

# Caracterización de un proceso de esterilización a vapor saturado para Residuo Peligrosos Biológicos Infecciosos no patológicos

Cap. 1o. I. I. Sergio Salazar-Soto,\* M.M.C. Rebeca Vargas-Olmos,\*\*  
M.C. Miguel Ángel Karam-Calderón,\*\*\* Subtte. A.Q.B. Guadalupe Montaño-Rodríguez\*\*\*\*

Hospital Central Militar, Escuela Médico Militar. Ciudad de México.

## RESUMEN

Los Residuos Peligrosos Biológicos Infecciosos (R.P.B.I.) son desechos que se obtienen por la actividad de los centros hospitalarios. Su aparición dentro del marco normativo es relativamente nueva, representando un problema de saneamiento ambiental y por consecuencia dentro del ámbito de la salud pública. De los residuos generados por el Hospital Central Militar en el año 2002 (más de 131 toneladas), sólo 9% necesitaba incinerarse, y el resto podría haber sido sometido a un proceso de esterilización. Este estudio plantea la posibilidad de calcular los parámetros necesarios para efectuar un proceso de esterilización, con el fin de proponer el tratamiento *in situ*. Se efectuaron 156 análisis microbiológicos de residuos peligrosos biológicos infecciosos no patológicos, provenientes de 52 salas generadoras del Hospital Central Militar, con un procedimiento diseñado para el efecto. Se detectaron un total de 209 cepas de microorganismos (bacterias y hongos) y se realizaron 103 procesos de esterilización con base en los cálculos elaborados a partir de los resultados microbiológicos, obteniendo una efectividad del proceso mayor de 99%, considerando satisfactorios los resultados obtenidos.

*Characterization of a saturated steam sterilization process for non-pathological Infectious Biological Dangerous Residues*

## SUMMARY

Infectious Biological Dangerous Residues are wastes that are discard from the Medical Centers Activity, being their inclusion within the relatively new legal/regulatory frame, thus representing a very important environmental problem and therefore becoming a public health concern. The wastes generated by the Military Central Hospital in 2002 (more than 131 tons), only 9% was needed to be incinerated; the rest could have been submitted by a sterilization process. This research takes into account the possibility of reckoning the necessary parameters to carry out the sterilization process of performing the treatment *in situ*. One hundred and fifty six microbiological analyses of non-pathological infectious biological dangerous wastes were performed, generated from 52 Military Central Hospital wards using a designed procedure only for this purpose. Two hundred and nine microorganisms (bacteria and fungus) strains were detected and 103 sterilization processes were carried out based on the calculations made starting from microbiological results, obtaining process effectiveness greater than 99% considering the results obtained as satisfactory.

**Key words:** Infectious Biological Dangerous Residues, sterilization, microbiological analysis.

## Introducción

A partir de la década de 1980 y en paralelo al surgimiento de la epidemia de SIDA en el mundo, la sociedad empezó a

percibir los desechos sólidos de los hospitales como riesgos para la salud. El origen de este miedo lo constituyó el hallazgo de jeringas en playas turísticas de la costa este de Estados Unidos, y suponiéndose que provenían de hospita-

\*Alumno de la Maestría en Salud Pública de la Escuela Militar de Graduados de Sanidad.\*\* Jefa del Departamento de Microbiología y Profesora Titular de Microbiología de la Escuela Médico Militar. \*\*\* Investigador de la Universidad Autónoma del Estado de México y Profesor titular de Bioestadística de la Escuela Militar de Graduados de Sanidad.\*\*\*\* Profesor de Laboratorio de Microbiología de la Escuela Médico Militar.

Correspondencia:

Cap. 1o. I. I. Sergio Salazar-Soto.

Coordinación de Cursos de Salud Pública de la E.M.G.S.

Av. Periférico Esq. Cerrada de Palomas. Col. Lomas de Sotelo. C.P. 11200. México, D.F. Tel. y fax: 5520-2079.

Correo electrónico: cp\_soto@yahoo.com.mx

Recibido: Abril 10, 2004.

Aceptado: Octubre 12, 2004.

les, los medios de comunicación publicaron la noticia espectacularmente y llamaron para prevenir el gravísimo riesgo de epidemias de SIDA, hepatitis y otras infecciones originadas en los centros de atención médica.<sup>1,2</sup>

Algunos autores<sup>1,2,3</sup> consideran sobreestimado el riesgo atribuible al manejo de los residuos el cual, si bien existe, no es significativo; incluso, manifiestan que la basura doméstica contiene mayor cantidad de agentes patógenos que los residuos hospitalarios,<sup>4</sup> como se observa en el cuadro 1.

