



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

9.  
2.º

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

---

---

ESTUDIO COMPARATIVO DEL FUNCIONAMIENTO  
DE LOS HORNOS DE CALOR SECO MAS USADOS EN MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

CIRUJANO DENTISTA

PRESENTA:

ALFREDO AGUIRRE MEJÍA

DIRECTOR DE TESIS

DR. ENRIQUE ACOSTA GÍO

ASESOR

C.D. M.O. TERESA LEONOR SÁNCHEZ PÉREZ



México, D.F. 1996



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

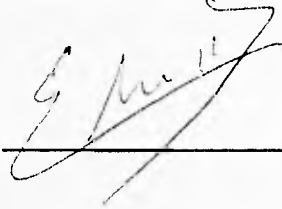
**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL FUNCIONAMIENTO  
DE LOS HORNOS DE CALOR SECO MÁS USADOS EN MÉXICO**

**APROBADO POR:**



---

**Dr. A. Enrique Acosta Gío  
DIRECTOR DE LA TESIS**

**Mtra. T. Leonor Sánchez Pérez  
ASESORA**

---

## **RECONOCIMIENTOS**

**Al Dr. Javier Portilla Robertson. Director de la Facultad, por su interés en el desarrollo de las investigaciones del Laboratorio de Microbiología.**

**Al Dr. José Antonio Vela Capdevilla. Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación, por sus consejos y apoyo a los proyectos de investigación.**

**Al Dr. Juan Carlos Hernández Guerrero. Subjefe de Investigación, por su amistad y apoyo en todo momento.**

**Al Dr. Enrique Acosta Gío. Jefe del Laboratorio de Microbiología, por sus enseñanzas, tiempo, dedicación y lo más importante por su amistad en mi estancia en la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología.**

**A la Dra. Teresa Leonor Sánchez Pérez. Profesora de la U.A.M. Xochimilco, porque nunca tuvo un no como respuesta al solicitar su apoyo, y por hacerme los momentos difíciles más agradables.**

**A mis Padres Gilberto Aguirre Ramón y Margarita Mejía Pérez, por haberme impulsado a seguir adelante siempre.**

**A mis Hermanos Raúl, Beatríz, María Angélica y Margarita, porque sin su apoyo no lo hubiese logrado.**

**A mi novia Perla Briseida Sánchez Morales, por su amor y cariño en todo momento.**

**A mi amiga de toda la vida Marissa Domínguez Vergara, por su sincera amistad de tanto tiempo.**

**A todas aquellas personas que ayudaron a la realización de este proyecto.**

## CONTENIDO

<b>Resumen</b> .....	1
<b>Introducción</b> .....	2
Importancia del control de infecciones .....	2
La esterilización dentro del control de infecciones .....	3
Métodos de esterilización .....	4
Verificación biológica de los ciclos de esterilización .....	13
Verificadores fisicoquímicos de los ciclos de esterilización .....	15
<b>Planteamiento del problema</b> .....	16
<b>Justificación del trabajo</b> .....	17
<b>Hipótesis</b> .....	18
<b>Objetivo general</b> .....	19
Objetivos específicos .....	19
<b>Materiales y métodos</b> .....	21
<b>Variables de estudio</b> .....	22
Variables independientes .....	22
Variables dependientes .....	23
<b>Material y equipo</b> .....	24
<b>Procedimiento de pruebas de termografía</b> .....	25
<b>Procedimiento de pruebas biológicas</b> .....	26
<b>Procedimiento de pruebas con testigos fisicoquímicos</b> .....	27
<b>Métodos de registro</b> .....	28
<b>Análisis estadístico</b> .....	29
<b>Resultados</b> .....	30
<b>Discusión</b> .....	32
<b>Conclusiones</b> .....	34
<b>Bibliografía</b> .....	35
<b>Figuras</b> .....	39
<b>Tablas</b> .....	56
<b>Anexo 1</b> .....	60
<b>Anexo 2</b> .....	61

## RESUMEN

Se evaluó termográficamente dos hornos de calor seco y se les aplicó verificación biológica, mediante esporas bacterianas. Cada testigo biológico se acompañó con un integrador (verificador) de proceso. Por otra parte se analizaron 1844 pruebas biológicas, realizadas en 86 consultorios de la ciudad de México, D.F.

El horno "A" (CAISA) alcanza y sostiene 170°C en sus tres charolas. El "B" (ZEYCO) sólo alcanzó la temperatura de esterilización en la charola superior. El horno "A" esterilizó 24 testigos biológicos (100%), mientras que el horno "B" logró la esterilización de 22 de las tiras de endoesporas (92%). Los cambios de color en los verificadores fueron confirmados por el respectivo testigo biológico en el 96% de las pruebas. Los resultados muestran que el horno "A" es confiable y que los verificadores de proceso son útiles. El horno "B" también logra esterilizar, aunque las fluctuaciones de temperatura son más pronunciadas.

Al respecto el análisis de las pruebas biológicas reportó, que el método de esterilización que falla con más frecuencia, es el vapor químico a presión 8.8% (n=16), siguiendo los hornos de calor seco 8.2% (n=33) y, por último el vapor de agua a presión 7.0% (n=88), así mismo el promedio de fallas para todos los métodos fue de 7.4% (n=137). Cabe mencionar que esta muestra es atípica, ya que el número mayor de la muestra perteneció al vapor de agua a presión (n=1260), y estudios realizados en México revelarán, que la mayor parte de los cirujanos dentistas en nuestro país, utilizan el calor seco como principal medio de esterilización.

## **INTRODUCCIÓN**

### **Importancia del Control de Infecciones**

Con el surgimiento de enfermedades infecto-contagiosas (Síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida (SIDA), Hepatitis B (HB), Tuberculosis (Tb), etc.), que pueden ser mortales para los trabajadores de la salud (Médicos Generales, Cirujanos Dentistas, Enfermeras, Camilleros, Técnicos de Laboratorio, etc.), está creciendo la preocupación por el control de infecciones

Esto es debido a la incapacidad de detectar que pacientes son de alto riesgo, es decir, que padezcan enfermedades infecto-contagiosas, o sean portadores de los microorganismos que las producen.

Por ello es de suma importancia tener en el consultorio una serie de actividades rutinarias, para evitar al máximo un posible contagio o una infección cruzada, tanto entre los pacientes, como para el personal que labora en nuestra clínica y por supuesto nosotros mismos.

Esto ha dado como resultado la creación de programas educativos para la prevención y control de infecciones (1-4), para todos aquellos procedimientos que por simples que parezcan, tienen un riesgo para el personal de la clínica o para los pacientes.

Estos procedimientos deberán ser realizados rutinariamente y sin excepción alguna, para evitar al máximo posibles contagios.

## **La Esterilización dentro del Control de Infecciones.**

Uno de las principales medidas en el control de infecciones, es el proceso de esterilización de instrumental, ya que este puede ser el principal vehículo para provocar una infección cruzada dentro de la clínica (5).

Esto es debido a que son los instrumentos, los que entran en contacto directo con fluidos corporales como sangre y saliva presentes en la cavidad bucal, los cuales pueden ser los medios de transporte para microorganismos patógenos como, el *Mycobacterium tuberculosis*, la *Legionella pneumophila*, el Virus de la Hepatitis B (VHB) y el Virus de la inmunodeficiencia Humana (VIH).

Por lo que es necesario tener un estricto control en todo el material que utilizamos en los diferentes procesos operatorios, esto se logra mediante los diferentes procesos de esterilización.

En 1972 Spaulding(24) propuso un sistema el cual divide al instrumental: en críticos, semicríticos y no críticos, para así elegir que instrumentos debieran esterilizarse y cuales bastaría con una desinfección de alto nivel. Este sistema sigue siendo válido en la actualidad, pero se debe tener muy claro que la desinfección jamás va a sustituir a la esterilización por lo que se debe tener por norma que, **"todo lo que se pueda esterilizar debe esterilizarse"**.



## **Métodos de Esterilización**

Para realizar la esterilización del instrumental, contamos con diferentes métodos(7), tanto por procedimientos químicos como físicos los cuales tienen diferentes ventajas y desventajas (Tabla 1).

### Esterilización en frío

- **Inmersión del instrumental en glutaraldehído al 2% de 7 a 10 hr.**

La inmersión de los instrumentos en glutaraldehído ha sido considerada como un método para la esterilización de instrumentos termolabiles (Fig. 1).

Este método tiene algunas desventajas, como son:

- Produce Gases tóxicos
- Sólo se puede utilizar como agente esterilizante, cuando la solución es usada por primera vez.
- Se requiere de un tiempo de exposición demasiado largo
- No es posible verificar la esterilización de una forma sencilla.
- Produce corrosión.
- No es posible preservar la esterilidad por largo tiempo.
- El instrumental debe ser enjuagado perfectamente, ya que la ingestión del glutaraldehído es tóxica.
- Es un método de esterilización con un alto costo.

- **Cámaras de Óxido de Etileno.**

El óxido de etileno es un método de esterilización mayormente utilizado en hospitales desde 1949, ya que puede esterilizar cualquier artículo sin importar el material del cual este manufacturado, así como en grandes volúmenes.

A nivel hospitalario la esterilización por medio de Oxido de Etileno se realiza en cámaras especiales en las cuales se controla el paso del gas (Fig. 2).

En Clínicas Dentales se puede usar mediante bolsas herméticamente selladas, en las cuales se introducen los instrumentos a esterilizar junto con una cápsula que contiene el gas, la cual se rompe después de sellar la bolsa (Fig. 3).

A temperatura ambiente se requiere de una exposición de 8 a 10 hrs. y estos tiempos pueden reducirse al elevar la temperatura; dentro de las desventajas que tiene este método de esterilización se encuentran:

- Es un gas tóxico,
- Se requiere de un tiempo de exposición prolongado.
- Es un método de esterilización de alto costo.
- Se requiere de instalaciones especiales
- Al utilizarse con volúmenes bajos de instrumental, se necesitan tener muchos cuidados para su utilización.
- En presencia de humedad no controlada se reduce o neutraliza su efecto.

