

**UNIVERSIDAD METROPOLITANA
ESCUELA GRADUADA DE ASUNTOS AMBIENTALES
SAN JUAN, PUERTO RICO**

**AVALÚO DEL RIESGO OCUPACIONAL POR MANEJO DE FORMALDEHÍDO
CRUDO DURANTE EL PROCESO DE PRESERVACIÓN DE CADÁVERES**

Requisito parcial para la obtención del
Grado de Maestría en Ciencias en Gerencia Ambiental
En Evaluación y Manejo de Riesgo Ambiental

Por
Richard Claude Concepción Castro

10 de diciembre de 2008

**Derechos de Autor Reservados ©
Richard C. Concepción Castro
2008**

DEDICATORIA

Dedico con mucho amor los logros alcanzados en la realización de esta investigación a:

Al Gran Arquitecto Del Universo por brindarme la luz necesaria para encaminarme con confianza, fortaleza y sobre todo con tolerancia y salud para llegar a las metas que me he propuesto.

Mis padres, Ana Irma y Candido porque me han brindado el mejor ejemplo de fe y perseverancia. A mis hijas Adriana y Claudia por ser mi mayor inspiración. A mi sobrino Roberto Carlos que me transporta a otro mundo. A mi esposa Eileen por su apoyo incondicional. A todos ustedes que son parte esencial en la consecución de este proyecto. ¡Gracias de todo corazón!

AGRADECIMIENTO

Con cariño y humildad brindo mi agradecimiento al ¡Gran Arquitecto del Universo por su misericordia! A mis padres, gracias porque nunca pude sentir la soledad en los momentos difíciles que ellos conocen y por el apoyo más allá de lo esperado en estos días. A mi esposa por apoyarme siempre en su forma característica que la distingue. ¡Que el Gran Arquitecto Del Universo los bendiga siempre!

A la Dra. Ivette Torres porque tuvo la paciencia y el tesón para encaminarme en el desarrollo de mis ideas. Al Sr. Harry Peña porque me motivó en su curso y me iluminó para desarrollar este proyecto. A la Dra. Adriana Grativol que no tuve el honor de poder ser su estudiante, y es gran inspiración para terminar este escalón de la vida.

Al Sr. Manuel R. Concepción por su disponibilidad y ayuda incondicional en proveer las instalaciones para llevar a efecto la investigación. A la Sra. Nelly Cuevas que me inspiró para que terminara el grado. Al Ing. Enrique Santiago por facilitarme el tiempo para alcanzar esta meta y tener como lema que “Lo importante es ser útil”. A la Sra. Ileana Cardona por su paciencia y ayuda silenciosa. Al Lcdo. Carlos Soto por siempre creer en mí y estar presente cuando lo necesito. A todos los profesores de la Escuela de Asuntos Ambientales por transmitirme su conocimiento.

En fin, a todos ustedes que pusieron su granito de arena para que este sueño sea una realidad.

A todos ustedes, ¡Gracias por creer en mí!

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE APÉNDICES.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
 CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	 1
Trasfondo del problema.....	1
Problema de estudio.....	4
Justificación del estudio.....	6
Hipótesis.....	7
Metas	7
Objetivos.....	7
 CAPÍTULO II: REVISIÓN.....	 8
Trasfondo histórico.....	8
Marco conceptual.....	11
Estudio de caso.....	15
Marco legal.....	19
 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	 26
Área de estudio.....	26
Objetivos de investigación.....	27
Análisis de datos.....	28
 CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	 30
Resultados y discusión.....	30
Lectura previa a la formulación.....	31
Formulación de la solución arterial.....	31
Inyección arterial.....	32
Perfusión de la solución arterial.....	38
Tratamiento de cavidad.....	39

CAPÍTULO V: CONSLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
Conclusiones.....	46
Recomendaciones.....	47
Limitaciones de la investigación.....	48
LITERATURA CITADA.....	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Concentración ó índice de formaldehído final a ser inyectado.....	53
	al sistema vascular por los días de velatorio solicitado.	
Tabla 2.	Concentración o índice de formaldehído inicial a ser utilizado....	54
	para el embalsamamiento para preparar la solución arterial	
Tabla 3.	Hoja de recopilación de datos.....	55
Tabla 4.	Resultados de las concentraciones de formaldehído en aire en....	56
	partes por millón durante el embalsamamiento y los valores	
	de peso corporal de los cadáveres en libras.	
Tabla 5.	Peso corporal en libras de los cadáveres estudiados.....	57