Sin embargo, otros autores<sup>5,6</sup> sí consideran altamente riesgoso el manejo de estos residuos, siendo los objetos cortopunzantes los que constituyen probablemente el mayor riesgo ocupacional en los manipuladores de desechos, por el daño que pueden causar y la transmisión de enfermedades.<sup>7</sup>

En el Hospital Central Militar (H.C.M.), durante el periodo enero-agosto del año 2002, se generaron 131 toneladas de residuos; el costo por su tratamiento fue de \$7.41 por kilo; en el citado periodo, la inversión para eliminarlos alcanzó los \$970,710.00, sólo en este centro hospitalario.<sup>8</sup>

El saneamiento ambiental es una importante función de la salud pública, cuyo propósito es controlar, disminuir o eliminar los riesgos derivados de ciertas condiciones especiales del ambiente, físico y social, que puedan afectar la salud.<sup>9</sup> Los residuos peligrosos entran dentro de los grandes retos del saneamiento ambiental.<sup>10</sup>

Los R.P.B.I. deberán ser tratados por medios físicos o químicos, que garanticen la eliminación de microorganismos patógenos y volverlos irreconocibles; los residuos patológicos deberán ser cremados, excepto aquellos que estén destinados a fines terapéuticos, de investigación y docencia. Una vez tratados e irreconocibles, los R.P.B.I. se eliminarán como residuos no peligrosos.<sup>11</sup>

La eliminación de los microorganismos que se encuentran en los R.P.B.I. y que le dan su carácter de infectocontagiosos, se puede realizar por el método de esterilización. La incineración y la esterilización son los métodos más comunes para el tratamiento de los residuos hospitalarios.<sup>4</sup>

No existen registros de infecciones asociadas con la operación del método de esterilización para los operadores,<sup>2</sup> y una tercera parte de los hospitales en Estados Unidos trata los residuos en sus propias instalaciones con vapor.<sup>2</sup>

La característica de los R.P.B.I. que los vuelve potencialmente materiales peligrosos, es su capacidad de conte-

ner agentes biológicos capaces de provocar enfermedad al hombre. Solamente se ha reportado la existencia y concentración de bacterias en los R.P.B.I.<sup>2,4,6</sup> y se habla de la existencia potencial de virus, principalmente, hepatitis B y VIH.<sup>2,5,6</sup> No existen artículos publicados que ofrezcan información sobre la posibilidad de presencia de hongos en los residuos.

Para efectos de esterilización, sólo se debe considerar la existencia de bacterias, ya que ellas podrían sobrevivir a los efectos físicos provocados por el vapor por un tiempo de exposición corto.

Si bien algunos virus son extremadamente infecciosos, para efectos de esterilización no son considerados, ya que difícilmente sobreviven al medio ambiente a temperaturas superiores a 40 °C.

Actualmente, la NOM-087-ECOL-SSA1-2002, no especifica los parámetros ni la metodología mediante la cual se deben esterilizar los materiales susceptibles de tratarse por el método de vapor saturado (residuos no patológicos), por lo que la opción de efectuar un estudio de ingeniería sanitaria para la caracterización de un proceso de esterilización es factible, en miras de sustentar la teoría y conocimientos científicos que permitan, en un futuro, diseñar la infraestructura para conseguir la autosuficiencia en el tratamiento de residuos peligrosos biológicos infecciosos no patológicos, con la posibilidad de abatir costos, contribuir en la política de ahorro por parte del gobierno federal y, principalmente, la disminución de exponer a la población a estos residuos al efectuar el tratamiento dentro de las instalaciones.

## Material y métodos

Para establecer el tiempo necesario para efectuar un proceso de esterilización a vapor saturado a 20 psias de presión y una temperatura de 121 °C para R.P.B.I. no patológicos, fue necesario materializar un método de análisis microbiológico para detectar la presencia y la cantidad de microorganismos en los R.P.B.I.

Una vez detectados e identificados, se seleccionó al microorganismo que fuese la base para el cálculo del proceso de esterilización.

Una vez efectuados los cálculos necesarios, se realizaron las pruebas de laboratorio y se analizaron los resultados.

