico, éste se encontró el primer día de análisis en un 0.2 mg/l, debido a que se tomó como muestra el primer poco de agua que estaba estancada hacía tiempo en la unidad, es decir agua contaminada sin haber recibido tratamiento de cloración; considerando esto se dejó correr el agua de la unidad durante varios minutos para que fluyera agua dentro de ella y pudiera llegar a ella el

agua que ya estaba siendo tratada en el estudio; después de este procedimiento se analizó de nuevo el agua y se observó que el cloro residual subió a 0.5 mg/L, el cual se considera dentro del límite normal en el punto más alejado de distribución, según la norma.

Lo mismo pasó el primer día de análisis en el grifo del área de Cirugía, en donde el cloro residual fue de 0.2 mg/L, debido a que no se dejó que el agua estancada fluyera para tomar la muestra con agua ya tratada; al dejar fluir el agua por algunos minutos y analizar la nueva muestra, se demostró que el cloro residual estaba dentro del límite, es decir 0.5mg/L.

Mientras que la máxima cantidad de cloro residual que se encontró en las muestras fue de 1mg/L, el cual se encontró casi todos los días del análisis del agua de la cisterna, debido a que la solución de hipoclorito de calcio al 65% fue aplicada directamente en ella.

**Gráfica 6. Cloro residual Libre (mg/l)**



Fuente: Cuadro # 6.

## CONCLUSIONES

- En los dos primeros días de muestreo, se encontró contaminación de coliformes totales en la unidad del área de Diagnóstico y en la cisterna de almacenamiento del agua de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos, lo cual calificó al agua como no potable y por lo tanto no apta para consumo humano. Después de los dos primeros días de estudio, no se encontró contaminación de coliformes totales.
  
- En todos los días de la recolección de muestras para análisis de coliformes fecales y aislamiento de E. Coli no se encontró presencia de coliformes fecales y los resultados para la presencia de E. Coli fueron todos negativos.
  
- El cloro residual libre de todas las muestras permaneció dentro de los límites establecidos por la norma COGUANOR NGO 29 001.

- La dosificación diaria de una solución de hipoclorito de calcio al 65% por el método de cloración de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, a la cisterna que almacena el agua de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, demuestra que mantiene los niveles de cloro residual libre establecidos por la norma antes mencionada, mejorando la calidad del agua y convirtiéndola en apta para el consumo humano, evitando y previniendo enfermedades infecciosas.
  
- Las propiedades físico-químicas del agua de distribución de la clínica, que se analizaron en éste estudio: temperatura, pH y cloro residual libre, se encontraron todas dentro de los límites normales que la norma COGUANOR 29 001 establece.
  
- Las enfermedades infecciosas que puede causar el agua utilizada directamente en los procedimientos dentales de los pacientes que asisten a la clínica dental de la Facultad de Odontología, pueden ser evitadas y prevenidas realizando un adecuado proceso de desinfección del agua mediante el método de cloración.

- El cloro es el desinfectante más importante que existe, debido a que reúne todas las ventajas requeridas, además de ser de fácil utilización y menos costoso que la mayoría de los otros productos o agentes desinfectantes disponibles; por lo tanto la cloración es el proceso más importante usado en la obtención de agua de calidad sanitaria segura y potable.

## RECOMENDACIONES

- Implementar permanentemente el método de cloración en el agua de distribución de la clínica dental de la Facultad de Odontología, establecido por la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en donde se aplique diariamente una solución dosificada de hipoclorito de calcio al 65% en la cisterna del edificio M-1, fuera del horario de trabajo.
- Establecer un programa en donde se controle la calidad del agua, mediante la realización de pruebas microbiológicas y fisicoquímicas cada tres meses con el fin de verificar si el método de cloración utilizado está dando los resultados deseados.
- Concientizar al odontólogo practicante de la importancia de aplicar medidas de prevención antes y después de trabajar con cada paciente, dejando fluir el agua y aire de los instrumentos manuales de alta velocidad y de la jeringa triple durante un mínimo de 20 a 30 segundos, éste procedimiento contribuye con la eliminación de cualquier material y/o microbios que hayan

penetrado al instrumento durante el trabajo con el paciente y también proporciona al sistema acuático de la unidad una pequeña cantidad de cloro proveniente de la red de distribución del agua del edificio M-1.

- Limpiar y desinfectar la cisterna del edificio M-1 cada año para mantener la calidad del agua de distribución. En ésta limpieza debería utilizarse desinfectantes como el cloro y cepillos para remover hongos y algas que se forman. Considerar la opción de aplicar a las paredes internas de la cisterna un recubrimiento adecuado a modo de que el tiempo de limpieza no sea tan frecuente.

## GLOSARIO

- Aforar:** Medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo. Calcular la capacidad de un recipiente, local, etc.
- Agua potable:** Es aquella que por sus características de calidad especificadas en la norma COGUANOR NGO 29 001, es adecuada para el consumo humano.
- Cloro residual libre:** Es aquella porción del cloro residual total que sea "libre" y que sirve como medida de la capacidad para oxidar la materia orgánica
- Eficacia:** Sust. Eficiencia: Virtud y/o facultad para lograr un efecto determinado o deseado.
- ERIS:** Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Grupo coliforme total:** Comprende todas las bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos; en éste se incluye el grupo coliforme fecal.