- **Plasma Ionizante de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.**

Este método de esterilización es relativamente nuevo si lo comparamos con los métodos de Oxido de Etileno, el Vapor de Agua a Presión o el Calor Seco. Su desarrollo y puesta en marcha fue realizada por la compañía Johnson & Johnson, quien lo comercializó a partir de 1994 (Fig. 4).

La esterilización por medio de plasma ionizante se realiza a través de energía de radiofrecuencias y peróxido de hidrogeno.

Brevemente, dentro de la cámara del esterilizador por plasma ionizante, se produce un vacío con el objeto de introducir posteriormente el peróxido de hidrógeno, el cual a través de energía de radiofrecuencias controladas, va a activar las moléculas de agua, todo esto a temperatura de 10 a 40 °C, este proceso da como resultado un plasma de peróxido, el cual es el agente esterilizante que afecta las membranas, enzimas y ácidos nucleótidos de los microorganismos.

La esterilización se realiza en ~75 min., y los subproductos que se obtienen al final de cada ciclo son oxígeno y agua, por lo que no necesita aerolización, ni es tóxico.

El plasma ionizante ofrece las mismas ventajas que el la esterilización por Oxido de Etileno, pero tiene algunas desventajas como son:

- Es un método de esterilización demasiado caro y en la actualidad solo existen modelos para uso hospitalario.
- No se puede esterilizar papel, celulosa, algodón ni líquidos.

## Esterilización por calor

- **Vapor de Agua a Presión.**

Este es uno de los métodos de esterilización más ampliamente utilizado tanto en hospitales, como en clínicas privadas.

El principio de la esterilización por vapor de agua a presión es el mismo, desde una simple olla doméstica de vapor a presión (exprés) (Fig. 5), hasta una moderna autoclave (Fig. 6).

En la actualidad existen modelos de autoclaves muy modernos de diferentes capacidades que van desde tamaños hospitalarios, hasta modelos pequeños para una clínica particular y que ofrecen diferentes ventajas, como generar vacío dentro de la cámara de esterilización, ciclos de secado, ciclos especiales y algunos otros que facilitan su uso.

El Vapor de Agua a Presión nos permite la esterilización de una gran variedad de objetos como instrumentos metálicos, algunos instrumentos plásticos, instrumentos huecos, líquidos que tengan como base agua, telas, gasas y cristalería.

El ciclo convencional para la esterilización por vapor de agua a presión es de 121°C a 15 lb de presión por 20 min., sin contar el tiempo de calentamiento y el tiempo de enfriamiento, por lo que un ciclo completo es de ~50 a 60 min.

También se pueden tener ciclos especiales que varían, dependiendo el material que deseemos esterilizar o si queremos acortar el tiempo de esterilizado, como por ejemplo; para esterilizar desechos potencialmente infecciosos podemos prolongar nuestro ciclo a 121°C a 15 lb por 90 min., o ciclos relámpagos para esterilizar instrumental de 135°C a 35 lb por 3 min.

El vapor de agua a presión es un método de esterilización rápido y seguro cuando se utiliza correctamente.

Este método de esterilización también ofrece la ventaja de no ser tóxico, ya que su única materia prima es el agua.

Al igual que los anteriores métodos de esterilización el vapor de agua a presión también tiene algunas desventajas como son:

- Produce corrosión en los instrumentos metálicos.
- El vapor a presión puede afectar los filos de los instrumentos.
- No se pueden esterilizar algunos plásticos termolabiles, ni materiales hidrófobicos o hidrofílicos.

- **Vapor Químico a Presión (Alcohol y Formol)**

Este es un método de esterilización que utiliza el mismo principio que el vapor de agua a presión sólo que en estos aparatos en vez de agua utilizan una mezcla de alcohol y formol (Fig. 7).

Por medio del vapor químico a presión solo se pueden esterilizar instrumentos metálicos y algunos instrumentos plásticos.

Este es un método de esterilización rápido ( 132.2°C a 20-40 lb por 20 min.) y no produce corrosión a los instrumentos, así como su ciclo de secado es más rápido.

Las desventajas que tiene el vapor químico a presión son las siguientes:

- Produce gases tóxicos, por lo que se necesita una buena ventilación.
- Es peligroso manejar la mezcla de alcohol y formol.
- No se pueden esterilizar líquidos de ningún tipo.
- Se requiere pre-secar los instrumentos o sumergirlos en soluciones especiales.

- **Hornos de Calor Seco**

El Calor Seco es otro método de esterilización utilizado desde hace mucho tiempo, el cual ha ido mejorándose con el tiempo para optimizar su utilización en la práctica médica y dental.

Existen dos tipos de aparatos de esterilización por calor seco, los de Flujo Forzado y los de Convección Natural.

1.- Calor seco por flujo forzado.- Estos son aparatos diseñados para hacer circular el aire caliente en el interior de la cámara de una forma más rápida, con lo cual se obtienen temperaturas más elevadas en un menor tiempo, y por ende se obtienen ciclos más cortos, pero su costo es mas elevado (Fig. 8).

2.- Calor seco por convección natural.- Son aparatos que en su diseño se deja circular el aire en el interior de la cámara de manera natural, por lo que se requiere un mayor tiempo de exposición y por lo consiguiente ciclos más largos (Fig. 9).

Una Investigación realizada en la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI) de Facultad de Odontología de UNAM (19); en la cual se les pregunto a Cirujanos Dentistas ya titulados (n=74), ¿cual era el método de esterilización que utilizaban en su práctica privada?. Reportó dentro de sus resultados, que el calor seco por convección natural era el método de esterilización más utilizado (86.5%).

Estos resultados pueden comportarse de manera similar en todos los consultorios dentales de nuestro país en la actualidad, ya que es un método de esterilización muy económico, así mismo es utilizado por una gran cantidad de especialistas médicos como, ginecólogos, otorrinolaringólogos y dermatólogos (10).

El Calor Seco es un método de esterilización que posee ventajas como: no causar corrosión en el instrumental, no dañar los filamentos y el poder esterilizar materiales que no soportan la humedad (talco) o hidrofóbicos (vaselina).

Estas ventajas, hacen que los dentistas recién egresados opten por adquirir uno de estos hornos, para iniciar sus actividades de práctica privada.

Para los hornos de flujo forzado se requieren ciclos más cortos (190.5° durante 12 min.), también sin incluir el tiempo de pre-calentamiento (7)

El ciclo de esterilización adecuado para los hornos de calor seco de convección natural, avalado por la Secretaría de Salud en la Norma Oficial Mexicana "Para la prevención y control de enfermedades bucales" (NOM) (4), y por organizaciones de Estados Unidos como, los Centros para la Prevención y Control de Enfermedades CDC (por sus siglas en inglés), la Asociación Dental Americana ADA (1,3), la Asociación para el Avance de Instrumentación Médica AAMI (por sus siglas en inglés) (17) y la Farmacopea de los Estados Unidos de Norteamérica USP (por sus siglas en inglés) (14); es de 170 °C durante una hora, sin incluir el tiempo en que el horno llegue a la temperatura de 170°C.



Este método de esterilización también tiene algunas desventajas como pueden ser:

- No se pueden esterilizar instrumentos plásticos ni líquidos.
- Los hornos de convección natural requieren de ciclos largos (más de dos horas).
- Se deben pre-secar los instrumentos, ya que de no ser así pueden oxidarse.

## Verificación Biológica de los Ciclos de Esterilización

Todos los métodos de esterilización son falibles, las fallas se pueden deber a diferentes causas (Tabla 2), pero es posible verificar su efectividad de una forma sencilla, mediante el uso de testigos biológicos (6), excepto la inmersión en glutaraldehído.

Las esporas bacterianas tienen características que las hacen candidatos ideales, para su utilización como verificadores de los ciclos de esterilización, ya que son microorganismos muy difíciles de destruir por ser una de las formas de vida microscópica más resistentes; por no ser patógenos al ser humano y por ser más resistentes a los métodos de esterilización que microorganismos patógenos como, *Mycobacterium tuberculosis*, *Legionella pneumophila*, VHB y VIH (7)., por lo que su muerte se considera prueba de esterilidad (9-10) (Tabla 3).

La verificación biológica de los ciclos de esterilización, se realiza mediante esporas bacterianas de las especies *Bacillus subtilis* var. *niger* para los métodos de Oxido de Etileno y Calor Seco y *B. Stearothermophilus* para el Vapor de Agua y Vapor Químico a Presión (1) (Tabla 4).

Según reportes de Estados Unidos sobre estudios realizados con pruebas de verificación biológica (7). La frecuencia de fracasos en los ciclos de esterilización utilizados en los consultorios dentales va desde 15.1% hasta 51% (25, 26).

La Secretaria de Salud (5, 15), la ADA(1) y los CDC(4), aconsejan realizar pruebas con testigos biológicos, para la verificación de los ciclos de esterilización en consultorios dentales, estas mismas instituciones recomiendan se realicen sistemáticamente una vez por semana(1,4,5).

Esta recomendación se hace, ya que los testigos biológicos son la única forma viable actualmente, para verificar los ciclos de esterilización.

## **Verificadores Fisicoquímicos de los Ciclos de Esterilización.**

Existen dos tipos de testigos fisicoquímicos, los cuales tienen distintas aplicaciones y limitantes.

Los primeros son llamados **indicadores** de proceso como las cinta testigo, que cambia de color al momento de alcanzar la temperatura de reacción, y sólo sirven para diferenciar los paquetes limpios que serán procesados, de aquellos que ya fueron expuestos al calor (Fig. 10).

Los segundos son llamados **verificadores o integradores** de proceso, estos están diseñados para cambiar lentamente de color y así integrar las variables de tiempo y temperatura de exposición en un ciclo de esterilización (Fig. 11).