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1.	Formas en que se encuentra el elemento nitrógeno en las.....	59
	proteínas	
Apéndice 2.	Reacción química del formaldehído con dos proteínas tipo.....	60
	imide	
Apéndice 3.	Reacción química del formaldehído con el grupo amino.....	61
Apéndice 4.	Reacción química del formaldehído con el enlace péptido.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS

AAA.....	Autoridad de Acueductos y Alcantarillados
ATSDR.....	Agency for Toxic Substance Disease Registry
C _i	Intensidad del formaldehído concentrado
C _f	Intensidad del formaldehído final deseado
CDC.....	Centro para el Control y Prevención de Enfermedades
cfm.....	Pies cúbico por minuto
EEUU.....	Estados Unidos
EPA.....	Environmental Protection Agency
EPCRA.....	Emergency Planning and Notification Hazardous Substance
FEMA.....	Agencia Federal para el Manejo de Emergencia
FTC.....	Federal Trade Comisión
ICF.....	Instituto de Ciencias Forenses
JCA.....	Junta de Calidad Ambiental
Kg.....	Kilogramos

Lb.....	Libras
min.....	Minutos
ml.....	Mililitros
MSDS.....	Hoja de Datos de Seguridad
OSHA.....	Oficina de Salud y Seguridad Ocupacional Federal
oz.....	Onzas
oz / min.....	Onzas por minuto
PEL.....	Limite Permisible de Exposición
ppm.....	Partes por millón
PR.....	Puerto Rico
STEL.....	Limite de Exposición a un Periodo Corto
TCRI.....	Toxic Chemical Release Reporting List
V _i	Volumen de formaldehído inicial Concentrado
V _f	Volumen final solución arterial

RESUMEN

Realizamos un avalúo de riesgo para determinar si al embalsamar cadáveres con formaldehído crudo, éste representa un detrimento a la salud del embalsamador. En Puerto Rico existe un fenómeno por el cual los embalsamadores utilizan formaldehído crudo en sustitución de los productos formulado para el campo mortuario. Este estudio se realizó en julio 2008. El área de estudio fue un laboratorio de embalsamar que cumplió con todos los requerimientos establecidos con las agencias reguladoras tanto federales como estatales. Tomamos muestras de aire para determinar la concentración de formaldehído crudo en el aire durante cinco procesos de embalsamamientos de cadáveres que no hayan pasado por el proceso de autopsia. Las lecturas fueron distribuidas para los cinco casos de la siguiente manera, lectura inicial, lectura durante la formulación de la solución arterial, durante la inyección arterial en intervalos de diez minutos, culminación de la inyección arterial, tratamiento de cavidad y culminación del tratamiento de cavidad. Los resultados del muestreo para la concentración de formaldehído en aire durante la formulación de la solución arterial no cumplió con los requerimientos de la Oficina de Salud y Seguridad Ocupacional Federal, OSHA por sus siglas en ingles. Este patrón de no cumplimiento se observa consistentemente después de transcurrido veinte minutos de la inyección arterial y este patrón continua hasta su culminación cuarenta minutos después. Durante el tratamiento de cavidad se observa niveles de formaldehído en el aire con valores de hasta 860% del valor permitido por OSHA. Dado a los valores obtenidos de formaldehído en el aire durante el embalsamamiento de cadáveres con formaldehído crudo, concluimos que la utilización de esta substancia que no está formulada para el campo mortuario representa un detrimento a la salud y seguridad del embalsamador. Los datos obtenidos fueron durante el embalsamamiento de cadáveres no autopsiado, es probable que si el estudio se realiza con cadáveres autopsiados, cavidades y órganos expuestos, los valores posiblemente obtenidos serán aún mayores a los representados en este estudio. Nuestra recomendación es que se incluya reglamentación en donde la formulación de la solución arterial dentro del inyector motorizado sea realizada dentro de un banco químico de campana de ventilación. Además que se reglamente la adquisición de formaldehído crudo por químicos licenciados por el Gobierno de Puerto Rico. Se debe utilizar exclusivamente productos sintetizados para el campo mortuario en el proceso de desinfección, preservación y restauración de cadáveres.