**Límite máximo aceptable (LMA):** Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud de los consumidores.

**Límite máximo permisible (LMP):** Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para consumo humano.

**NPM/ 100 ml:** Número más probable de bacterias coliformes en 100 ml de solución.

**PH:** Concentración de iones hidrógeno de una solución acuosa.

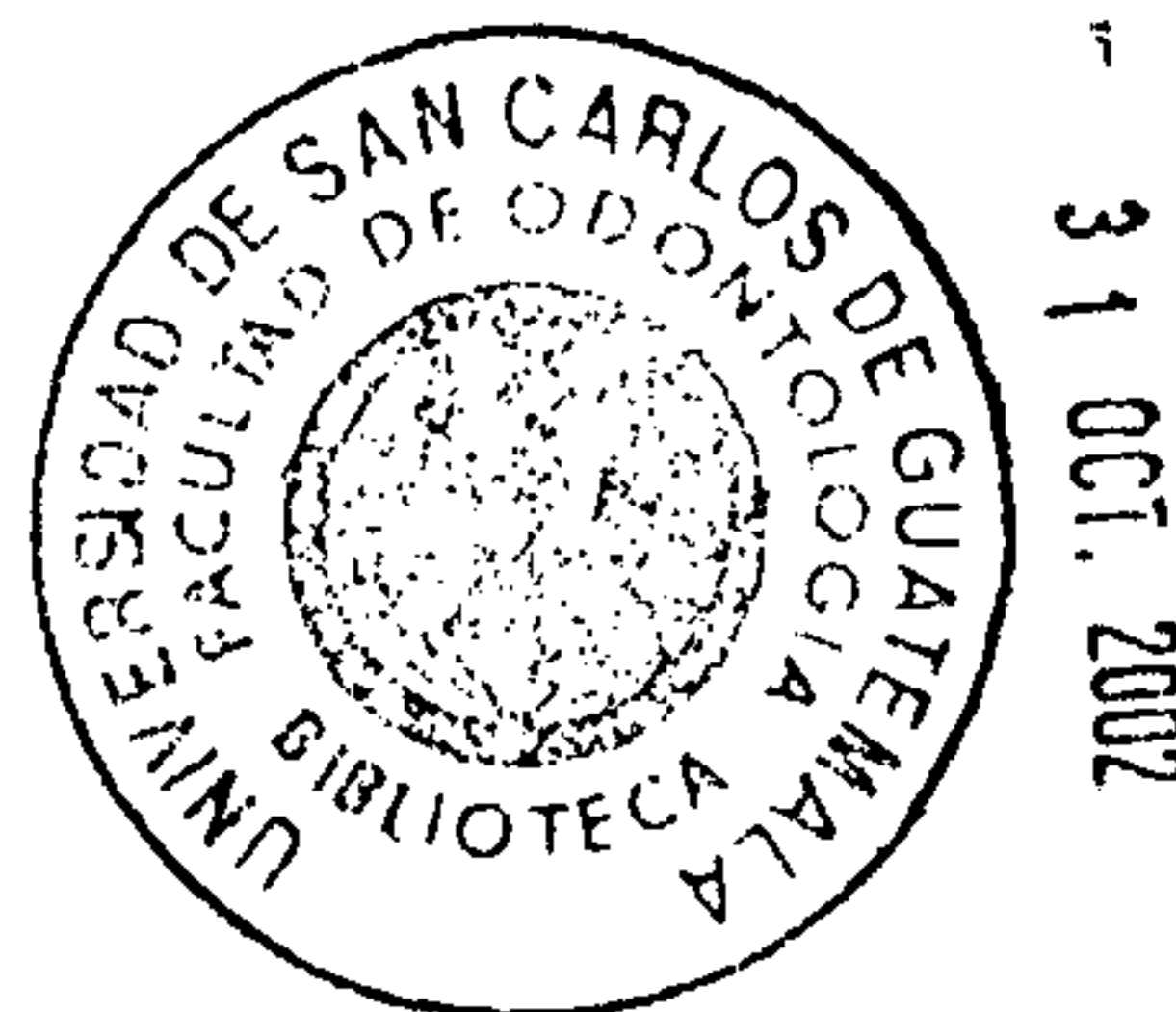
**Temperatura:** Grado de calor en los cuerpos.

**UFC/ ml:** Unidades formadoras de colonias por mililitro.

**UNT:** Unidad nefelométrica de turbiedad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Aguilar Montiel, Mario Enrique. - - Análisis bacteriológico y fisicoquímico del agua de distribución en la clínica dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala. - - Tesis (Cirujano Dentista) - - Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 2001. - - 84p.
2. Bellido, Abel y Luis Valencia, Ricardo Rojas. - - Calidad del agua en sistemas rurales de abastecimiento. En: Internet. <http://www.cepis.org.pe/> 12 de Abril del 2002.
3. Castro de Esparza, María Luisa. - - Uso del cloro para la desinfección del agua para consumo. Efectos en la salud humana. En: Internet. <http://www.ambiente-ecológico.com/revist57/cloro57.htm>. 12 de Abril del 2002.  
<http://www.cepis.org.pe/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt049.html> 12 de Abril del 2002.



4. Cloro y Toxicidad. En: Internet.

<http://www.ping.be/~ping5859/Es/CloroTox.Es.html> 12 de Abril del 2002.

5. CLOROSUR. El cloro en la industria. El cloro y la salud. En: Internet.

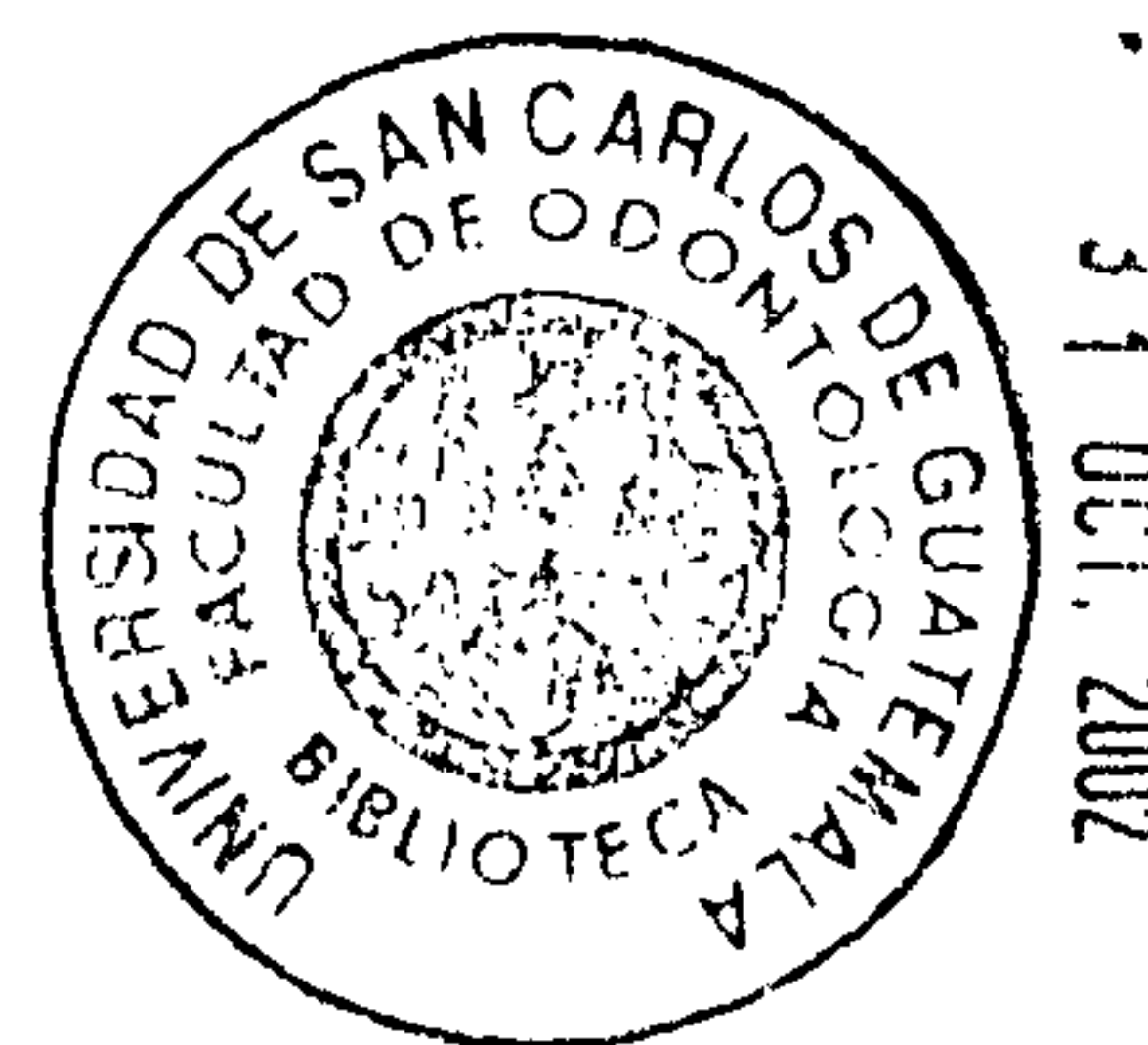
<http://www.clorosur.com/espanhol/productos.html> 12 de Abril del 2002  
<http://www.clorosur.com/espanhol/beneficios.html> 12 de Abril del 2002.