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los Hornos de Calor Seco de convección natural, fabricados en nuestro país, aún son mal utilizados, tanto por dentistas de práctica privada, como por dentistas de práctica institucional, ya que frecuentemente se emplean ciclos inadecuados (240°C por 40 minutos) según encuestas realizadas en México (13),

Esto es debido a que los fabricantes no proporcionan en sus manuales, información suficiente para su uso, aunado a que en su diseño hace falta de un termómetro que nos permita conocer las condiciones internas de estos aparatos, y con ello tomar las medidas necesarias para hacer un uso correcto de ellos.

Por lo que las preguntas de investigación son:

- 1.- ¿Los Hornos de Calor Seco fabricados en México alcanzan la temperatura de esterilización establecida para ellos y de ser así, cuanto tiempo tardan para ello?
- 2.- ¿El funcionamiento de los hornos es homogéneo en cuanto a temperatura a lo largo del tiempo de exposición en un el ciclo de esterilización?
- 3.- ¿Después de realizar cada ciclo tenemos la certeza de que el instrumental se esterilizó?
- 4.- ¿Las Verificadores de proceso para Calor Seco funcionan correctamente?
- 5.- ¿Con que frecuencia fallan los ciclos de esterilización en la Cd. de México?

## **JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

En México aproximadamente un 85% de los Cirujanos Dentistas (19), utilizan uno de los dos modelos de Hornos de Calor Seco fabricados en nuestro país, que existen en el mercado (CAISA y ZEYCO).

Hasta la fecha en nuestro país, no se han realizado o no se han publicado estudios, sobre el comportamiento de los hornos de calor seco, en cuanto a tiempos de calentamiento y fluctuaciones de temperatura durante los ciclos de esterilización.

Así mismo en México no existen estudios sobre el índice de fallas, para los ciclos de esterilización en consultorios dentales. Lo que permitiría a los cirujanos dentistas de nuestro país, detectar posibles fallas del equipo y humanas en el proceso de esterilización, y con ello solucionarlas rápida y eficazmente.

Estas incógnitas, hace necesario la realización de pruebas de funcionamiento, que orienten a todos los usuarios de como utilizar sus hornos correctamente.

Los resultados obtenidos podrán ser divulgados a la comunidad odontológica mediante artículos científicos en revistas especializadas, así como plantear a los fabricantes, posibles mejoras a sus diseños.

## **HIPÓTESIS PRINCIPAL**

$H_T$  "Existen fluctuaciones de temperatura en diferentes sitios de la cámara de los hornos de calor seco de convección natural, que influyen en el proceso de esterilización. Estas fluctuaciones de temperatura están relacionadas directamente con el peso de la carga del instrumental."

$H_A$  "En nuestro país, los ciclos de esterilización por vapor de agua y vapor químico a Presión o Calor Seco fallan con frecuencia."

## **OBJETIVO GENERAL**

1.- Se analizó el funcionamiento de los dos hornos de calor seco fabricados en México en condiciones controladas realizando comparaciones entre ellos.

2.- Se analizó una muestra de 1844 pruebas de testigos biológicos, realizadas en 86 consultorios médico-dentales de nuestro país en un lapso de tres años. para observar cual es porcentaje de fallas que se han producido.

### **Objetivos Específicos**

Para llevar a cabo el primer objetivo general se realizó

#### Estudio Termográfico

a).- Establecer cual es el tiempo que tardan en llegar a la temperatura de esterilización, cada uno de los hornos sujetos ha estudio.

b).- Determinar si existe fluctuación de la temperatura en la cámara.

#### Verificación Biológica

c).- Aplicar pruebas con testigos biológicos, para verificar si se esta logrando la esterilidad de los instrumentos en cada ciclo y en los tres niveles de los hornos.

d).- Los resultados de la verificación biológica servirán como control de calidad, para evaluar un integrador de proceso específico para calor seco.



Para llevar a cabo el segundo objetivo general se realizó

a).- Una recopilación de los resultados de pruebas realizadas con testigos biológicos, realizadas en un laboratorio especializado en los últimos tres años.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### Tipo de Estudio

Este fue un estudio retrospectivo parcial, transversal y descriptivo.

### Población sujeta a estudio

Se evaluaron dos hornos eléctricos de Calor Seco de convección natural nuevos.

Horno "A".- CAISA mod. Sterimatic 1227 (Grupo Termointustrial ECA, México D.F.).

Horno "B".- Europeo (ZEYCO, Fabricantes de Equipos Dentales, México D.F.).

Se analizaron 1844 pruebas de testigos biológicos realizadas en consultorios del Distrito Federal.

## VARIABLES DE ESTUDIO

### INDEPENDIENTES

Variable	Tipo	Escala de medición	Definición Operativa
Pruebas biológicas.	Cualitativa	Nominal	Es una prueba de control de calidad de tiras de papel filtro impregnadas con $1.7 \times 10^6$ de endoesporas bacterianas <i>Bacillus subtilis</i> Var. <i>niger</i> de los lab. Raven, Omaha. ATCC 9372. Se usan con la finalidad de comprobar si el proceso de esterilización se lleva a cabo.
Testigos fisicoquímicos	Cualitativa	Nominal	Es una prueba de control de calidad de tiras de papel que contienen componentes químicos que cambian de color con la exposición a una temperatura en un tiempo determinado. Se usan con la finalidad de comprobar si se cumplieron las condiciones de tiempo y temperatura en el proceso de esterilización.
Horno "A"	Cualitativa	Nominal	Es un horno de calor seco de convección natural fabricado en México por Grupo ECA. Marca CAISA modelo Sterimatic 1227.
Horno "B"	Cualitativa	Nominal	Es un horno de calor seco de convección natural fabricado en México por Fabricantes de Equipos Dentales. Marca ZEYCO modelo Europeo.

## DEPENDIENTES

Variable	Tipo	Escala de medición	Definición Operativa
Cada una de los tres niveles de la cámara de los dos hornos	Cualitativa	Nominal	Se registraron en los niveles superior, medio e inferior de la cámara de cada uno de los hornos
Fluctuaciones de la temperatura	Cuantitativa, continua	Intervalo	Se registraron las fluctuaciones de la temperatura, con un termógrafo Molytec, con un intervalo de 8 minutos entre un registro y el siguiente.
Resultado de las pruebas biológicas	Cualitativa	Nominal	Los resultados de los cultivos se registraron como crecimiento = positivo y sin crecimiento = negativo
Resultado de los testigos fisicoquímicos	Cualitativa	Nominal	Los resultados de los testigos fisicoquímicos se registraron de acuerdo a la escala de colores como positivo o negativo

## MATERIAL Y EQUIPO

Un horno de calor seco CAISA nuevo. Sterimatic 1227 (Grupo ECA, México, D.F.)

Un horno de calor seco ZEYCO nuevo. Europeo (Fabricantes de Equipos Dentales, México, D.F.)

Un termógrafo multipunto Molytec 2702 (Partlow Co., New Hertford, N.Y.).

Un incubador para bacterias a 37 °C Mod. FE-141-AD (FELISA, Guad. México)

60 tubos de ensayo para 10 ml, con tapón de hule.

3 gradillas para tubos de ensayo de 10 ml.

Un mechero de bunsen.

Un microscopio.

Agua bidestilada

Soluciones para la tinción de Gram.

Una pinza de curación

450 g. caldo de soya tripticaseína (Difco, Detroit , MI)

50 tiras de endoesporas bacterianas *B. subtilis var. niger*. (Lab. Raven, Omaha)

50 tiras de verificadores de proceso para calor seco. (HP, Distribuidora CAISA, México, D.F.)

Una computadora personal

Programa estadístico Statgraphics ver. 7.0 para D.O.S.

Un manejador de bases de datos Foxpro ver. 2.6 para D.O.S.

## **PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS DE TERMOGRAFIA**

### **Tiempo de calentamiento y estabilidad de la temperatura**

Las fluctuaciones de temperatura dentro de la cámara, durante las fases de calentamiento, esterilización y enfriamiento, fueron registradas mediante un termógrafo multipunto Molytec 2702 (Partlow Co., New Hertford, N.Y.). (Fig. 12).

Se ajustó el control de la temperatura de cada horno a 170°C/340°F, según lo indican la USP (14), la ADA (4) , la AAMI (15) y la normatividad vigente en México (5), para la esterilización por calor seco en hornos de convección natural. (Fig. 9).

Se estableció que 2.5 kg. corresponden a una carga máxima habitual, con base en una encuesta realizada en 14 consultorios dentales de práctica privada, y en base también a las recomendaciones del fabricante.

En cada horno, se midieron en quintuplicado, durante un mínimo de 2 hrs, las temperaturas del aire en los tres niveles de la cámara, independientemente con un termógrafo, que registró la fluctuación de la temperatura, tanto con el horno vacío como con una carga de 2.5 kg. de instrumental envuelto en papel, con un intervalo de ocho minutos entre un registro y el siguiente .

## PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS BIOLÓGICAS

### Evaluación Biológica

Para confirmar la esterilización del instrumental, se realizaron cuatro ciclos de esterilización siguiendo las recomendaciones de la USP (14), de la ADA (15), de la AAMI (17) y de la NOM (4), iniciando a temperatura ambiente (~20°C), para cada uno de los ciclos, se aplicaron testigos biológicos de acuerdo a lo establecido en la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (16) y en la NOM (4).

Se colocaron en cada una de las tres charolas de los hornos, dos tiras de papel filtro impregnadas con  $1.7 \times 10^6$  endoesporas de *Bacillus subtilis* ATCC 9372 (Raven, Omaha.), dentro de las envolturas del instrumental (Fig. 13).

Los testigos biológicos se retiraron de la cámara al concluir el ciclo de esterilización, e inmediatamente fueron sembrados asépticamente (Fig. 14) en el medio cultivo de caldo de soya tripticaseína (Difco, Detroit , MI) para su cultivo (Fig. 15).