ABSTRACT

We evaluated the occupational risk of an embalmer when performing the embalming of a human body with industrial formaldehyde. In Puerto Rico the embalmers substitutes embalming fluids that are formulated for the mortuary field with industrial formaldehyde. This study was performed in June 2008. The embalming laboratory used to perform this study complies with all the environmental, health and safety regulations for the mortuary field. We measured the concentration of formaldehyde gas in the air during the mixture of the embalming fluid in the embalming machine, during the arterial injection with measurements every ten minutes, during the last treatment of the arterial injection and when the embalmer accomplished the treatment of the cavities of five corpses. During the preparation of the embalming fluid with industrial formaldehyde the measurements of gas in the air did not comply with the standards established by the Occupational Safety & Health Regulations (OSHA). The lectures for formaldehyde in the air during the embalming of the five corpses showed that the concentration of formaldehyde measurements increased and did not comply with OSHA threw the arterial injection and the treatment of the cavities. All five corpses where non autopsy body's. The results obtained in this study indicate, that this chemical represents a threat to the health and occupational safety of the embalmer. Embalmers will have probably more risk to exposure with an autopsy body because they have direct contact with the internal organs of the corpse. We recommend that the embalming machine should be placed in a chemical bench equipped with a ventilation hood. The Government of Puerto Rico should evaluate and amend its regulation of industrial formaldehyde purchase by only an authorized person like a license chemist. The Embalmers Regulatory Board should amend its regulation to obligate all embalmers in Puerto Rico to use only embalming fluids to disinfect, preserve and restore human corpse.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Trasfondo del problema

El embalsamamiento es el proceso que se lleva a efecto para tratar, por medio de una solución química, el cuerpo humano fallecido para reducir la presencia y el crecimiento de microorganismos, retardar la descomposición y restaurar su apariencia física en forma satisfactoria (Calloway, 1943). La solución (compuesto) química utilizado es formaldehído (Dorn & Hopkins, 1999).

En términos generales, la solución formulada es inyectada comúnmente por la arteria carótida común derecha. La solución se dispersa lentamente a través del sistema circulatorio siendo el centro de distribución de fluido arterial el cayado aórtico. A través de la membrana celular, por un proceso de osmosis, dicha solución tiene acceso al citoplasma. El líquido intracelular acuoso del citoplasma es sustituido por la solución arterial y el citosol es removido del cuerpo a través del sistema venoso. Usualmente se utiliza la vena yugular derecha para remover la sangre del cuerpo humano (Mayer, 2006). El proceso de conservación del cadáver termina con el tratamiento químico de las cavidades con líquido de formaldehído concentrado.

El intercambio de la sangre por solución arterial es donde éste ofrece un efecto de fijación o endurecimiento al tejido del fallecido (Frederick & Sturb, 1989). Este proceso tiene como objetivo primordial la desinfección, preservación y restauración del cadáver para aliviar la pena propulsando la idea de que el difunto sólo duerme (Sheridan, 1989).

Así permite que el evento se relacione en la manera más fácil y menos dolorosa posible (Frederick & Sturb, 1989).

La sustancia química formulada en el campo mortuario está compuesta de formaldehído como ingrediente principal y como ingredientes secundarios se encuentran los fijadores, los anticoagulantes, los germicidas, los tintes, los desodorantes, los modificadores, entre otros (Gale, 1961). La concentración del producto comercial utilizado en el campo mortuario fluctúa entre 5 a 50 por ciento (%) y se pueden adquirir en botellas plásticas de 16 onzas (oz) (Mayer, 2006).

El formaldehído es un compuesto orgánico que está bajo la familia de los aldehídos y es conocido por varios nombres. Los más utilizados son metanal, formalina, óxido de metileno, metaldehído y oxometano. Su fórmula molecular es representado por HCHO (Turoski, 1985). Éste es muy soluble en agua en el cual polimeriza rápidamente. Es un gas incoloro de olor sofocante y penetrante, inflamable que a bajas concentraciones provoca irritación del tracto respiratorio y del sistema integumentario (Bedino, 2000). La inhalación de formaldehído provoca severa irritación del sistema respiratorio pudiendo llegar a provocar carcinoma y eventualmente la muerte (Dorn & Hopkins, 1999). De todos los compuestos que se producen a nivel mundial, el formaldehído se encuentra en la posición 25 de sobre 70,000 compuestos. No obstante, como sustancia cancerígena se posiciona en el número 11 de 1,416 (Agency for Toxic Substance Disease Registry, ATSDR, por sus siglas en inglés, 2008).