6. Christman, Keith. A. - - Cloro. Calidad del Agua: Desinfección Efectiva.

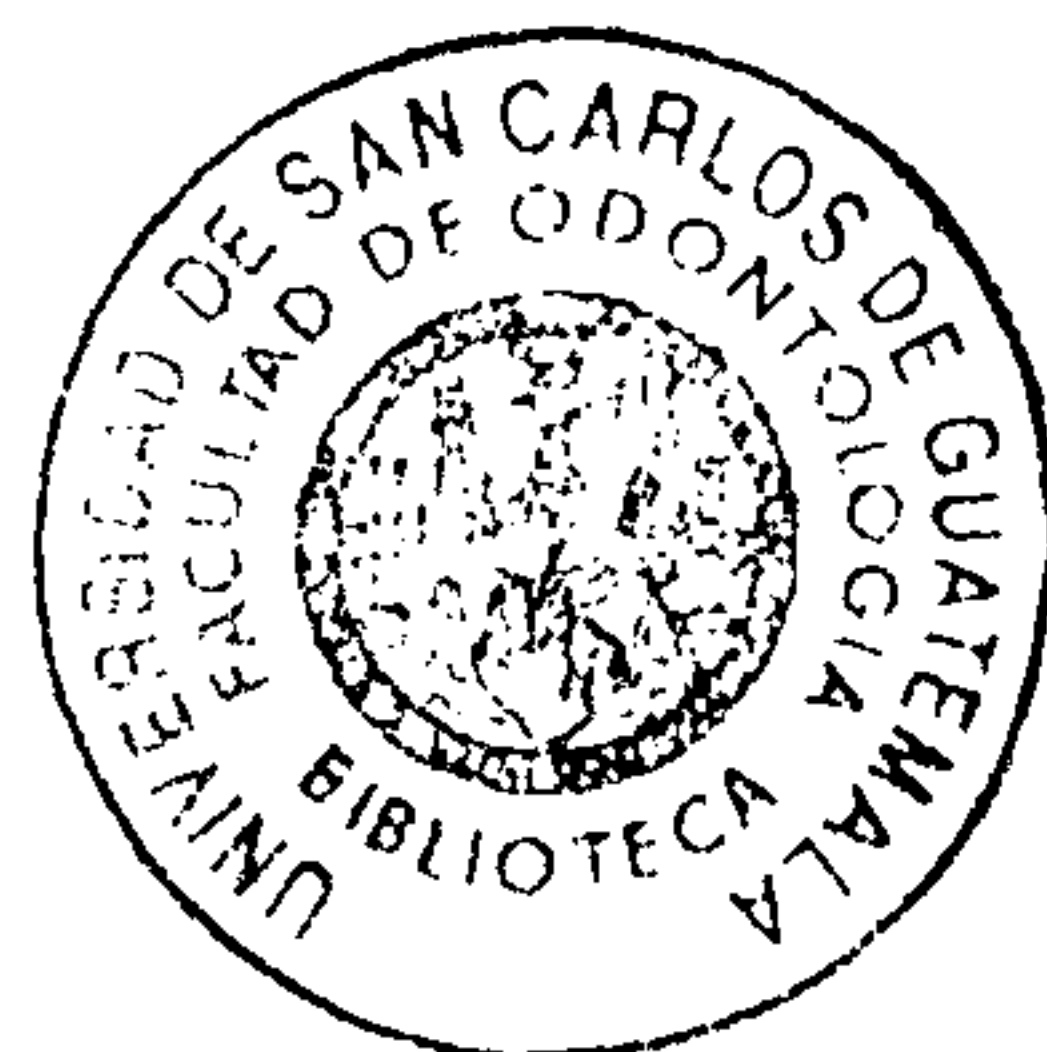
En: Internet. [http://C3.org/chlorine\\_knowledge\\_center/whitepaper10-98.html](http://C3.org/chlorine_knowledge_center/whitepaper10-98.html) 12 de Abril del 2002.

7. Chuy Vides, Walter Omar. - - Hipocloradores. - - Universidad de San Carlos,

Facultad de Ingeniería, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, Guatemala, 1990 pp. 6-40.