Después de 72 hrs de incubación a 37°C se observó la turbidez del medio (Fig. 16). Los cultivos positivos fueron confirmados mediante microscopía de campo claro (Fig. 17), en frotis procesados mediante la tinción de Gram (Fig. 18).

## PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS CON TESTIGOS FISICOQUÍMICOS

### Testigos Físicoquímicos

Junto a cada testigo biológico se colocó un verificador de proceso para calor seco (HP, Distribuidora CAISA, México D.F.) (Fig. 11). Cada verificador fue codificado para asociarlo con la posición del respectivo testigo biológico dentro de la cámara (Fig. 19).

Al concluir el ciclo se comparó el grado de oscurecimiento del reactivo contra una escala de cambios de tono establecida previamente, en diferentes intervalos a 170°C (Fig. 20).



## MÉTODOS DE REGISTRO Y PROCESAMIENTO

El registro termográfico, se realizó automáticamente en una gráfica obtenida directamente del termógrafo, en la cual se efectuó el registro con un intervalo de ocho minutos entre un registro y el siguiente, hasta completar cada una de las pruebas.

Una vez realizadas las pruebas termográficas, se llevó toda la información de cada horno en una base de datos, para realizar las pruebas estadísticas (Anexo 1).

Las pruebas con testigos biológicos, fueron capturadas en una base de datos, para realizar las pruebas estadísticas (Anexo 2).

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para realizar la comparación termográfica de los dos hornos, se utilizarón los promedios obtenidos de cada uno de los intervalos, a los cuales primero se les realizó:

Un análisis de regresión múltiple, para comprobar la adecuación del modelo matemático a la información.

Posteriormente se realizó un análisis de varianza y regresión lineal, para confirmar las diferencias significativas en la distribución de las medias, de las temperaturas de los niveles inferior, medio y superior.

Los resultados de las pruebas de testigos biológicos, se analizarón con una prueba de Chi cuadrada.

## RESULTADOS

Ambos hornos tardan menos en calentarse cuando están vacíos (Figs. 21 y 22) que cuando están cargados (Figs. 23 y 24), aunque cada horno muestra un comportamiento distinto.

La termografía indica que el horno "A" vacío requiere de 28 min. para que el aire alcance 170°C en los tres niveles de la cámara, y que la temperatura en la parte superior llega hasta 220°C, con una diferencia de 29°C entre el nivel superior y el promedio de las charolas media e inferior (Fig. 21).

En cambio, cuando el horno "A" contiene instrumentos, se requiere de 48 min. para rebasar 160°C en toda la cámara (Fig. 23). Las fluctuaciones de temperatura entre los niveles no fueron tan pronunciadas como cuando el horno estaba vacío.

El calentamiento del horno "B" vacío, para alcanzar 170°C en los tres niveles, tardó 35 min. La temperatura llegó hasta 210°C en la parte superior, con una diferencia de 25°C entre la parte alta y el promedio de las charolas media e inferior (Fig. 22).

Al cargar el horno "B" con instrumental, se encontró que sólo el nivel superior se mantuvo a ~170°C, mientras que el nivel medio se mantuvo a una temperatura entre 140 y 160°C, y el nivel inferior se mantuvo a menos de 150°C (Fig. 24).

El análisis estadístico de varianza realizado a los resultados de termografía, demostró para los dos hornos, existen diferencias significativas entre los promedios de los tres niveles, determinándose a través de la Corrección de Bonferroni que las diferencias estadísticamente significativas son entre el nivel superior e inferior  $P < 0.01$ .

Dentro de los resultados de las pruebas biológicas aplicadas a los hornos, no se observó crecimiento bacteriano en ninguna de las 24 pruebas realizadas en el horno "A".

De las 24 pruebas con testigos biológicos aplicadas al horno "B" se presentaron 2 fallas (8%).

Todos los verificadores fisicoquímicos de proceso cambiaron de color dentro de los rangos del calorímetro para 170°C x 2 hrs. La reacción química de cada verificador de proceso fue confirmada por el respectivo testigo biológico en 96% de las pruebas, ya que el verificador fisicoquímico cambió de color en los dos ciclos en que falló la prueba biológica en el horno "B".

En el análisis de los resultados de las pruebas con testigos biológicos, se observó que el promedio de fallas para el vapor de agua a presión fue de 7.0% (n=88), para el vapor químico a presión las fallas que se presentaron fueron de 8.8% (n=16), y para los hornos de calor seco fue de 8.2% (n=33), siendo el promedio de fallas para todos los métodos evaluados de 7.4% (n=137). El resultado de la prueba de Chi cuadrada mostro que no existen diferencias significativas en la frecuencia de fallas por cada método de esterilización ( $\text{Chi}^2=1.22$ ) ( $P>0.05$ ). (Tabla 5).

## DISCUSIÓN

Los resultados de los estudios mediante termografía y verificación biológica demuestran que el horno eléctrico "A" es un equipo confiable para la esterilización de instrumental mediante calor seco.

Los resultados también indican que el horno "B" es un equipo capaz de esterilizar, pero su temperatura interna fluctúa demasiado.

Se estableció que el ciclo de esterilización para ambos hornos, con una carga de 2.5 kg. de instrumental envuelto, requiere de colocar el control de la temperatura a 170°C por dos horas, 60 min. para el calentamiento y 60 min. para la esterilización, lo cual coincide con las recomendaciones publicadas en los Estados Unidos (2, 3) y contempladas en la NOM (4).

Los ciclos de esterilización son falibles y fallan con frecuencia. La verificación biológica reveló que en la Cd. México aproximadamente el 7% de los ciclos fracasan, tanto para el vapor de agua a presión, como para el vapor químico a presión y los hornos de calor seco.

El 8% de fallas observadas en el horno "B" se aproxima a la cifra obtenida en el análisis de los resultados de pruebas biológicas realizadas en la Cd. de México.

Desde luego, la incorporación de un termómetro a los hornos de fabricación nacional representará un avance en su diseño, pues los haría más confiables.

Los verificadores fisicoquímicos evaluados funcionaron satisfactoriamente, ya que los cambios de color coincidieron con los resultados de la verificación biológica en 96% de las pruebas. La falla aparente del verificador de proceso puede deberse a las amplias fluctuaciones de temperatura que ocurren dentro del horno "B".

## CONCLUSIONES

Algunos profesionales piensan, equivocadamente, que la obligatoriedad de contar con los medios para la esterilización con vapor a presión hizo obsoleta la esterilización mediante calor seco. Por ello es importante señalar que el calor seco es una valiosa técnica de esterilización plenamente aceptada y contemplada en la normatividad vigente (4).

La esterilización por calor seco tiene ventajas, como no dañar los filos y no producir corrosión a los instrumentos, así mismo puede esterilizar artículos que no soportan la humedad, como grasas o aceites termoestables, glicerina, talco, etc. (12). Sin embargo, este método aún es mal utilizado ya que frecuentemente se emplean ciclos inadecuados e inaceptables (240°C por 40 minutos), según encuestas realizadas en México (13).

Dado que el calor seco es una técnica de esterilización ampliamente utilizada, es importante que las Facultades y Escuelas de Odontología, las agrupaciones gremiales y los fabricantes, realicen esfuerzos educativos sobre su uso adecuado y sobre la aplicación de los diversos controles de calidad disponibles.

Como se observó en el análisis de los resultados de las pruebas biológicas y los resultados de las pruebas aplicadas a los hornos de calor seco, los ciclos de esterilización sea cual sea el método utilizado fallan. Es por ello que se deben realizar semanalmente pruebas de control de calidad con testigos biológicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- American Dental Association Council on Dental Materials, Instruments, and Equipament; and Council on Dental Therapeutics. Biological indicators for verifying sterilizations, 1988, *JADA* 117(10):653-654.
- 2.- Wooten Rk.:.- Procedure-Specific Infection Control Recomendations for Dentistry, 1993, *Comp. Cont. Educ. Dent*, Vol XIV, No. 3: 332-346.
- 3.- Center for Desease Control: Recommended infection control practices for dentistry, 1986, *MMWR*, 35:237-242.
- 4.- Norma Oficial Mexicana NOM-013-SSA2-1994 Para La Prevencion de Enfermedades Bucales, Secretaria de Salud, 1995, *Diario Oficial de la Federación*.
- 5.- Acosta-Gío. E.; Maupomé-Cervantes G. Transmisión de enfermedades infecciosas en el consultorio dental, 1994, *Práctica Odontológica*, 15 (4) 9-12.
- 6.- Miller CH. Update on heat sterilization and Sterilization Monitoring, 1993, *Compend Contin Educ Dent*, Vol. XIV (3):304-314
- 7.- Miller CH: Sterilization: disciplined microbial control, 1991, *Dend Clin North Am*. 35:335-339.
- 8.- Miller CH. Sterilization and disinfection what every dentist needs to know, 1992, *JADA*, 123(3) 46-54.



- 9.- Council on Dental Materials, Instruments, and Equipament; Council on Dental Practice; and Council on Dental Therapeutics. Infection control recommendations for the dental office and dental laboratory, 1988, *JADA*, 116(2):241-248.
- 10.- Acosta E y Maupome G. Esterilización del instrumental, 1993, *Revista Práctica Odontológica*, 14:(11) 11-13.
- 11.- Aguirre A. and Acosta E. Biological monitoring of sterilization cycles. Proceedings, OSAP Research Foundation Annual Symposium, Pittsburgh, Pennsylvania, 1995. Abstract 102.
- 12.- Acosta E y Aguirre A. Esterilización mediante calor seco, 1995, *Revista Práctica Odontológica*, 16(7):10-14.
- 13.- Lara G. and Acosta E. Knowledge and clinical practices on infection control among graduate students. Proceedings, OSAP Research Foundation Annual Symposium, Pittsburgh, Pennsylvania, 1995. Abstract 104.
- 14.- United States Pharmacopeia. Vol. XV. Rockville, Maryland. United States Pharmacopeial Convention, Inc., 1995.
- 15.- American Dental Association. Dental Therapeutics, 40th ed. Chicago: ADA, 1984.
- 16.- Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos. Sexta Edición. Métodos generales de análisis, 1994, *Secretaría de Salud*, pp.165-172.