Por su gran potencial tóxico, el Congreso de los Estados Unidos de Norteamérica determinó, el 26 de junio de 1992, que los gases de formaldehído son sumamente peligrosos y redacta una norma exclusivamente para esta sustancia química.

La Oficina de Salud y Seguridad Ocupacional Federal, (OSHA, por sus siglas en inglés) es quien reglamenta la utilización de formaldehído. El Estándar de Formaldehído (29 CFR 1910.1048) promulga los límites de exposición en el aire para todas sus fases incluyendo, pero no limitado a soluciones, mezclas u objetos que liberen formaldehído en el lugar de trabajo.

Los límites de exposición en aire establecidos por dicha agencia reguladora se resumen en tres parámetros a observar. El primer parámetro se conoce como Nivel de Acción. Este nivel exige que no se exceda en ningún momento la concentración de formaldehído en el aire de 0.5 partes por millón (ppm). Si se excede del valor, se deberá continuar con el monitoreo de aire para dicha sustancia. Además, se deben implantar mayores controles en el desempeño de sus funciones y mejores controles de ingeniería para reducir la concentración por debajo de 0.5 ppm (29 CFR 1910.1048 (b)).

El segundo parámetro a observar se conoce como Límite Permisible de Exposición (PEL, por sus siglas en inglés). Este renglón establece el valor promedio de 0.75 ppm de formaldehído en aire en un turno de trabajo de 8 horas (29 CFR 1910.1048 (c) (1)). Además, establece que el empleado deberá utilizar un respirador de medio rostro con filtros orgánicos mientras este expuesto a valores entre 0.75 y 2.0 ppm. De ocurrir, exige implantar un programa de mejores prácticas de ingeniería hasta conseguir que los valores de formaldehído en el aire estén por debajo del valor 0.5 ppm.

El tercer parámetro a observar se conoce como el Límite de Exposición a un Período Corto (STEL, por sus siglas en inglés). El valor establecido es de 2 ppm de concentración de formaldehído en aire en sólo 15 minutos (29 CFR 1910.1048 (c) (2)). Al exceder valores sobre 2 ppm, el empleado debe utilizar un respirador de medio rostro

con filtros para vapores orgánicos y sólo se permitirá 15 minutos de exposición. La exposición de formaldehído de los productos formulados para el campo mortuorio no sobrepasen los límites de exposición establecidos en el estándar de formaldehído siempre y cuando se cumpla con los requerimientos de OSHA y sean formulados correctamente.

Problema de estudio

En Puerto Rico existen aproximadamente 230 embalsamadores dedicados a la preservación, desinfección y restauración de cadáveres a través de los 78 municipios (Junta Examinadora de Embalsamadores, 2008). Según la evolución anual de defunciones en Puerto Rico, para el año 2007 se registraron 29,857 defunciones (Departamento de Salud, 2008). De éstas, aproximadamente se embalsamaron el 87 por ciento (%) y el restante 13% se creman o sepultan sin ser embalsamados.

El formaldehído formulado para el campo mortuorio es sintetizado específicamente para el tratamiento químico hacia el tejido humano (Dorn & Hopkins, 1999). Existe una gran variedad de concentraciones de formaldehído que utiliza el embalsamador luego de observar y analizar los cambios post-mortem. El embalsamador evalúa las condiciones generales presentadas sobre el tejido del cadáver, las condiciones del fallecimiento, la presencia de edemas localizadas o generalizadas, pérdidas de humedad sobre el tejido o índice de deshidratación y presencia de descomposición (Maulita, 1987). Además, toma en consideración los días del velatorio y cuándo se efectuará el ceremonial del sepelio (Tabla 1 y 2).

La concentración final de la solución arterial debe estar dentro de un rango de 2% a 5%. Después de su preparación, la solución arterial es inyectada al sistema circulatorio

para comenzar con el proceso de conservación del cadáver. Luego, el embalsamador procede a seleccionar el líquido de cavidad para tratar los órganos localizados en las cavidades que generalmente fluctúan dentro de un rango de concentración del 5% a 50% de formaldehído. No obstante, el de mayor utilidad tiene un rango de concentración de 21% a 28% (Mayer, 2006). Los líquidos de cavidad no son mezclados con ningún solvente y son inyectados en forma concentrada directamente a los órganos localizados en las cavidades torácico, abdominal, pélvica y craneal (Robinson, 1996).