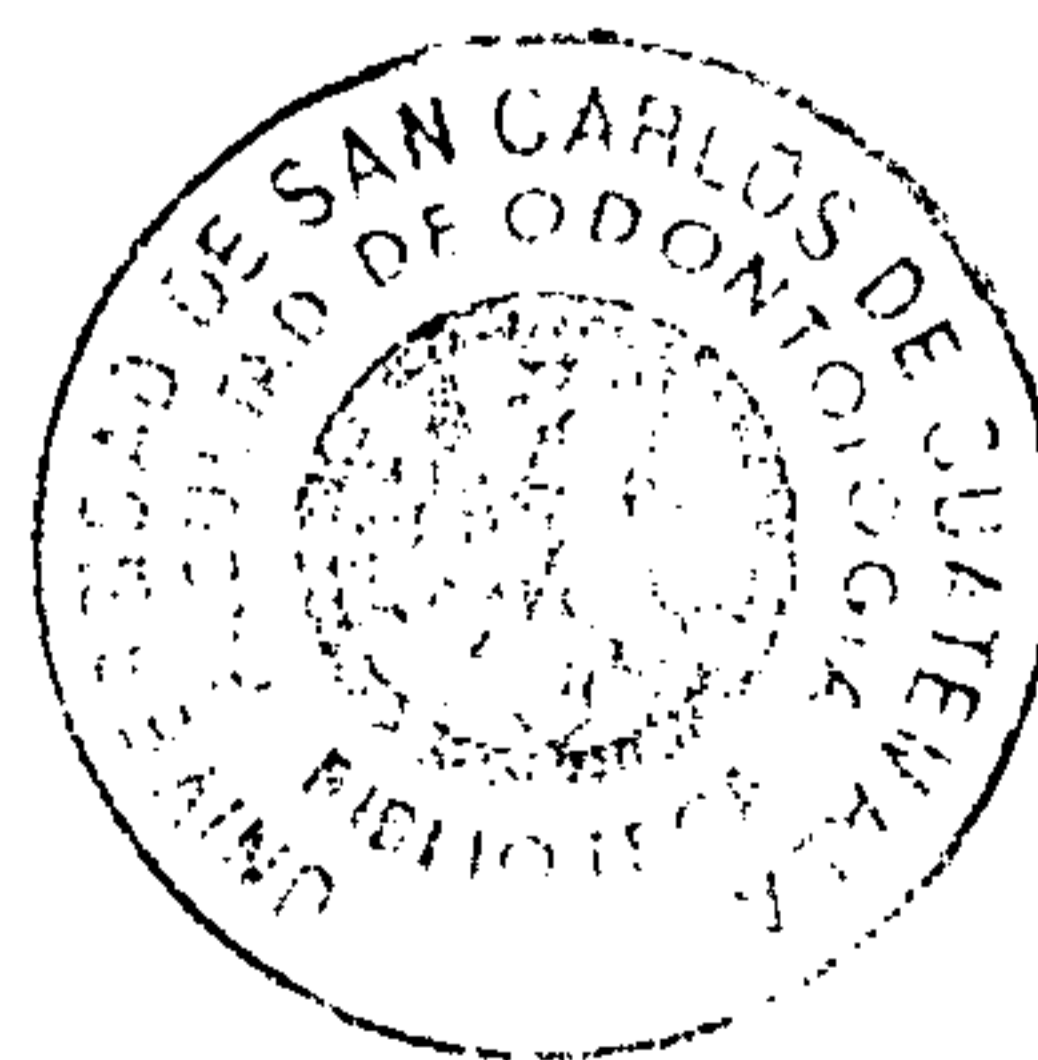


8. Dental Office Issues. Infection Control & Dental Unit Waterline Safety. En:  
Internet. <http://www.ada.org/prof/prac/issues/statements/lines.html>  
30 de Enero del 2002.
9. Dental Unit Waterlines. En: Internet.  
<http://ddschan.com/TheLibrary/DentalUnitWaterlines.htm> 30 de  
Enero del 2002.
10. Dental Unit Waterlines Safety. En: Internet.  
<http://hivdent.org/infctl/water2.htm> 30 de Enero del 2002.
11. Guatemala. Ministerio de Economía. - - Agua potable. Especificaciones. - -  
Comisión Guatemalteca de Normas, COGUANOR, NGO 29 001. - -1999. - -  
- pp. 1-4
12. Guía para la calidad del agua de bebida: Control de calidad del agua de  
bebida en suministros de pequeñas comunidades. - - Guatemala: Escuela  
Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, OMS, 1996. - -  
Vol. 3, pp. 56-79 y 241-245.



31 OCT. 2002

13. Guías para la calidad del agua potable: Criterios relativos a la salud y otra información de base. - - Washington, D. C. : OPS, 1987. - - Vol. 2, pp. 3-12.
14. Guías para la calidad del agua potable: Recomendación. - - 2ª ed. - - Ginebra: OMS, 1995. - - Vol. 1, pp. 21, 47, 130-150.
15. Handerber, W.A. - - Water Supply and Purification. - - Sermaton, Pensilvania : Editorial International, . Texi Book Company, 1941. - - pp. 205-305.
16. Introducing Dental Unit Filters. En: Internet.  
[http://www.aquatechnology.net/free\\_dental\\_filters.htm](http://www.aquatechnology.net/free_dental_filters.htm). 30 de Enero del 2002.
17. Milleri, Chris.H. - - Microbios en las unidades dentales. - - En: Internet.  
[http://bvs.sld.cu/revistas/est/vol33\\_3\\_96/est1039.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/est/vol33_3_96/est1039.htm). 12 de Abril del 2002.