- 17.- Association for the Advancement of Medical Instrumentation, "Table-top dry heat (heated air) sterilization and sterility assurance in dental and medical facilities". ANSI/AAMI ST40-1992 Arlington (Vir.): AAMI, 1992. American National Standard.
- 18.- Association for the Advancement of Medical Instrumentation, "Steam sterilization and sterility assurance in office-based, ambulatory-care medical and dental facilities". ANSI/AAMI ST40-1992 Arlington (Vir.): AAMI, 1992. American National Standard.
- 19.- Aguirre Vasquez L. Heredia Albarran AL. Salas Arce ME. "Actitudes y practicas de los Cirujanos Dentistas con respecto al control de infecciones en la practica dental" México, D.F.: *Universidad Nacional Autónoma de México*, 1993. 46 pp. Tesis (Cirujano Dentista).
- 20.- Perkins JJ. Thermal destruction of microorganisms, Principles of steam sterilization, Dry heat sterilization and Sterilizer controls, sterilization indicators, and culture tests. in: Principles and methods of sterilization in health sciences. 2nd ed. Springfield Ill: Thomas CH,1970: 500-63
- 21.- Clinical Research Associates. Newsletter, 1993, *J Dent Res*, 17:11 (Spec Iss): 1-4.

- 22.- Miller CH. Cleaning, Sterilization and disinfection: Basics of microbial killing for infection control, 1993, *JADA* 124(1) 48-56.
- 23.- Lewis DL, Boe RK. Cross-infection risks associated with current procedures for using high-speed dental handpieces, 1992, *J Clin Microbiol*, 30(2):401-406.
- 24.- Spoauling EH. Clinical disinfection and antisepsis in the hospital, 1992, *J Hosp Res*, 9:5-31.
- 25.- Gleason MJ, Merchant VA, Molinari JA, 1990, Dental office sterilization monitoring: A report on 11 years. *Transmissions*, 5(3):5.
- 26.- Rosen S, Messieha N, Bick FM, 1990, Status of mandatory weekly biological monitoring of sterilization in Ohio, *Transmissions*, 5(3): 5.

## FIGURAS

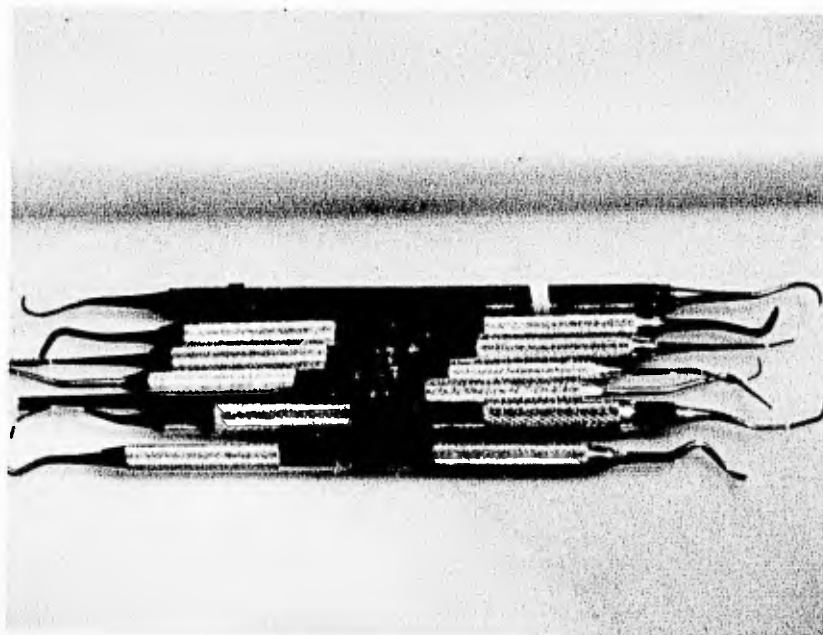


Fig. 1. Inmersión de instrumentos en glutaraldehído por 10 hrs.



Fig. 2. Esterilizador de Oxido de Etileno para uso hospitalario



Fig. 3. Cápsulas de Oxido de Etileno para uso en bolsas



Fig. 4. Esterilizador por plasma ionizante (Sterrad 100) de la Cia. Johnson & Johnson



Fig. 5. Olla de vapor a presión con manómetro ( Olla Exprés)



Fig. 6. Autoclave moderno para uso en clínicas Médico-Dentales



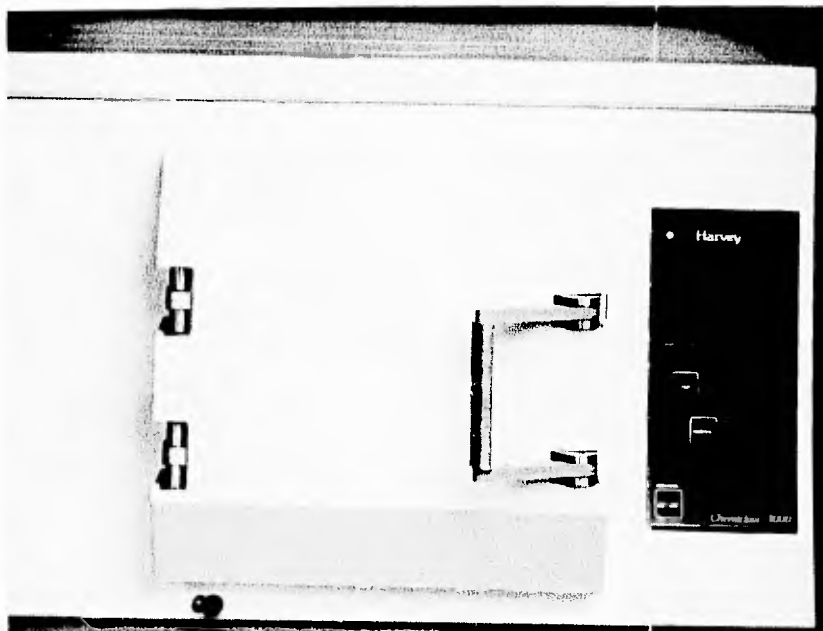


Fig. 7. Aparato de Vapor Químico a Presión (Quemiclave) para Médico-Dental.

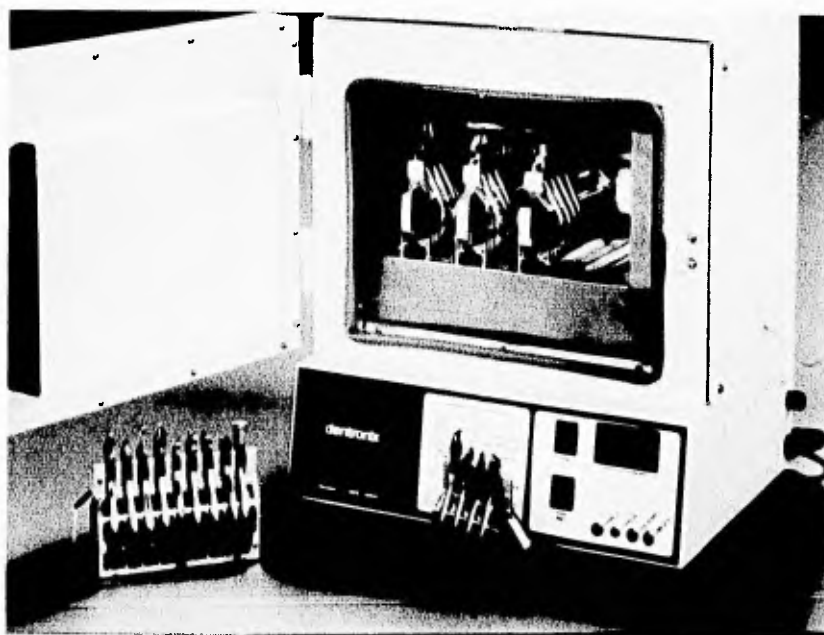


Fig. 8. Horno de Calor de Flujo Forzado.



Fig. 9. Horno de Calor Seco de Convección Natural.



Fig. 10. Indicadores de proceso de esterilización (Cintas Testigo)

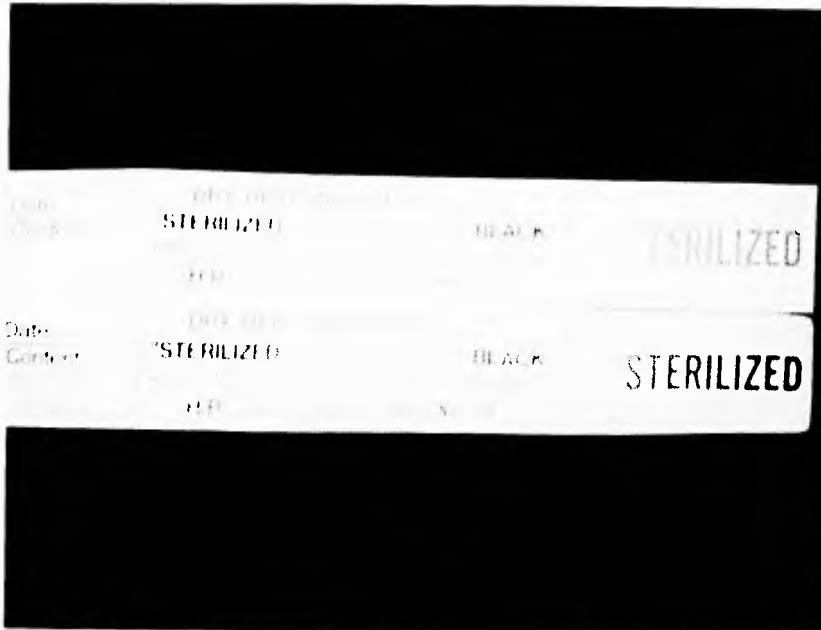


Fig. 11. Verificadores de Proceso (Especifico para Calor Seco)