En Puerto Rico (PR) ocurre un fenómeno dentro del campo mortuario en lo cual no ocurre dentro de los Estados Unidos (EEUU). Existe una práctica por muchos de los embalsamadores que sustituyen el formaldehído formulado específicamente para embalsamar, por formaldehído industrial que de ahora en adelante, para facilitar el entendimiento, lo denominaré como formaldehído crudo. El formaldehído crudo es una sustancia que se adquiere comercialmente a una concentración de 49%.

Este cambio de producto representa una economía de hasta 66% del costo del formaldehído formulado para las ciencias mortuorias. Al formular la solución arterial con formaldehído crudo de la misma forma que se haría si se fuera a utilizar el producto correcto, éste presenta un aumento a la exposición del embalsamador a los gases generados durante la inyección arterial de un cadáver al tener una concentración final de formaldehído alrededor del 10%. La solución cruda carece de los ingredientes secundarios, tales como los germicidas y bactericidas que son esenciales para la protección de los deudos y comunidad circundante a la Casa Mortuoria.

Durante la preservación de las cavidades al sustituir el líquido indicado por el formaldehído crudo, el embalsamador está expuesto a un líquido que puede generar

mayor concentración de formaldehído en el aire siendo éste un riesgo potencial a la salud del embalsamador. No hay ley que prohíba que se utilice formaldehído crudo para embalsamar (Stueve, 1984). No obstante el estándar de protección respiratorio no contempla el uso del formaldehído crudo. Es por tal razón, que mediante este estudio pretendo evaluar el riesgo ocupacional al que se expone el embalsamador al utilizar formaldehído crudo durante el proceso de embalsamamiento de un ser humano. Al concluir mi investigación, se validará o rechazará la creencia de que el uso de formaldehído crudo representa un riesgo a la salud del embalsamador.

Justificación de estudio

Las Ciencias Mortuorias en Puerto Rico languidecen de estudios y documentos que nos demuestren las consecuencias adversas o favorables de la utilización de formaldehído crudo durante el proceso de conservación de cadáveres (López, 1999). Más aún en los Estados Unidos esta práctica no se utiliza y por lo tanto, no se conoce de los riesgos a la salud debido a lo antes expuesto, es muy necesario llevar a efecto este estudio para evaluar la calidad de aire al utilizar formaldehído crudo durante el proceso de embalsamamiento. De confirmar la hipótesis se debe promulgar legislación que regule la venta, acarreo, distribución y utilización de formaldehído crudo hacia los tanatorios.

Hipótesis

La utilización de formaldehído crudo durante el procedimiento de embalsamamiento en los laboratorios de embalsamar localizados en Puerto Rico representa un riesgo a la salud de los embalsamadores.

Meta

Evaluar si presenta riesgo a la salud de los embalsamadores el utilizar formaldehído crudo durante el proceso de preservación de cadáveres.

Objetivos

1. Identificar los niveles de formaldehído en el aire durante la preservación de un cadáver dentro del laboratorio de embalsamar para determinar si éste representa un riesgo a la salud.
2. Establecer recomendaciones para las agencias estatales con jurisdicción sobre el asunto para evaluar la posibilidad de reglamentar la adquisición, distribución y utilización del formaldehído crudo durante el embalsamamiento de un ser humano.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Trasfondo histórico

Desde su existencia, la raza humana, ha tenido la necesidad de disponer apropiadamente de sus seres queridos. Inicialmente realizaban ceremonias de enterramiento en forma grotesca debido al tabú fundamentado en el espíritu del difunto (Federick & Sturb, 1989). Algunas tribus utilizaban la cremación de los difuntos para destruir sus espíritus malignos. Otras tribus mezclaban las cenizas con vino como demostración de su amor (Colman, 1997). En Roma y Grecia sepultaban a los fallecidos durante la noche para que los espíritus no reconocieran a los deudos. Las costumbres modernas en el campo funerario como el de vestir de luto, vestimenta de color negro, es una señal que se desprende del miedo hacia los interfectos. Los sobrevivientes pensaban que al utilizar vestimentas oscuras y no estar vestidos como de costumbre los espíritus no los reconocerían (Federick & Sturb, 1989).

El embalsamamiento, rito funerario, es el arte de conservar los cuerpos después del fallecimiento por medio de la utilización de substancia químicas. Se puede dividir en tres épocas en la historia. La antigua, la medieval y la moderna (Mayer, 2006).