**Cuadro 1.** Contaminación microbiana en basura domiciliaria y residuos hospitalarios (bacterias/gr).

Bacteria	Basura domiciliaria	Cuarto general	Cuidados intensivos	Quirófanos
Aerobias	$6.1 \times 10^9$	$3.4 \times 10^8$	$2.2 \times 10^6$	$2.3 \times 10^4$
Gram negativas	$6.0 \times 10^7$	$2.8 \times 10^7$	$7.2 \times 10^4$	$5.8 \times 10^3$
Estreptococos grupo d	$1.0 \times 10^7$	$1.2 \times 10^6$	$2.9 \times 10^5$	0

Fuente: Dieter H, Gröschel M. Waste management. In: Balows A, Hausler WJ, Isenberg HD, Shadomy HJ. Manual of clinical microbiology. 5th Ed. USA; 1991, p. 201-8.

## Muestreo

De la bitácora del depósito temporal de R.P.B.I. del H.C.M., se identificaron las salas que en forma diaria (incluyendo sábado y domingo) generan R.P.B.I., con el objetivo de que en el momento de la recolección de muestra siempre exista material por recolectar.

Se identificaron 52 salas que generan en forma diaria residuos (esta identificación se realizó en agosto del 2003).

Considerando el tamaño del universo de 52 salas, un nivel de confianza de 95%, un error máximo aceptable de 5% y un porcentaje estimado de la muestra de 50% (como no se conoce la frecuencia de actividad biológica en los R.P.B.I., se consideró ese valor). Se obtiene un tamaño de muestra de 46 salas; sin embargo, se muestreó la totalidad del universo.

A dichas salas se les numeró en forma aleatoria conformando un rol de recolección.

Posterior a la elaboración de este rol, se acudió a los cuartos de curaciones de las salas entre las 10:00 y las 11:00 h, extrayendo las muestras de residuos, las cuales se elegían entre la bolsa roja y el contenedor de punzocortantes, mediante números aleatorios asignándole la terminación 1 para punzocortante (10% de probabilidad de ser seleccionada) y del 2 al 0 a la bolsa roja (90% de probabilidad de ser seleccionada).

## Análisis microbiológico

La recolección de material se efectuó en tres períodos: septiembre-noviembre del 2003, diciembre 2003-febrero 2004, y marzo-mayo del 2004. El primero tuvo por objeto identificar los microorganismos presentes en los residuos, y en los períodos restantes se identificaba el microorganismo y se esterilizaba la muestra en función de los cálculos generados al finalizar el primer muestreo.

Una vez extraída la muestra se trasladaba al Laboratorio de la E.M.M. y se procesaba la muestra antes de 30 minutos de su selección.

El análisis microbiológico fue diseñado en el laboratorio, ya que no existen referencias de análisis similares en México\* y en el extranjero sólo se encontraron dos estudios publicados.<sup>2,3</sup>

De la muestra se obtuvieron dos fracciones: una con peso de 20 gr y otra de 200 gr. La primera fue destinada para el análisis microbiológico y la segunda para la esterilización (sólo en la recolección de invierno y primavera).

La fracción de 20 gr se colocó en un vaso de precipitados estéril (dependiendo de su volumen se colocaba en un vaso de 500, 400 o 200 mL), se le adicionó 80 mL de agua peptonada y se dejó incubando a 37 °C, a 240 R.P.M., en un periodo de 24 h.

Habiendo transcurrido las 24 h del líxiviado generado, se extrajeron 400 µL (con micropipeta en la cámara de flujo laminar, previa desinfección con luz UV de 30 minutos); 200 mL se sembraron en agar sangre y los 200 µL restantes

se sembraron en agar sabouraud. El líxiviado se conservó a 4 °C.

La caja con agar sangre se incubó a 37 °C, con 75% de humedad por 24 h, y la caja con agar sabouraud se dejó incubando a temperatura ambiente por siete días.

Después de las 24 h, se verificó si había crecimiento en agar sangre; en caso de ser positivo se procedía a la separación de colonias, su conteo, identificación por tinción de Gram, resiembra en medios selectivos e identificación de género y especie aislada. Cuando no existió actividad biológica en agar sangre, se obtuvieron nuevamente 200 µL del líxiviado, que fue guardado a 4 °C y se resembró en caldo nutritivo por 24 h a 75%. Si después de ese periodo se presentaba actividad biológica, se procedía nuevamente a extraer 200 µL y se resembraba en agar sangre; por el contrario, si no existió actividad biológica, se declaró sin actividad bacteriana.

Después de siete días se verificó si había actividad micótica; en caso positivo se procedía a la identificación del género y especie del hongo por medio de microcultivo, en caso contrario se declaraba sin actividad micótica.

La muestra que no presentó actividad bacteriológica ni micótica se declaraba sin actividad biológica para efectos de esta investigación.