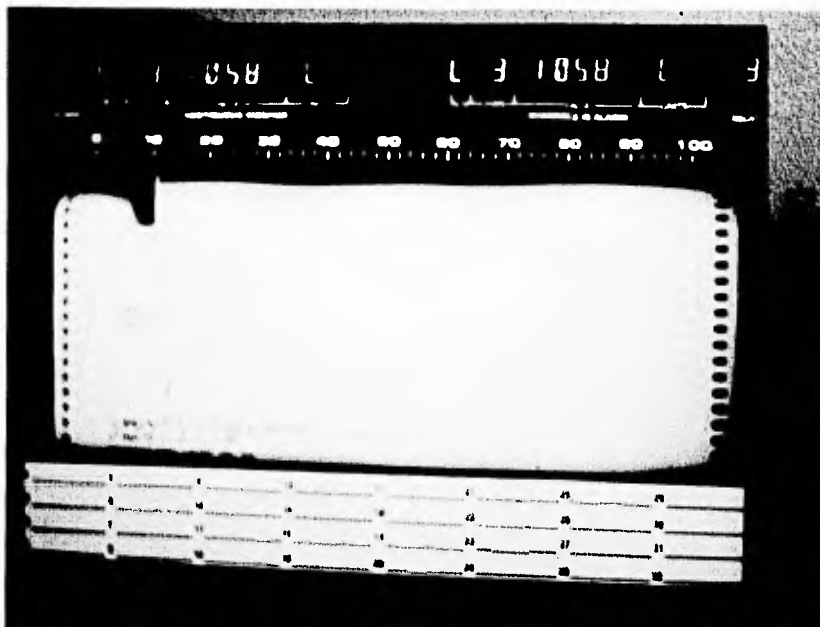


Fig. 12. Termógrafo multipunto Molytec 2702.

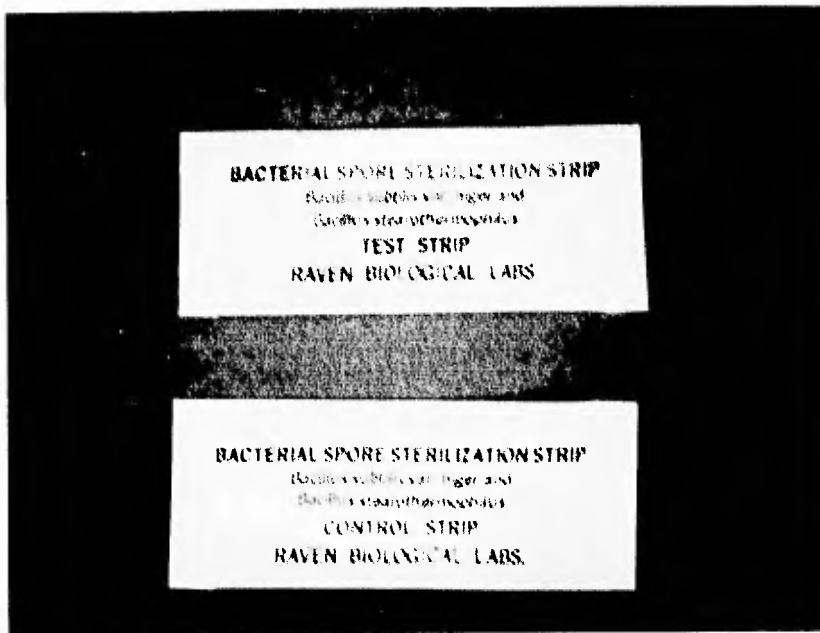


Fig. 13. Testigos Biológicos



Fig. 14. Cultivo de los Testigos Biológicos

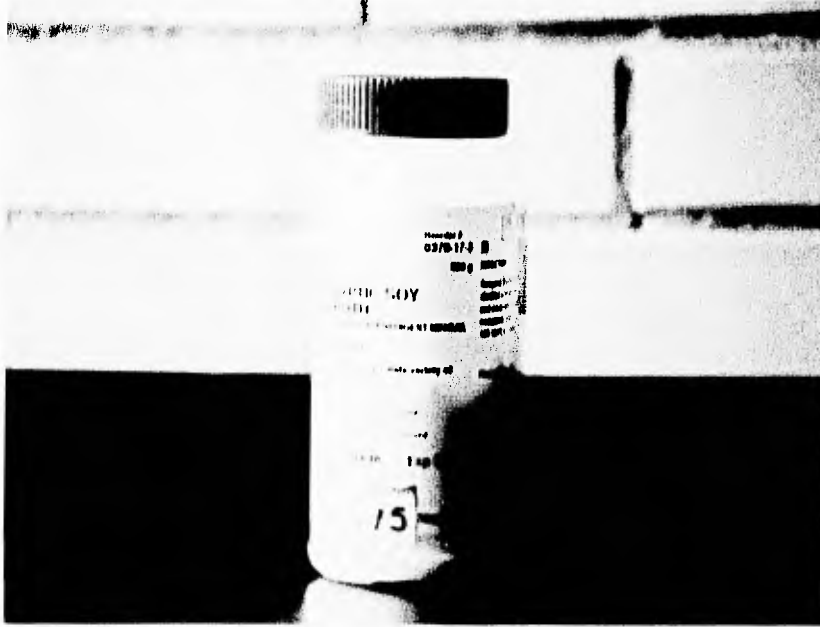


Fig. 15. Medio de cultivo enriquecido para el cultivo de *Bacillus subtilis*.

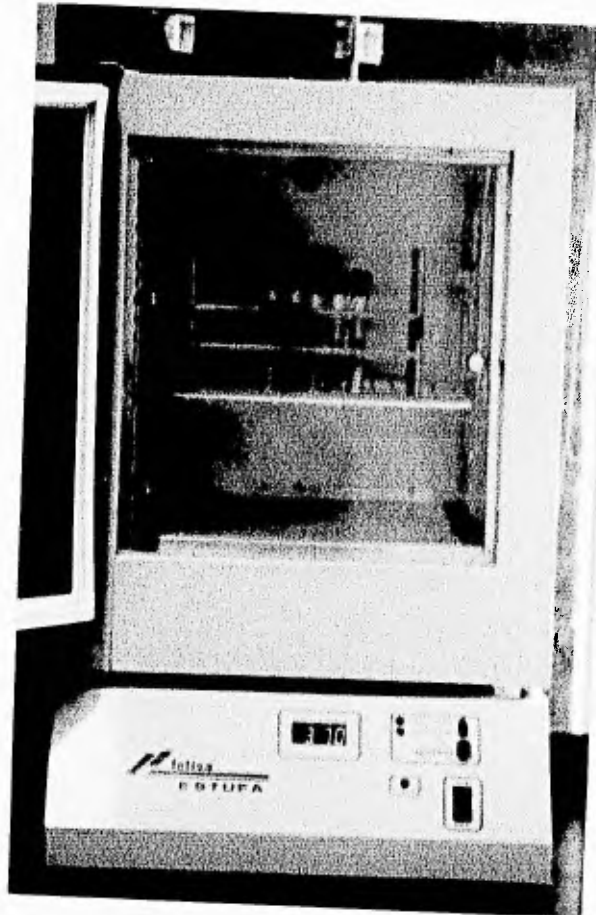


Fig. 16. Incubación de los Testigos Biológicos durante 72 hrs. A 37 °C.

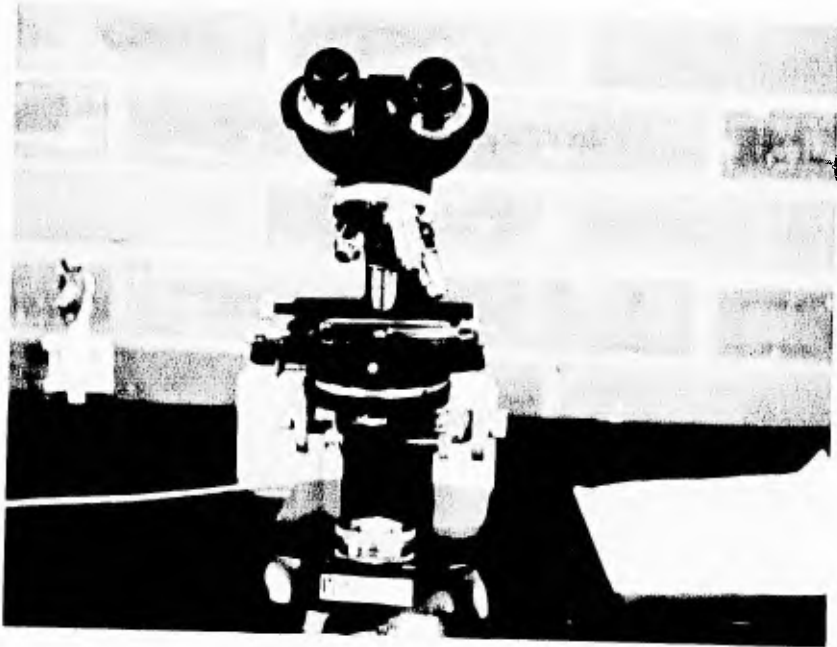


Fig. 17 Microscopio de campo claro.