31 OCT. 2002

18. Preface to ADA Statement o Dental Unit Waterlines. En: Internet.

<http://www.ada.org/prof/prac/issues/statements/lines.html>. 30 de

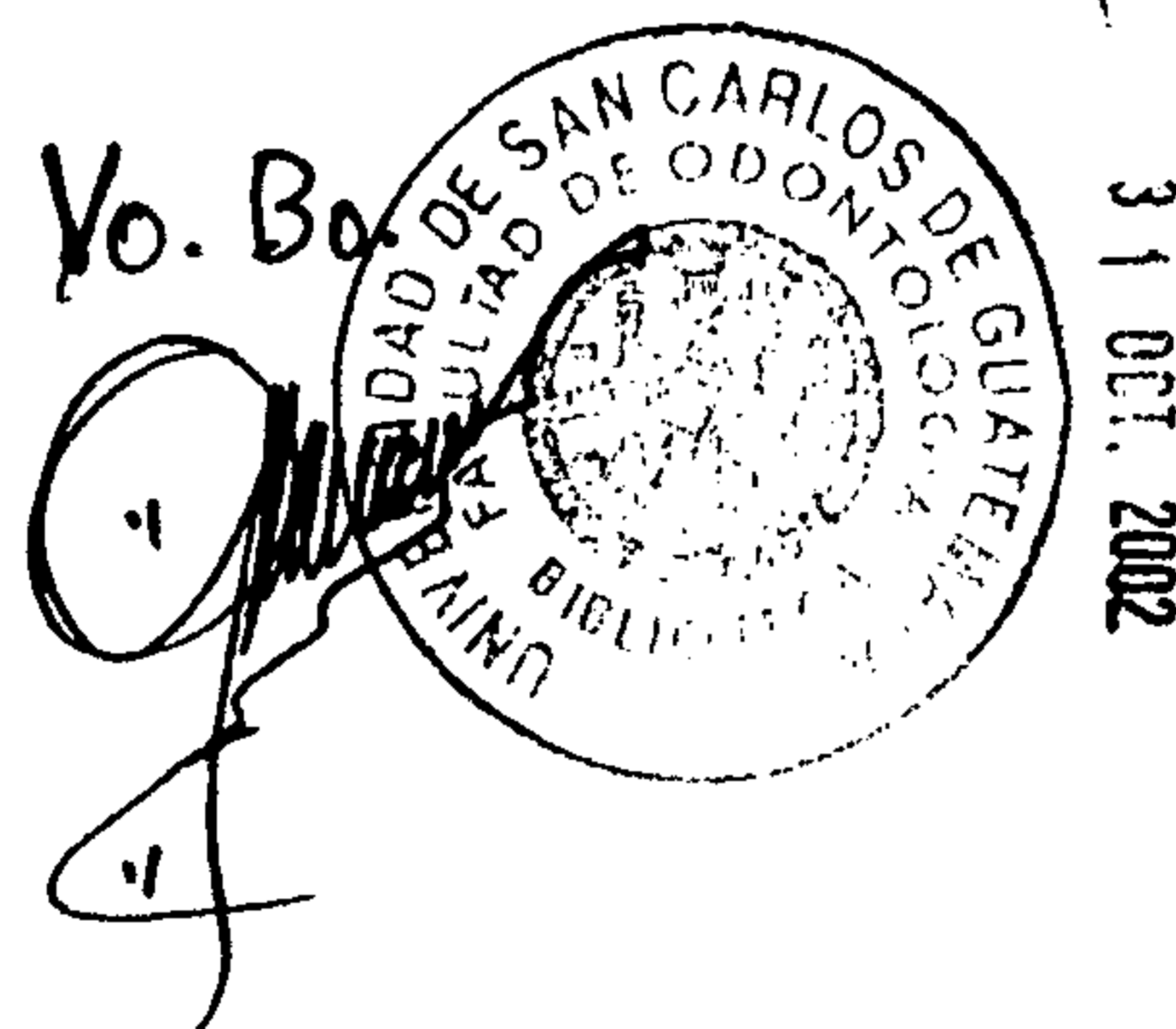
Enero del 2002.

19. Suasnávar, María Montserrat. - - Determinación de la calidad del agua de los

laboratorios de la Universidad de San Carlos de Guatemala y sus posibles

tratamientos. - - Tesis (Ingeniero Químico) - - Guatemala, Universiad de

San Carlos, Facultad de Ingeniería, 2000. 48p.



"ANEXOS"

**PROTOCOLO PARA EL METODO DE CLORACION DEL  
AGUA DE DISTRIBUCIÓN DE LA CLINICA DENTAL DE LA  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA USAC, DE  
ACUERDO A LA ERIS**

1. Para llevar a cabo éste método es necesario diseñar un hipoclorador tipo botellón invertido, para dosificar diariamente la cisterna 1 del edificio M-1 con una solución desinfectante de hipoclorito de calcio al 65%.
2. En un recipiente con capacidad de 5 galones se mezclan durante los primeros tres días de tratamiento 74 gramos de hipoclorito de calcio al 65% granulado en agua, se diluye bien la solución y se deja reposar durante 45 minutos aproximadamente.
3. Vaciar en el botellón invertido la solución desinfectante y dejar el hipoclorador dosificando la cisterna durante toda la tarde, después de las 3:30 pm , para que al siguiente día el agua amanezca desinfectada.
4. Después del tercer día de tratamiento, la cantidad de hipoclorito de calcio se disminuye a 57 gramos, con el fin de no saturar el agua con la solución; éste procedimiento se realizará todos los días de la semana.

5. Para tener un control adecuado y permanente de la calidad del agua, es necesario solicitar la colaboración de la ERIS para realizar análisis bacteriológicos y físico-químicos (temperatura, pH y cloro residual) del agua cada tres meses, para verificar si el tratamiento de desinfección está dando los resultados adecuados.



LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA  
CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12

MUESTRA RECOLECTADA EN: \_\_\_\_\_

FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: \_\_\_\_\_

FECHA Y HORA DE LLEGADA: \_\_\_\_\_

EXAMEN BACTERIOLÓGICO

PRUEBAS NORMALES Cantidad Sembrada	PRUEBA PRESUNTIVA Formación de Gas 35°C	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		Total 35°C	Fecal 44.5°C
10.0 ml			
1.0 ml			
0.1 ml			
Resultado: Número Más probable de Gérmes coliformes/ 100 ml			