Al finalizar el primer periodo de recolección, se procedió al cálculo del proceso de esterilización, y a partir del segundo se efectuaron las pruebas de esterilización a nivel de laboratorio con los 200 g seleccionados para el efecto.

Al terminar el proceso y con objeto de verificar su efectividad, se procedía nuevamente a efectuar análisis microbiológico para verificar la ausencia de actividad biológica en los residuos esterilizados.

El material y el algoritmo del análisis microbiológico se encuentran en la figura 1 y cuadro 2.

## Resultados

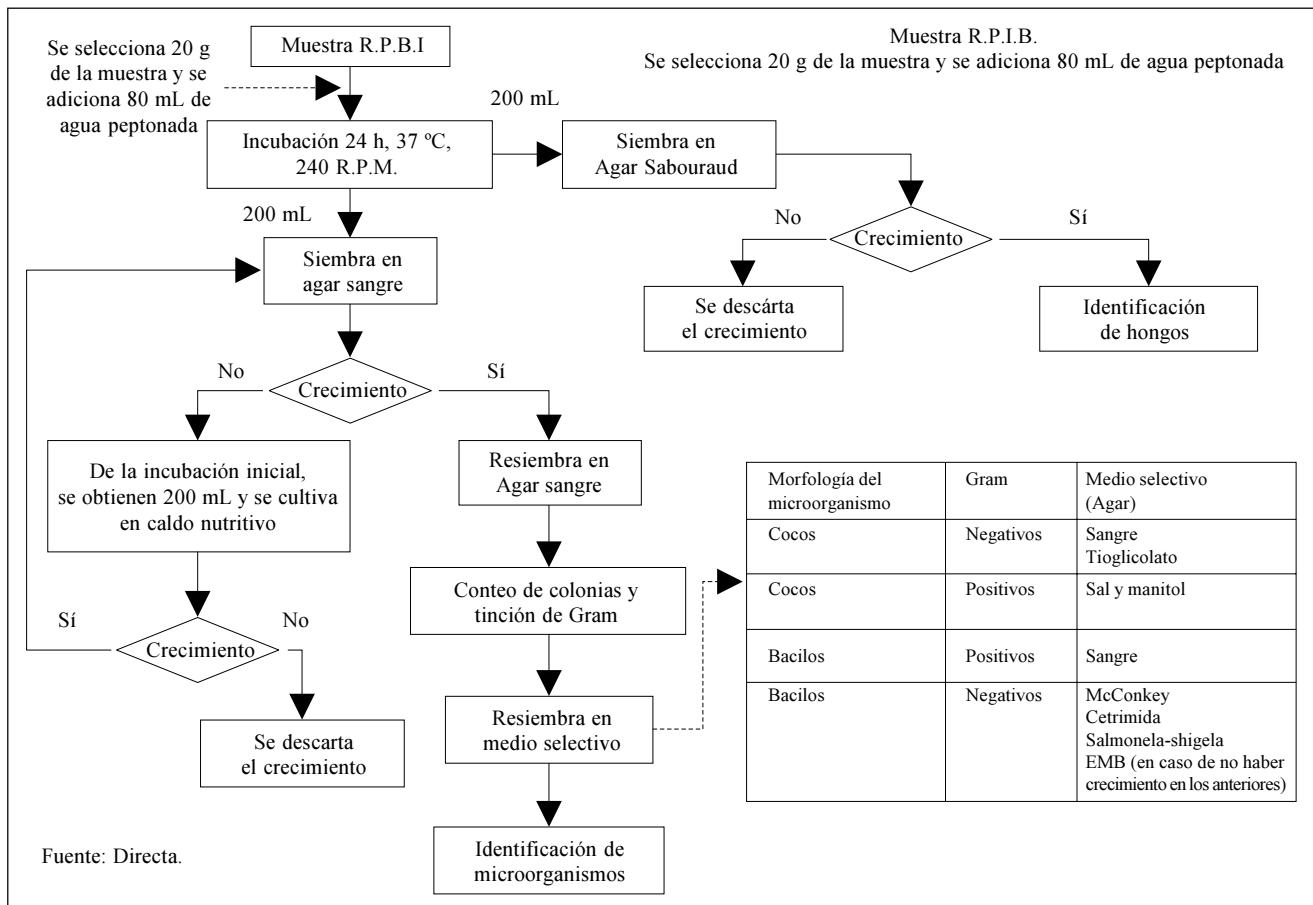
### Análisis microbiológico

Durante los tres períodos de muestreo realizados (otoño, invierno y primavera), se detectaron 73, 65 y 71 cepas de microorganismos respectivamente (*Cuadro 3*).