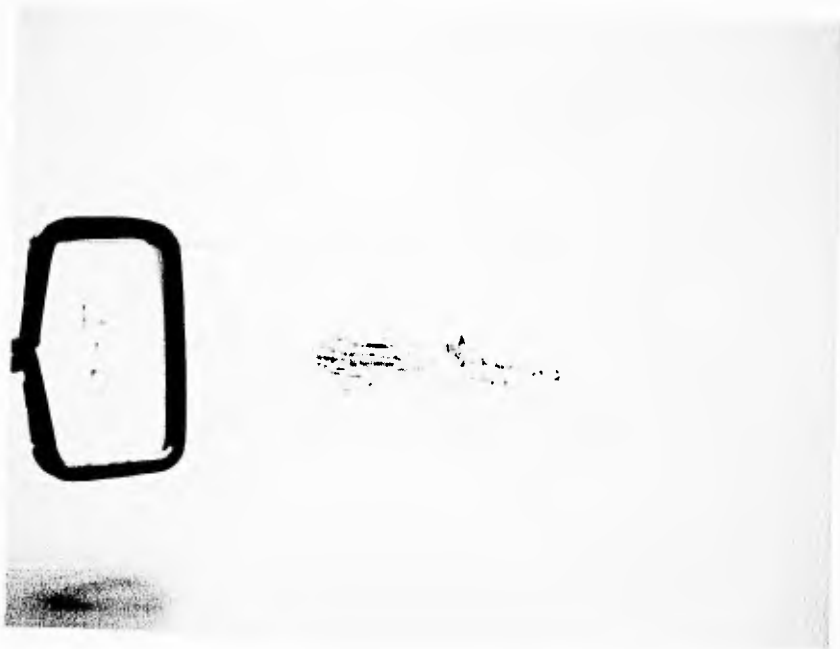
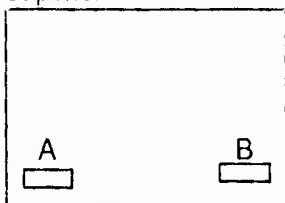


Fig. 18. Frotis con tinción de Gram realizada a los cultivos positivos.

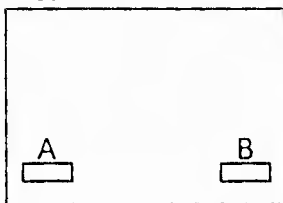


Prueba No. 1

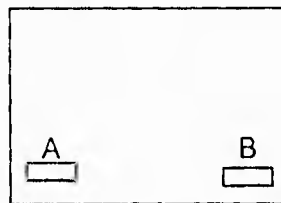
Superior



Nivel de la Cámara  
Media

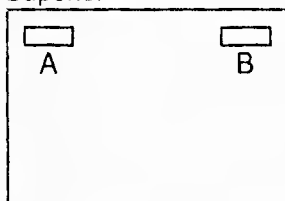


Inferior

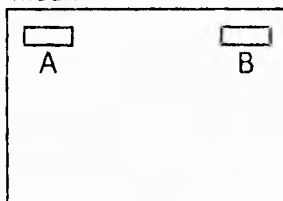


Prueba No. 2

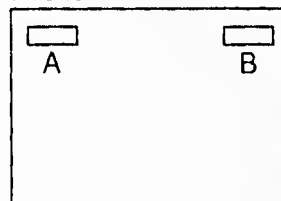
Superior



Nivel de la Cámara  
Media

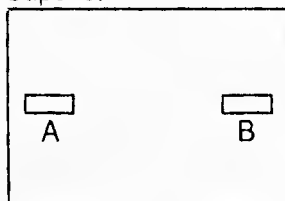


Inferior

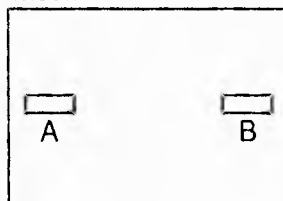


Prueba No. 3

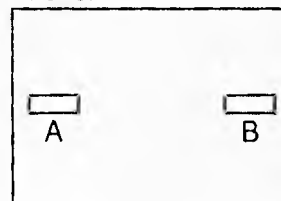
Superior



Nivel de la Cámara  
Media

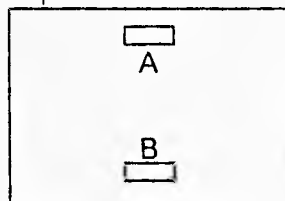


Inferior

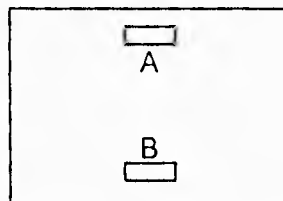


Prueba No. 4

Superior



Nivel de la Cámara  
Media



Inferior

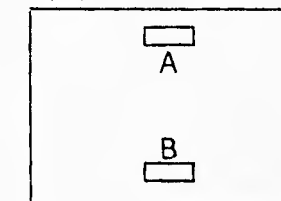


Fig. 19. Codificación de los testigos biológicos y los indicadores de proceso en el interior de la cámara de cada horno

			°C	minutos
0	DRY HEAT INDICATOR "STERILIZED" (white) - BLACK	STERILIZED	-27	0
1	DRY HEAT INDICATOR "STERILIZED" (white) - BLACK	STERILIZED	140	20
2	DRY HEAT INDICATOR "STERILIZED" (white) - BLACK	STERILIZED	180	30
3	DRY HEAT INDICATOR "STERILIZED" (white) - BLACK	STERILIZED	160	40
4	DRY HEAT INDICATOR "STERILIZED" (white) - BLACK	STERILIZED	170	50
5	DRY HEAT INDICATOR "STERILIZED" (white) - BLACK	STERILIZED	-170	60
6	DRY HEAT INDICATOR "STERILIZED" (white) - BLACK	STERILIZED	-170	70
7	DRY HEAT INDICATOR "STERILIZED" (white) - BLACK	STERILIZED	-170	60
8	DRY HEAT INDICATOR "STERILIZED" (white) - BLACK	STERILIZED	-170	90
9	DRY HEAT INDICATOR "STERILIZED" (white) - BLACK	STERILIZED	-170	100
10	DRY HEAT INDICATOR "STERILIZED" (white) - BLACK	STERILIZED	-170	110
11	DRY HEAT INDICATOR "STERILIZED" (white) - BLACK	STERILIZED	-170	120

Fig. 20. Escala de cambios de tono para determinar el grado de oscurecimiento de los verificadores de proceso

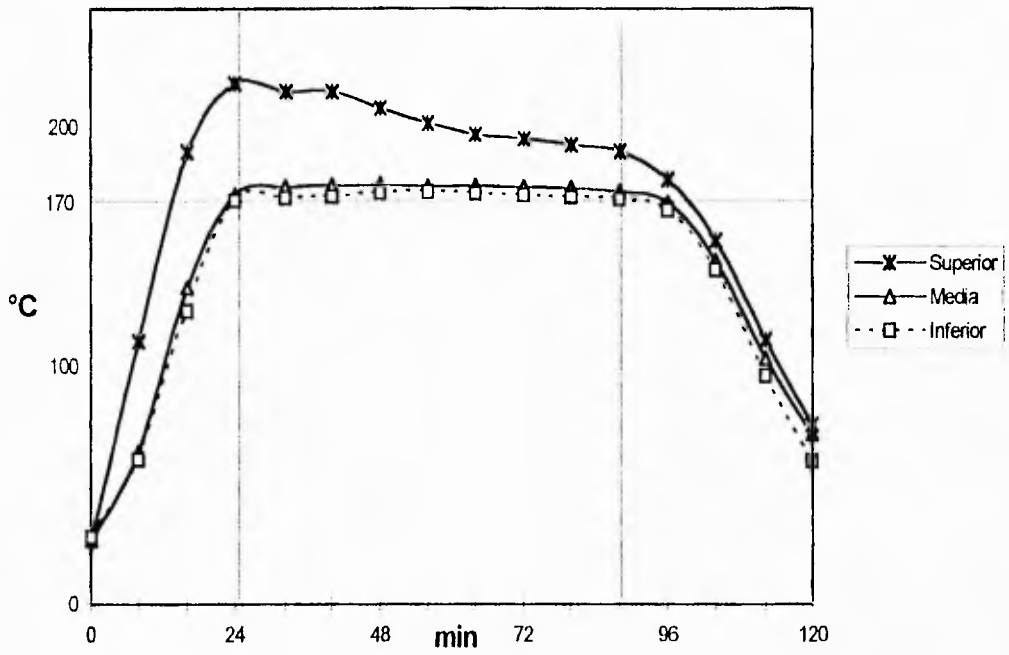


Fig. 21 Análisis termográfico del horno "A" vacío.

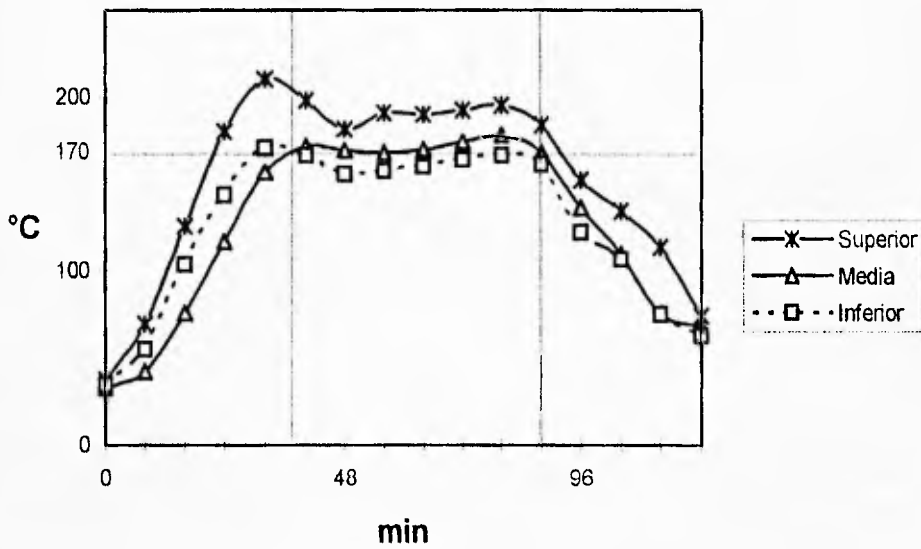


Fig. 22 Análisis termográfico del Horno "B" vacío.