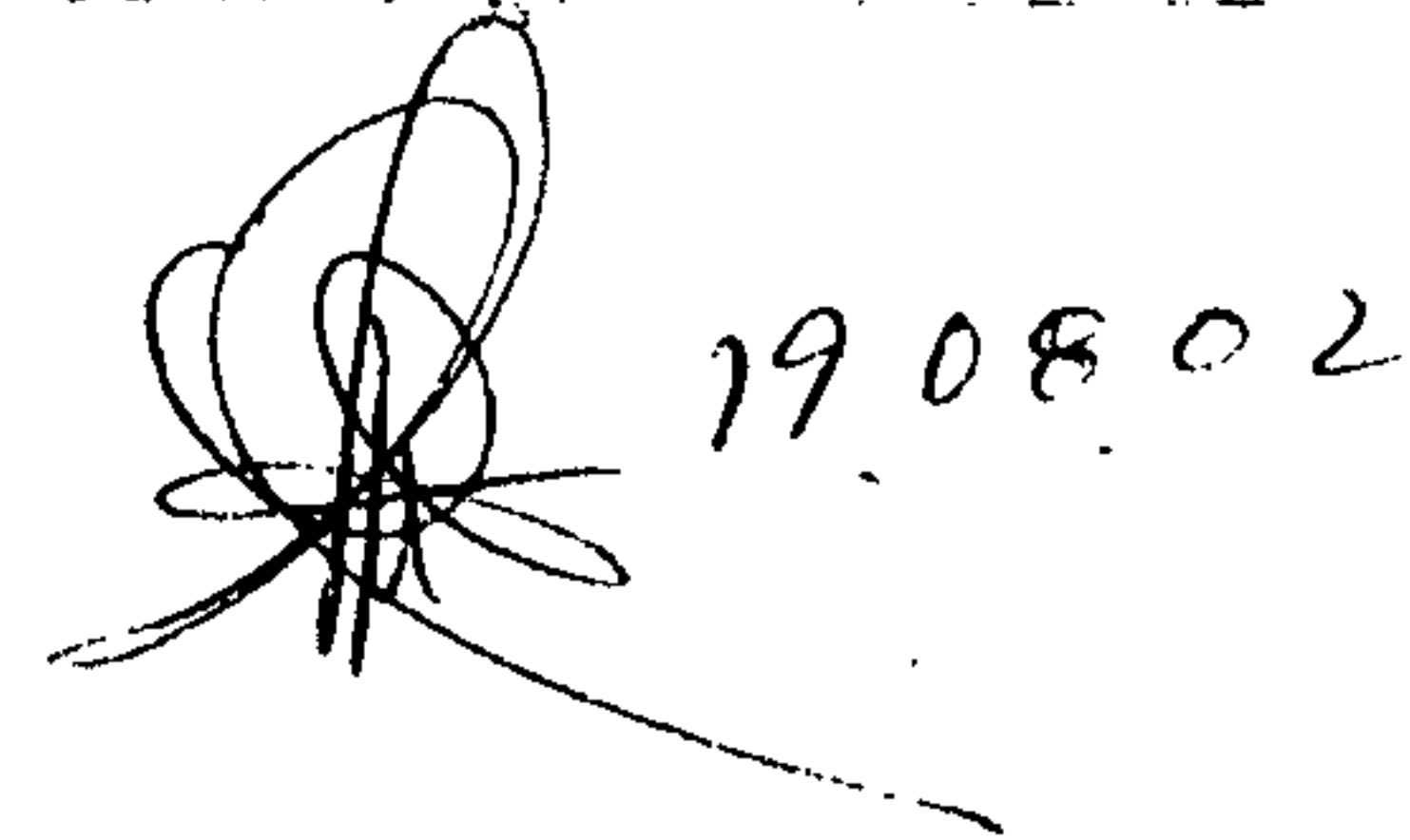
EXAMEN FISICO QUÍMICO

TEMPERATURA	PH	CLORO RESIDUAL

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

VoBo Encargado Laboratorio \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Guatemala, 16 de Agosto del 2002




19.08.02

Dr. Guillermo Escobar  
Director de Clínicas  
Facultad de Odontología  
Universidad de San Carlos


Por este medio le saludo cordialmente deseándole éxitos en sus labores cotidianas.

El motivo de la presente es el de solicitar su autorización para ingresar a las instalaciones de la clínica dental de la facultad para poder realizar el trabajo de campo de mi tesis de pregrado, el cual consistirá en aplicar solución de hipoclorito de calcio a la cisterna 1 del edificio M-1, mediante un hipoclorador, y tomar muestras de agua diferentes puntos de la red de distribución y de la cisterna durante las próximas dos semanas; con el fin de controlar la calidad del agua que se utiliza en la clínica dental.

Agradeciendo de antemano su colaboración y fina atención que hasta ahora me ha brindado, me despido de usted atentamente.