La presencia de cocos Gram positivos (52.15%) y bacilos Gram negativos (43.06%) en los residuos, es destacable, ya que tan sólo estos dos grupos de bacterias representaron 95.21% del total de microorganismo detectados.

Otra forma de expresar los resultados obtenidos del análisis realizado, es efectuando el conteo de cepas obtenidas en cada una de las muestras. La proporción de muestras donde sólo se desarrolló una cepa en toda la investigación fue de 55.77%, la proporción de muestras con desa-

\* Se consultó en diversos laboratorios de investigación como INDRE, Centro de Estudios Avanzados del IPN, UNAM y H.C.M., con el objetivo de verificar si existía algún procedimiento de análisis de R.P.B.I., no encontrando referencias ni metodologías.

**Figura 1.** Metodología del análisis microbiológico de R.P.I.B. no patológicos.**Cuadro 2.** Lista de material utilizado.

Equipo de laboratorio	Reactivos	Instrumental
<ul style="list-style-type: none"> <li>Esterilizador</li> <li>Autogenerado</li> <li>Microscopio óptico</li> <li>Contador de colonias</li> <li>Foto microscopio</li> <li>Agitador-Incubadora programable</li> <li>Parrilla agitadora con calentador</li> <li>Balanza analítica</li> <li>Incubadora</li> <li>Campana de cultivo</li> <li>Cámara frigorífica</li> <li>Medidor de pH</li> <li>Micro pipetas con puntas</li> <li>Mechero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medios de cultivo: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agar sangre</li> <li>- Agar sal y manitol</li> <li>- Agar sabouraud</li> <li>- Agar McConkey</li> <li>- Agar cetrimida</li> <li>- Agar EMB</li> <li>- Agar salmonela-shigela</li> <li>- Tioglicolato</li> <li>- Caldo nutritivo</li> <li>- Agua peptonada</li> <li>• Insumos para pruebas de catalasa y coagulasa</li> <li>• Insumos para tinciones de Gram</li> <li>• Insumos para tinciones de hongos</li> <li>• Insumos para pruebas bioquímicas</li> <li>• Viales de sangre de carnero</li> <li>• Testigos biológicos</li> <li>• Gas CO<sub>2</sub> para incubadora</li> <li>• Azul de lactofenol</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>600 cajas petridesechables</li> <li>10 juegos de cristalería para microcultivo de hongos</li> <li>2 matraces de 1000 mL</li> <li>2 matraces de 500 mL</li> <li>2 vasos de precipitados de 500 mL</li> <li>3 vasos de precipitados de 400 mL</li> <li>3 vasos de precipitados de 200 mL</li> <li>50 tubos de ensaye de 20 mL</li> <li>Juego de pipetas</li> <li>Pinzas</li> <li>Gradillas</li> <li>300 portaobjetos</li> <li>150 cubreobjetos</li> </ul>

Fuente: Directa.

**Cuadro 3.** Distribución de microorganismos detectados por morfología en los tres períodos de recolección.

Morfología	Períodos de muestreo			Total identificados
	Otoño	Invierno	Primavera	
Cocos Gram positivos	34	39	36	109
Cocos Gram negativos	0	0	0	0
Bacilos Gram positivos	2	0	0	2
Bacilos Gram negativos	29	23	28	90
Hongos	8	3	7	18
Total identificados	73	65	71	209

Fuente: Directa.

**Cuadro 4.** Cepas detectadas por muestra durante los tres períodos de muestreo.

Desarrollo de cepas por muestra	Períodos de muestreo			Total de muestras
	Otoño	Invierno	Primavera	
Sin desarrollo	3	6	2	11
Desarrollo de 1 cepa	27	31	29	87
Desarrollo de 2 cepas	15	8	16	39
Desarrollo de 3 o más cepas	6	6	5	17
Rechazadas	1	1	0	2
Total de muestras	52	52	52	156

Fuente: Directa.