La historia antigua del embalsamamiento la podemos ubicar en el tiempo dominada por los egipcios desde el 6,000 A.C. hasta aproximadamente el 600 A.C. Su filosofía era puramente religiosa y predominante en un círculo de necesidad. Éste se refería al círculo religioso que el alma tenía que recorrer.

Este circuito tomaba 3,000 años en completarse. Luego el alma regresaba al cuerpo para vivir en adelante, junto a los dioses. Los egipcios son conocidos como los padres del embalsamamiento antiguo con Anubis como el dios del embalsamamiento egipcio y representado con cuerpo de hombre y cabeza de chacal (Federick & Sturb, 1989).

Los egipcios tenían tres métodos de embalsamamiento para escoger por los deudos. Debido a sus creencias religiosas, ellos perfeccionaron el embalsamamiento que aún puede ser comprobado al observar el excelente estado en que se conservan las momias que se exhiben en el Museo del Cairo, en Egipto y en el Metropolitan Art Museum, New York (Iserson, 1994). En América, Guanajuato México, existe un salón de exhibición en el mismo lugar donde fueron hallados especies de momias bien preservadas (Colman, 1997).

La segunda época en la historia del embalsamamiento es conocida como el período medieval. Este período se puede ubicar entre el 600 A.C. hasta aproximadamente el año 1850 D.C. Durante este período sólo se embalsamaba con el propósito científico y de investigación. El interés primordial estaba en el proceso desde el punto de vista anatómico. En esta época muchos hombres influyentes desarrollaron las Ciencias Médicas con las planchas anatómicas como resultado de su disección del cuerpo humano (Ramsland, 1983). Éstas fueron creadas por hombres como Leonardo DaVinci, Marcello Malpighi, Anthony Van Leeuwenhuh, entre otros (Frederick & Sturb, 1989) y se utilizaban para ser estudiadas y ofrecer explicación y curas a las enfermedades. De esta manera se adelantaron las Ciencias Médicas como las Artes Liberales para crear excepcional obras de arte y pinturas (Finkbeiner, 2004).

El último período en la historia del embalsamamiento se ha llamado el moderno. Este período se puede ubicar en la historia entre los años 1850 hasta el presente (Callaway, 1943) y tiene el objetivo primordial de saneamiento y como objetivo secundario el comercial. En esta época hay que destacar dos grandes científicos que aportaron a las Ciencias Mortuorias. El químico ruso Alexander Mikhailovich Butlerov quien descubrió el formaldehído (Turoski, 1985). El segundo es el doctor norteamericano Thomas Holmes que desarrolló el método moderno del embalsamamiento y es considerado en Estados Unidos el padre del embalsamamiento moderno (Federick & Sturb, 1989). El Dr. Holmes fue comisionado por el Cuerpo Médico del Ejército de los Estados Unidos y fue asignado a Washington, D.C., donde embalsamó a grandes figuras de la política y a los oficiales caídos en la Guerra Civil Americana (Mayer, 2006).

En Puerto Rico los embalsamadores son los llamados para desinfectar, preservar y restaurar los cadáveres. Este proceso es llevado a efecto con una solución de formaldehído. El proceso es realizado por una persona certificada en Técnico de Ciencias Mortuorias y debidamente licenciado por la Junta Examinadora de Embalsamadores del Gobierno de Puerto Rico (Departamento de Salud, 1993). Está obligado a cumplir con leyes y reglamentos federales como estatales con jurisdicción sobre el asunto tratado. El embalsamador, como profesional de la salud, es el llamado a proteger la salud pública de la comunidad que rodea la funeraria como a los dolidos que participarán en las pompas fúnebres.

Marco conceptual

Proceso de embalsamamiento

El propósito primario del embalsamamiento es la desinfección, la cual es la destrucción o inhibición de organismos patogénicos y sus productos en o sobre el cuerpo (Federick & Sturb, 1989). El propósito secundario es la preservación o la ciencia de tratar los cuerpos químicamente para inhibir temporariamente la descomposición durante el intervalo que ocurre entre la muerte y la disposición final (Mayer, 2006). El propósito final del embalsamamiento es la restauración o el cuidado que se le brinda al difunto para recrear su forma y color natural (Sheridan, 1986). En términos generales, a nivel celular el formaldehído sustituye el citosol del citoplasma y reacciona químicamente con las proteínas inhibiendo las enzimas proteolíticas y por ende retardando la descomposición (Mullins, 2006). El formaldehído reacciona con el enlace del grupo amino ($-NH_2$) y el grupo carboxilo ($-COOH$) que une dos moléculas de amino ácidos alterando la estructura molecular de la proteína (Apéndice 1). Además, el fluido de embalsamar desinfecta y destruye las bacterias que utilizan tejido humano como fuente de nutrición (Dorn & Hopkins, 1998).