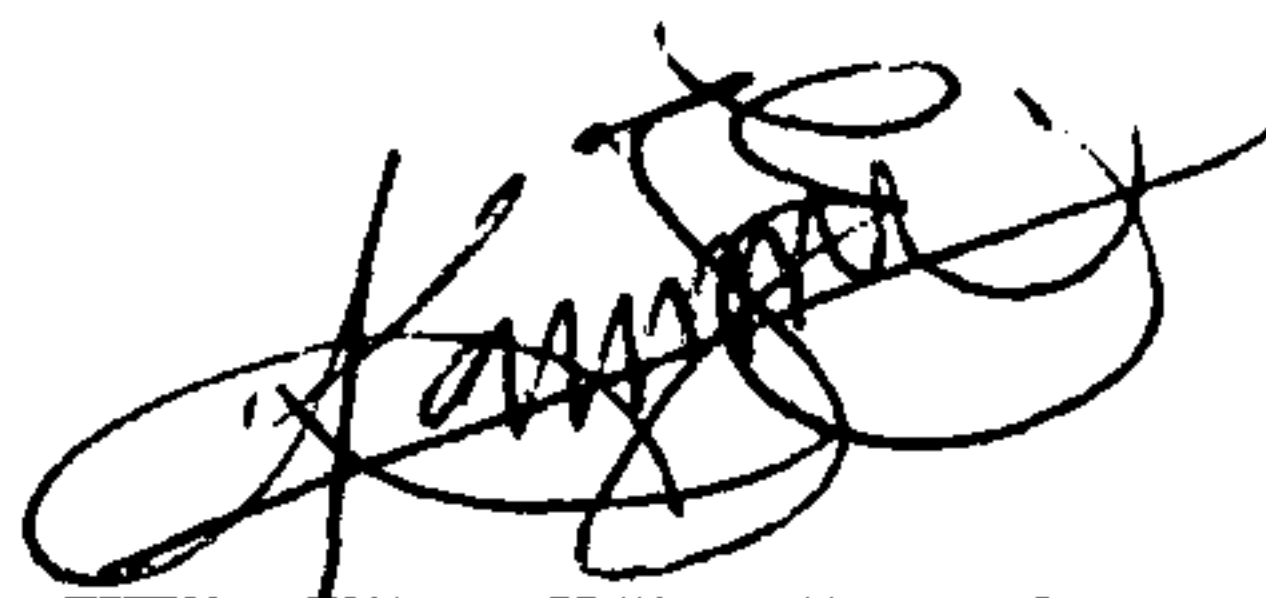


Dr. Oscar Toralla  
Asesor de Tesis



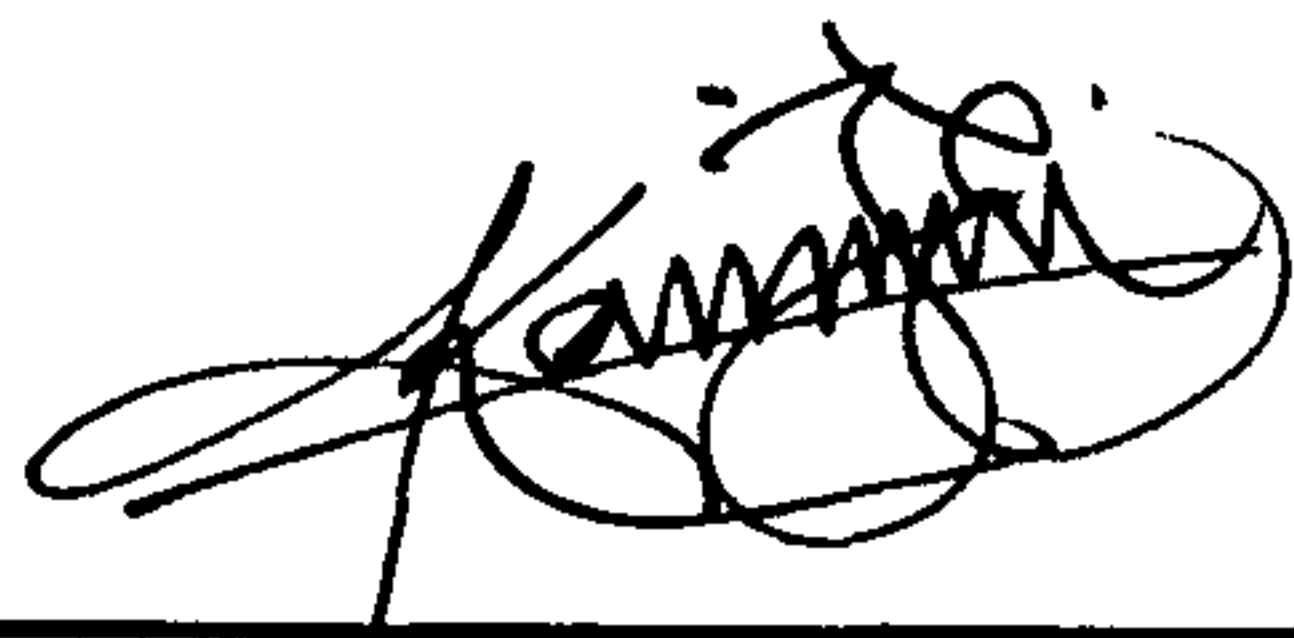
Br. Karina Espinoza Zacarias  
Carnet # 9510029