**Cuadro 5.** Bacterias desarrolladas en las 156 muestras.

Género y especie	No. de cepas desarrolladas	Unidades formadoras de colonias por cepa desarrollada
<i>Staphylococcus aureus</i>	69	Todas con más de 100,000
<i>Escherichia coli</i>	58	Todas con menos de 250
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	31	Todas con más de 100,000
<i>Enterobacter amnigenus</i>	8	Todas con menos de 30.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	6	Todas con menos de 30.
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	4	Todas con menos de 15.
<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	3	Todas con más de 100,000
<i>Enterobacter hormaechei</i>	3	12, 21 y 26
<i>Escherichia hermanni</i>	2	7 y 13
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	1	48
<i>Acinetobacter iwoffii</i>	1	23
<i>Staphylococcus sciuri</i>	1	19
<i>Flavimonas oryzihabitans</i>	1	8
<i>Pasteurella multocida</i>	1	3
<i>Amphibacillus xylyanus</i>	1	4
Cepa sin identificar	1	Móvil
<b>TOTAL</b>	<b>191</b>	

Fuente: Directa.

rrollo de dos cepas fue de 25%, muestras con tres o más cepas fue de 10.89%, y 7.06% correspondió a muestras sin desarrollo; 1.28% fue rechazado (*Cuadro 4*).

Todos los cocos Gram positivos detectados pertenecen al género *Staphylococcus*, destacando principalmente *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis* (ambos con más de 100,000 unidades formadoras de colonias). También se identificaron algunas cepas de *Staphylococcus haemolyticus*, *Staphylococcus sciuri* y *Staphylococcus intermedius* (*Cuadro 5*).

De los bacilos Gram negativos destacaron: *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter amnigenus*, *Pseu-*

*domonas aeruginosa*, *Enterobacter hormaechei* y *Enterobacter amnigenus*,

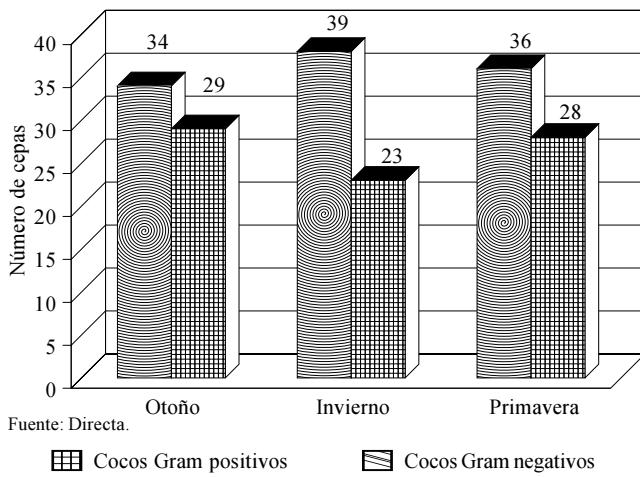
Sólo en otoño se detectaron bacilos Gram positivos, de las dos cepas únicamente fue posible identificar una, *Amphibacillus xylyanus*; la otra cepa no se identificó por pruebas bioquímicas, sólo se aisló el ADN para su posterior identificación por parte del Laboratorio de Microbiología de la Escuela Médico Militar.

Respecto a los hongos, se aislaron e identificaron *Penicillium notatum*, *Aspergillus flavus*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Candida tropicalis*, *Candida albicans*, *Candida krusei* y *Aspergillus terreus* (*Cuadro 6*).

**Cuadro 6.** Hongos desarrollados en las 156 muestras realizadas.

Género y especie	No. de cepas desarrolladas	Unidades formadoras de colonias por cepa desarrollada
<i>Penicillium notatum</i>	4	1 y 2
<i>Penicillium chrysogenum</i>	3	1
<i>Aspergillus terrus</i>	3	2
<i>Aspergillus flavus</i>	2	17
<i>Candida krusei</i>	1	Levaduras
<i>Candida albicans</i>	1	Levaduras
<i>Candida tropicalis</i>	1	Levaduras
<i>Alternaria alternata</i>	1	1
<i>Cladosporium herbarum</i>	1	1
<i>Scopularis brevicaulis</i>	1	1
TOTAL	18	

Fuente: Análisis microbiológico de la investigación.



Fuente: Directa.

**Figura 2.** Distribución de las cepas de cocos Gram positivos y bacilos Gram negativos durante los períodos de estudio.

También se apreció diferencia entre la cantidad de cepas de bacilos Gram negativos y cocos positivos en los diferentes períodos (*Figura 2*).

Esta distribución concuerda con:

1. La incidencia de enfermedades respiratorias y el incremento de cepas de cocos Gram positivos.
2. La cantidad de cepas de bacilos Gram negativos concuerda con la baja incidencia de enfermedades gastrointestinales en invierno.

### Proceso de esterilización

La cinemática de inactivación de un microorganismo sometido a un proceso de esterilización a vapor, se expresa por la ecuación diferencial:

$$S = S_0 e^{-kt} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

S = Cantidad de microorganismos al final de la exposición.

$S_0$  = Cantidad de microorganismos al inicio de la exposición.

k = Constante de decaimiento.

t = Tiempo de exposición.