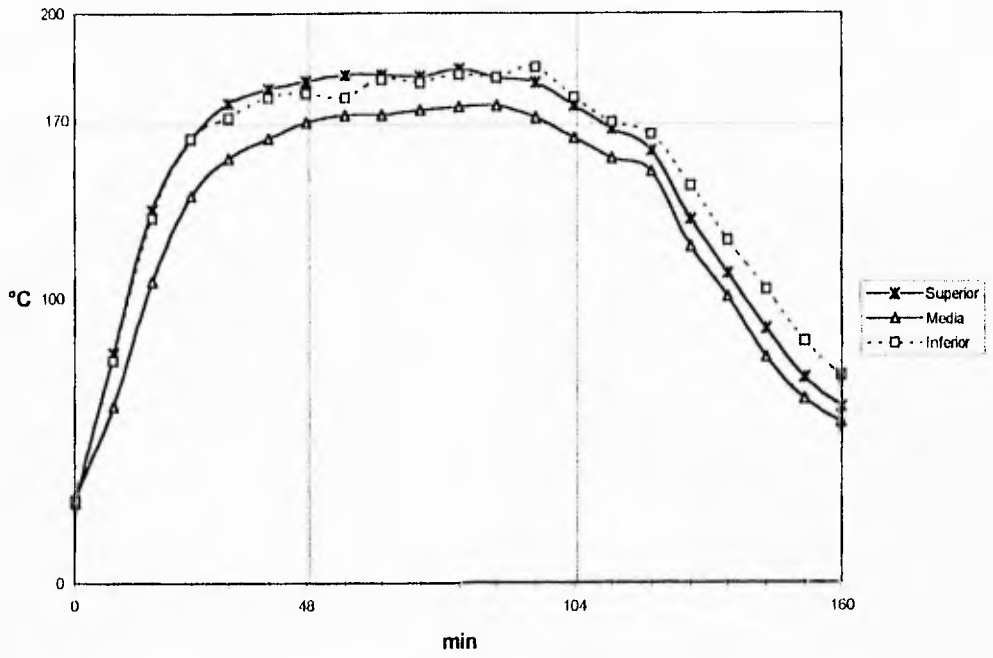


Fig. 23. Análisis termográfico del horno "A" con 2.5 kg. de instrumental.

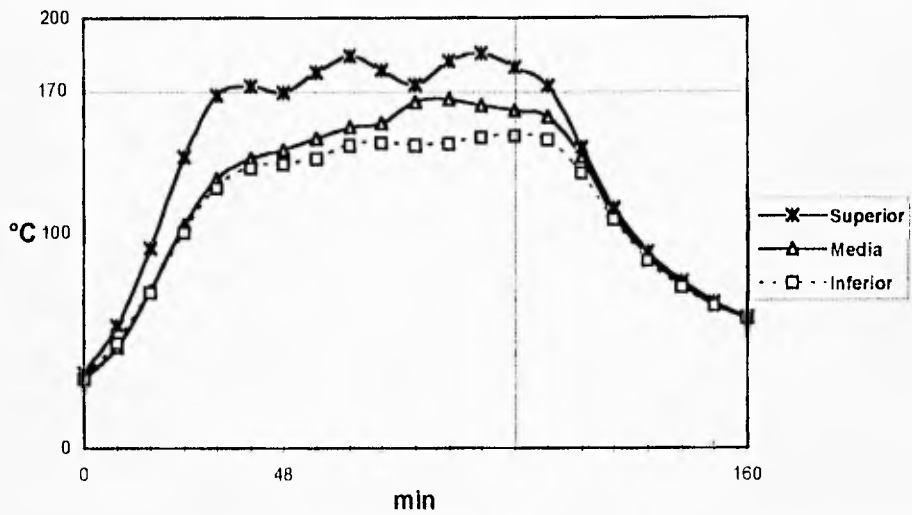


Fig. 24. Análisis termográfico del Horno "B" con 2.5 kg. de instrumental.

## TABLAS

Tabla 1.- Ventajas y desventajas de los diferentes métodos de esterilización.

Método de Esterilización	Condiciones Estándares de esterilización	Ventajas	Desventajas y Precauciones
Vapor a Presión			
Ciclo estándar	20 a 30 min. a 121°C con 15 lb de presión	Tiempo corto Buena penetración del calor Esteriliza líquidos con base de agua Esteriliza tela	No introducir contenedores cerrados No esteriliza plásticos termolabiles Puede corroer los instrumentos o dañar los filos.
Ciclo rápido "Flash"	3 a 5 min. a 134 °C con 30 lb de presión		
Vapor Químico Saturado	20 min. a 132 °C con 32 lb de presión	Buen tiempo de esterilización No produce corrosión	No introducir contenedores cerrados No esteriliza plásticos Usa soluciones especiales Se tiene que remojar el instrumental en soluciones especiales Requiere de una ventilación adecuada No se pueden esterilizar líquidos.
Calor Seco			
Convección natural	120 min. a 170 °C	No produce corrosión Se pueden usar contenedores cerrados	Tiempo largo en cada ciclo No se esterilizan líquidos No esteriliza plásticos
Flujo forzado	12 min. a 195 °C inst. envuelto 6 min. a 195 °C inst. Sin envolver	Buena capacidad en cada ciclo No produce corrosión Ciclo corto No daña los filos	No se debe abrir la puerta durante el ciclo Se puede contaminar el instrumental rápidamente.
Plasma Ionizante	75 min. de 10 a 40 °C	Esteriliza plásticos, tela No tiene subproductos tóxicos No necesita ventilación	Demasiado caro Solo existen modelos para hospitales No puede esterilizar papel, celulosa, algodón ni líquidos
Inmersión en Glutaraldehido	7 a 10 Hrs a 27 °C	Pueden esterilizarse instrumentos plásticos	Debe ser una sol. fresca Produce gases tóxicos Produce corrosión Ciclo muy largo
Oxido de Etileno	8 a 10 Hrs a temp. ambiente	Se puede esterilizar cualquier mat. sólido Buena capacidad	Ciclo muy largo Se requiere ventilación esp. Tiene alto costo.

**Tabla 2.- Causas por lo que fallan los ciclos de esterilización**

<p><b>Impropia penetración del calor en los ciclos de esterilización</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Saturación de instrumentos en la cámara de nuestro aparato de esterilización.</li><li>• Mala colocación de los paquetes de instrumentos o mala separación entre uno y otro</li></ul>
<p><b>Mala envoltura de los instrumentos</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Uso de contenedores sólidos cerrados en vapor de agua o vapor químico a presión.</li><li>• Envolver el instrumental en una envoltura inadecuada al método que se utilizará.</li><li>• Más de dos envolturas en el instrumental a esterilizar.</li><li>• Una excesiva envoltura de tela.</li></ul>
<p><b>Tiempo inadecuado</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Un incorrecto uso del esterilizador.</li><li>• Contar el tiempo de esterilización cuando se enciende un aparato de calor seco.</li><li>• Abrir la puerta de un esterilizador de calor seco una vez iniciado el ciclo.</li><li>• Un mal funcionamiento del aparato o del contador de tiempo.</li></ul>
<p><b>Temperatura inadecuada</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Un incorrecto uso del esterilizador.</li><li>• Mal funcionamiento del aparato de esterilización.</li></ul>
<p><b>Mal proceso de lavado del instrumental</b></p> <p>Los restos de sangre o saliva en los instrumentos no permiten su esterilización.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mal funcionamiento del ultrasonido</li><li>• Un mal lavado manual de los instrumentos</li></ul>

**Tabla 3.- Modelo matemático de que es esterilidad**

<b>Minuto</b>	<b>No. total de bacterias al inicia</b>	<b>No. de Bacterias que Mueren en un Minuto</b>	<b>No. de bacterias sobrevivientes después de un min.</b>	<b>Logaritmo de sobrevivencia</b>	
1	1,000,000	90% =	900,000	100,000	5
2	100,000	=	90,000	10,000	4
3	10,000	=	9,000	1,000	3
4	1,000	=	900	100	2
5	100	=	90	10	1
6	10	=	9	1	0
7	1	=	0.9	0.1	-1
8	0.1	=	0.09	0.01	-2
9	0.01	=	0.009	0.001	-3
10	0.001	=	0.0009	0.0001	-4
11	0.0001	=	0.00009	0.00001	-5
12	0.00001	=	0.000009	0.000001	-6

**Tabla 4.- Tipos de testigo biológico y su temperatura de incubación**

Tipo de esporas	Método de esterilización con el cual es usado	Temperatura de incubación
<i>Bacillus</i>	Calor seco	37 °C
<i>subtilis</i>	Oxido de etileno	
<i>Bacillus</i>	Vapor de agua a presión	56 °C
<i>stearothermophilus</i>	Vapor químico a presión	

**Tabla 5.- Resultado de pruebas biológicas por método de esterilización**

Método de Esterilización	Resultado Positivo a la Prueba		Resultado Negativo a la prueba	
	n	%	n	%
Vapor de Agua	1172	93.0	88	7.0
Vapor Químico	165	91.2	16	8.8
Calor Seco	370	91.8	33	8.2
Total	1707	92.6	137	7.4

Fuente Directa: 1993-1996

$\text{Chi}^2=1.22$

$P>0.05$



## ANEXO 1

Estructura de la base de datos: ESTERIL.BDF

Número de registros: 105

Fecha de la última actualización: 22/01/96

Campo	NombreCampo	Tipo	Longitud
1	Inf_ha	Numerico	11.1
2	Med_ha	Numerico	11.1
3	Sup_ha	Numerico	11.1
4	Inf_hb	Numerico	11.1
5	Med_hb	Numerico	11.1
6	Sup_hb	Numerico	11.1
7	Minutos	Numerico	11.1
8	Prueba	Numerico	11.1

## ANEXO 2

Estructura de la base de datos: ESPORAS.BDF

Número de registros: 1844

Fecha de la última actualización: 08/07/96

Campo	NombreCampo	Tipo	Longitud
1	Fecpru	Date	8
2	Metodo	Numerico	2
3	Result	Numerico	1