**El contenido de esta Tesis es única y exclusiva  
responsabilidad del Autor**



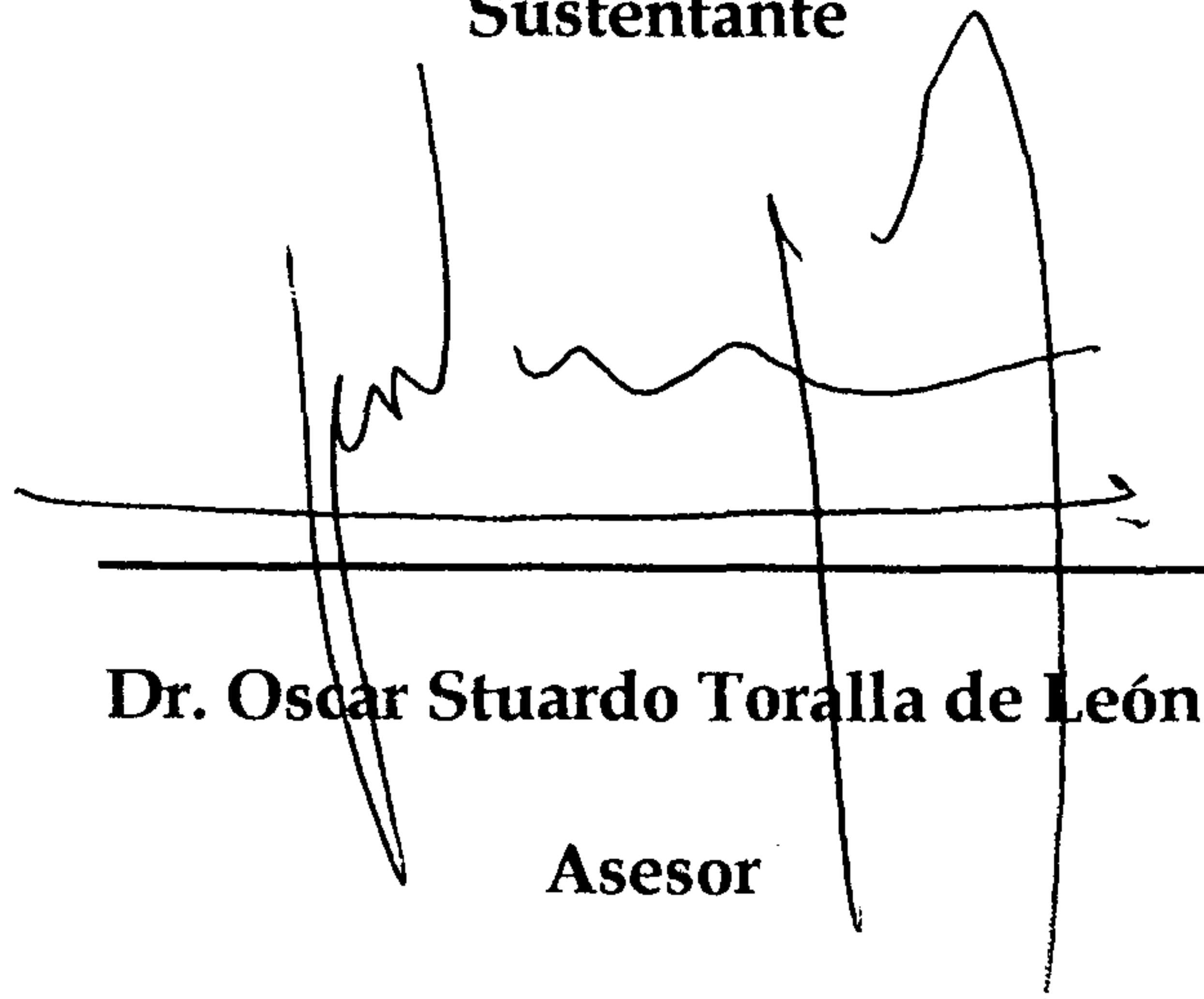
---

**Karina Espinoza Zacarías.**



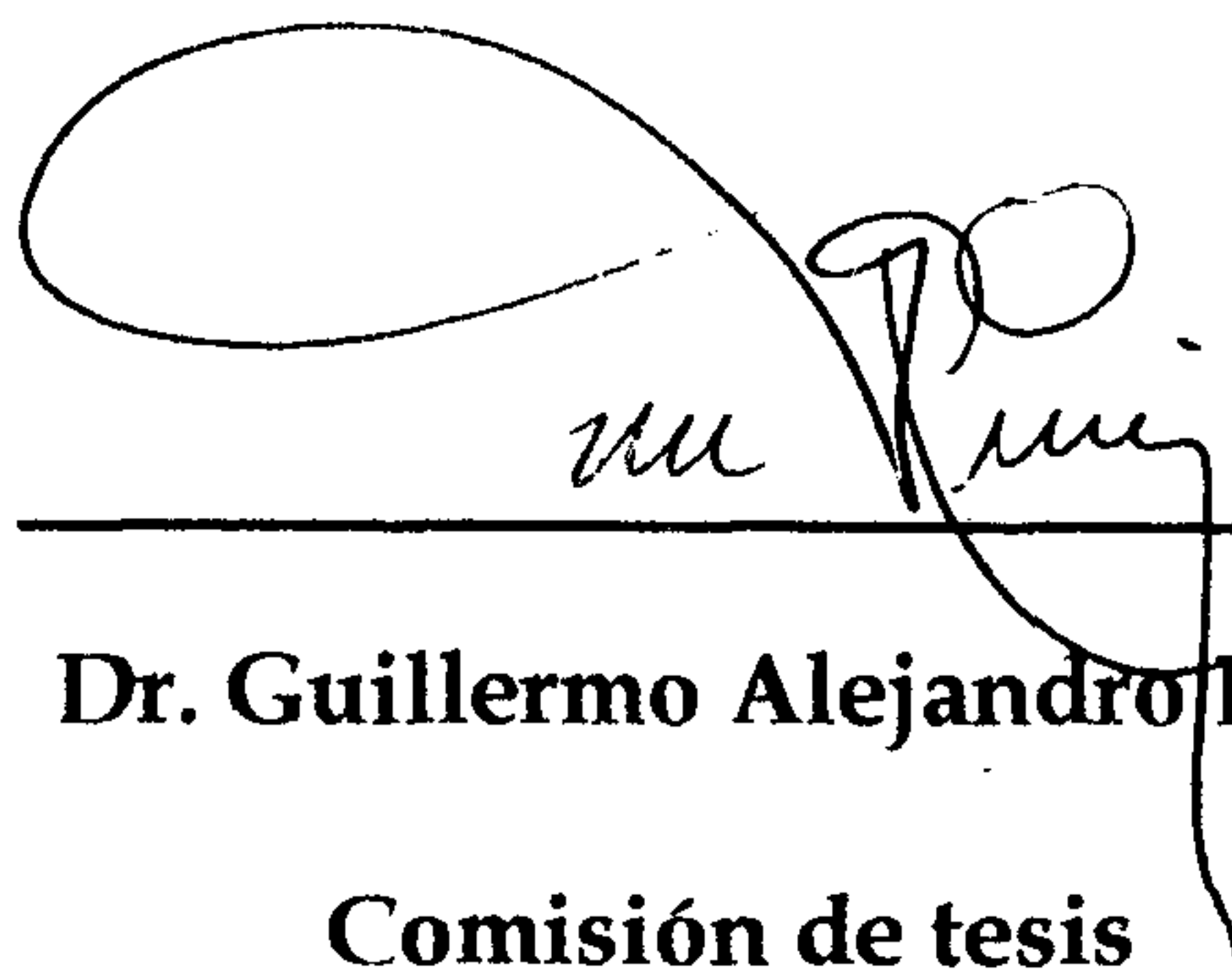
**Br. Karina Zacarías Espinoza**

**Sustentante**



**Dr. Oscar Stuardo Toralla de León**

**Asesor**



**Dr. Guillermo Alejandro Ruíz Ordóñez**

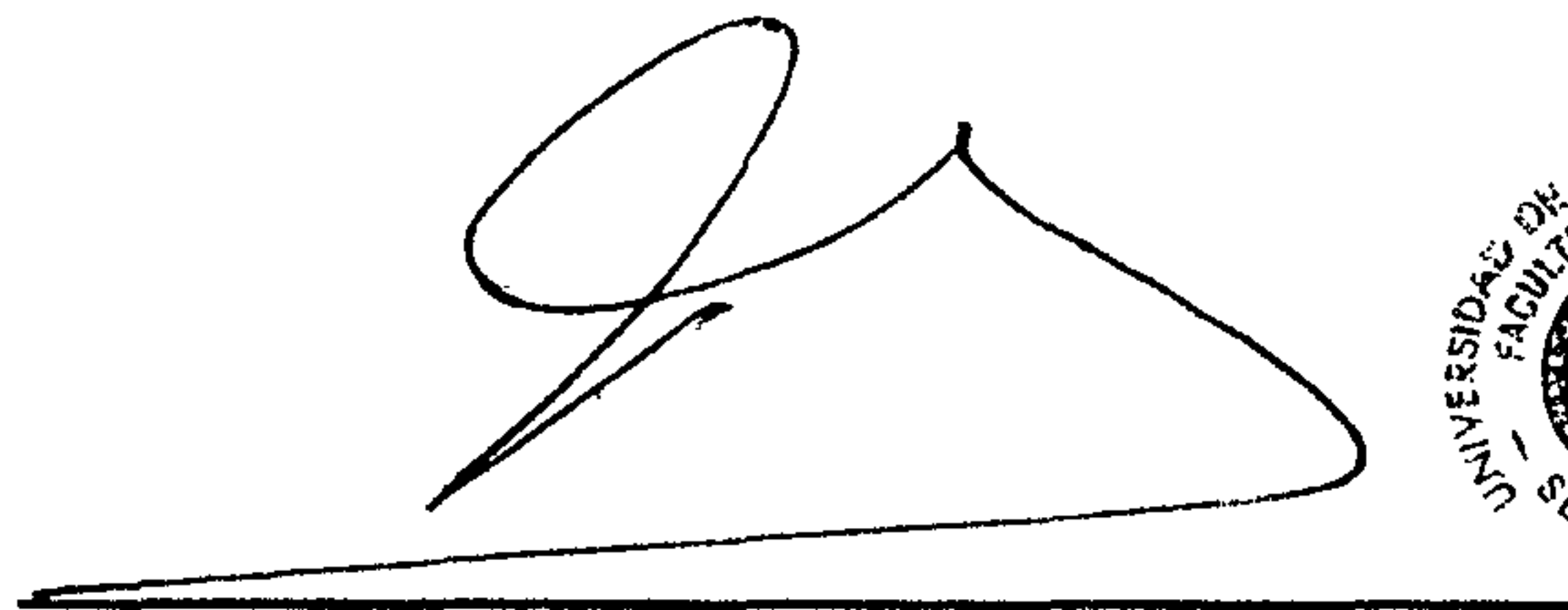
**Comisión de tesis**



**Dra. Karla Fortuny de Alburez**

**Comisión de Tesis**

**Vo.Bo. Imprimase:**



**Dr. Otto Raúl Torres Bolaños**

**Secretario General**