El género *Staphylococcus* se presentó en 97% de sus cepas identificadas, con más de 100,000 unidades formadoras de colonias (U.C.F.), por lo que es la bacteria en la que se basaron los cálculos de esterilización.

Para la obtención de  $S_0$ :

$$S_0 = U.F.C./mL \text{ de muestra en placa. (Ecuación 2)}$$

Sustituyendo:

$$S_0 = 100,000/0.200 \text{ mL}$$

$$S_0 = 5 \times 10^5 \text{ bacterias por cada mL}$$

Para el género *Staphylococcus*, la constante de decaimiento es:

$$k = 0.0167 \text{ seg}^{-1}$$

Sustituyendo los valores siguientes en la ecuación anterior se obtiene:

$$t = 19.99 \text{ minutos}$$

El proceso de esterilización necesario para eliminar los agentes biológicos infecciosos de los residuos hospitalarios, necesita una presión de 21 psias, una temperatura de 121 °C y 19'59" de exposición, con una distribución uniforme del vapor en el interior de la cámara.

### Resultados del proceso de esterilización

Se efectuaron 103 procesos de esterilización con las muestras recolectadas en los períodos de invierno y primavera, obteniendo resultados negativos de desarrollo bacteriano y micológico en 99.02% de las pruebas. Solamente una prueba resultó positiva desarrollándose *S. aureus* (*Cuadro 7*).

**Cuadro 7.** Resultados de las pruebas de esterilización.

	Sin actividad	Con actividad	Microorganismo identificado
Pruebas de esterilización	102	1	<i>Staphylococcus aureus</i>

Fuente: Proceso de esterilización de la investigación.

## Discusión

El cálculo del proceso de esterilización se basa en la detección del organismo más difícil de eliminar; esto obligaba a muestrear directamente de las salas de hospital si se quería residuos con máxima actividad biológica.

El siguiente paso fue determinar qué salas serían seleccionadas, por lo que se consultó la bitácora del depósito y se identificaron las salas que diariamente generan residuos, por lo que no importando el día siempre se garantizaba la muestra.

Con objeto de tener siempre el mismo criterio del lugar de la sala donde se extraía la muestra, se acordó tomarla del cuarto de curaciones de cada una de ellas, entre las 10:00 y las 11:00 h, una hora antes de la recolección de los afanadores que es a las 12:00 h, lo que garantizaba un volumen adecuado para los análisis. Sólo en el caso de los quirófanos, se solicitó a las encargadas de cada uno que trasladaran la muestra al transfer.

Uno de los factores favorables para el estudio fue el tiempo, ya que se contó con el periodo de septiembre del 2003 a mayo del 2004 para realizarlo, estableciendo un plan de trabajo que permitiera recolectar muestras durante tres estaciones del año; lo anterior fue con la finalidad de detectar algún cambio tanto en la cantidad, concentración, así como la diversidad de los microorganismos detectados.

La diversidad y la concentración de los microorganismos detectados en los tres periodos no presentaron diferencias; sin embargo, en la cantidad de microorganismos (número de cepas detectadas) sí existió diferencia entre los períodos invierno-primavera, estadísticamente.

Del análisis microbiológico de los R.P.B.I., se seleccionó al género *Staphylococcus* para el cálculo de la esterilización por tres razones fundamentales:

1. En casi todas las cepas del género *Staphylococcus* identificadas, las unidades formadoras de colonias fueron incontables; esto es, más de 100,000 U.F.C. por cada 200 mL de muestra.
2. Dentro de este género, el *Staphylococcus aureus* se presentó con mayor frecuencia; esta bacteria es el miembro más virulento del género.
3. El otro organismo susceptible de ser seleccionado, *A. xylosox*, fue un bacilo Gram positivo formador de esporas; se le pudo haber considerado para el cálculo, sólo que su baja concentración (4 U.F.C. por cada 200 mL) habría tenido como resultado un tiempo reducido, suficiente para eliminar la cantidad de *A. xylosox* presente, pero no la gran cantidad de *Staphylococcus sp.* detectados. Ade-

más, la literatura no lo reporta como patógeno para el ser humano.

La posibilidad de que las bacterias y virus sean arrastrados mecánicamente a los residuos, se debe a su capacidad adherente a materiales sintéticos (cápsula polisacárida),<sup>12</sup> y el rango de temperatura para su crecimiento son factores que explican su presencia en los R.P.B.I. y su gran concentración.

De las pruebas de esterilización efectuadas en el laboratorio, sólo una resultó con actividad microbiológica; aislando *S. aureus*. Se efectuó un estudio de sombra para determinar si la presencia de *S. aureus* fue por causas ajenas al proceso, ya que este resultado se presentó en la muestra núm. 56 (4a. en el ensayo de esterilización). Se observó que:

1. Los vasos de precipitados estériles, destinados al análisis microbiológico del proceso de esterilización, se encontraban en un anaquel de fácil acceso en el cuarto de esterilización, los cuales pudieron manipularse sin guantes previo a su uso.
2. El fenol preparado y utilizado en esta fase del estudio también se encontraba con fácil acceso, el cual pudo haber sido extraído y contaminado, reduciendo su poder desinfectante.
3. No se podía garantizar la esterilidad en los bordes del vaso de precipitado que contenía el agua peptonada, destinada para el análisis microbiológico después de esterilizar, por el contacto con el aire al trasladarlo de la cámara de flujo laminar al cuarto de esterilización.

Se tomaron las medidas de necesarias para eliminar estas posibles causas. Las acciones consistieron en:

1. Colocar los vasos de precipitados en la misma área que los vasos destinados para el análisis microbiológico de las muestras antes de esterilizar en el laboratorio de investigación.
2. El fenol utilizado para desinfectar el papel parafilm, destinado al sellado de los vasos, se separó de los reactivos del laboratorio.
3. Se desinfectaban los bordes del vaso de precipitados que contenían el agua peptonada justo antes de utilizarse en el cuarto de esterilización.

Con estas medidas ya no se registraron muestras positivas después de esterilizar, por lo que se considera que el resultado positivo del proceso de esterilización obtenido en la investigación se debió a causas no atribuibles al mismo.

## Conclusiones

De acuerdo con los resultados presentados en esta investigación, se puede concluir que:

1. El cálculo de tiempo efectivo de exposición de los agentes patógenos detectados en los R.P.B.I. no patológicos a un agente físico, como es el vapor saturado, fue correcto; por lo tanto, a nivel de laboratorio, la esterilización de los citados residuos se puede considerar eficaz.
2. La biodiversidad de bacterias encontradas concuerda con la poca literatura disponible, por lo que el método de análisis microbiológico diseñado y puesto en práctica fue efectivo.
3. La aportación de este estudio al describir el género y especie de los microorganismos detectados es de suma importancia, ya que se pueden realizar diseños de estudios epidemiológicos capaces de evaluar la probable exposición a agentes patológicos en el personal que manipula esta clase de residuos.
4. La detección de hongos en los residuos puede contribuir como indicador ambiental de las áreas del nosocomio, siendo una fuente importante para la realización de un mapa de riesgos ante estos agentes en el H.C.M.

## Referencias

1. Editorial: Basura hospitalaria: comentarios sobre sus riesgos y regulación. Enf Infeccio Microbiol 1999; 19(1): 1-4.
2. The Society for Hospital Epidemiology of America. Medical Waste. Infection Control and Hospital Epidemiology. 1: 38-48.
3. Nascimento SA, Silviera BR, Santos ML. Criteria for definition of environmental contamination indicators related to solid waste from health care facilities: a proposal for evaluation. Cad Saúde Pública 2002; 18(5): 1401-9.
4. Dieter H, Gröschel M. Waste management. In: Balows A, Hauscer WJ, Isenberry HD, Shadomy HJ. Manual of clinical microbiology. 5th Ed. USA; 1991, p. 201-8.
5. Karam CMA, Jiménez García. Residuos generados por dos hospitales del sector público del municipio de Toluca. 1997-2000.
6. Valdovino NG. Identificación de factores de riesgo asociados con el manejo de residuos peligrosos biológicos infecciosos en trabajadores de hospitales de nivel III en la Ciudad de México. Rev Biomed 2003; 14: 131-42.
7. Junco DRA, Olivia PS, Barroso UI, Guanche GH. Riesgo ocupacional por exposición a objetos cortopunzantes en trabajadores de la salud. Rev Cub Hig Epi 2003; 41(2).
8. Fuente: Sección de medicina preventiva y proyección de la salud del H.C.M.
9. Álvarez AR. Salud pública y medicina preventiva. 3a. Ed. México: Manual Moderno; 2002, p. 177.
10. Martín HS. Salud y enfermedad. 6a. Reimpresión. México: PMM; 2002, p. 364.
11. NOM-087-ECOL-SSA1-2002.
12. Murray PR, Kobayashi GS, Pfaller MA, Rosenthal KS. Microbiología médica. España: Ed. Harcourt; 2001, p. 166-79.