Existen cuatro tipos de embalsamamientos, el superficial, hipodérmico, arterial y de cavidad. Usualmente se utiliza el embalsamamiento arterial y de cavidad para los casos generalizados. El embalsamamiento hipodérmico sólo se utiliza cuando el embalsamador ha determinado que la solución arterial no es efectiva en alguna región anatómica en particular y procederá a tratar el área afectada con una aguja hipodérmica para asegurar la desinfección y fijación del tejido con solución arterial. El

embalsamamiento superficial se lleva a efecto con un formaldehído en forma de gelatina y se aplica sobre la superficie anatómica expuesta.

El embalsamamiento superficial se utiliza en casos de mutilaciones, en presencia de ulceraciones, en tumores expuestos, en gangrenas, entre otros (Mayer, 2006).

El embalsamamiento arterial es el primero a llevarse a efecto. En el lenguaje mortuario los embalsamamientos son divididos en casos normales y casos autopsiados. Cuando se refiere a casos normales, se refiere a cadáveres que no se les haya practicado una autopsia (Strub & Frederick, 1989). La concentración inicial a utilizarse de formaldehído dependerá de la constitución física del difunto, los días en que el velatorio se llevará a efecto y las condiciones post-mortem presentadas sobre el cadáver. El embalsamador deberá considerar que la concentración de formaldehído final al ser inyectado al cadáver será determinado por los días en que se ofrecerán los servicios fúnebres (Santiago, W. 2004). Para dicha solución se utiliza agua como solvente. La regla general a seguir es que para uno o dos días de velatorio la concentración final de formaldehído será a 2%, para tres días será de 3% y así sucesivamente (Tabla 1).

El volumen final a ser inyectado a través del sistema circulatorio del cadáver se determina según la cantidad de tejido receptivo estimado del cadáver a una razón de 1 galón por cada 50 libras (Mayer, 2006). Para ello, el embalsamador estima la cantidad de libras que pesa el cadáver y procede a restarle el 25% de ese peso. Este porcentaje se basa en que el 25% del peso de un cadáver esta constituido por el sistema óseo y la sangre. Por lo tanto, la sangre es sustituida por la solución de formaldehído y el sistema óseo no es fijado por la solución inyectada. El restante 75% del peso se llamará tejido receptivo, lo cual implica que es el tejido que se fija por la solución de embalsamar.

Como se indica anteriormente los fluidos arteriales son inyectados en forma de soluciones acuosas de concentraciones variables. Las concentraciones de los fluidos arteriales son medidas por índice (Spriggs, 1971). El índice se refiere a la cantidad de formaldehído medido en gramos disueltos en 100 mililitros de agua (Mayer, 2006). A base del análisis del caso el embalsamador tiene la prerrogativa de escoger dentro de tres rangos de concentraciones (Frederick & Sturb, 1989). Estos rangos de concentraciones se conocen como, 1) fluidos arteriales para endurecer, 2) fluidos arteriales cuasi endurecimiento y 3) fluidos arteriales que no dan firmeza.

Las concentraciones para fluidos arteriales para endurecer tienen una alta concentración de formaldehído para producir una fijación rápida al tejido. Éstos usualmente tienen una concentración de formaldehído entre 30% hasta 50%. Estas concentraciones son utilizadas en casos difíciles o con signos de descomposición acelerada. Por otro lado, las concentraciones para los fluidos arteriales cuasi endurecimiento son aquellos que se utilizan rutinariamente para el embalsamamiento. También son conocidos como soluciones cosméticas. Su concentración de formaldehído varía desde un rango de 18% hasta un 29%. Finalmente, las concentraciones de los fluidos arteriales que no endurecen ni dan firmeza se utilizan en casos especiales como por ejemplo en presencia de ictericia, en niños e infantes. Estos fluidos tienen concentraciones de formaldehído muy bajos dentro de los rangos de 5% al 15% (Strub & Frederick, 1989).

El embalsamador utilizará la siguiente fórmula para determina el volumen del concentrado arterial:

$$V_i = (C_f * V_f) / C_i$$

La variable a calcular en esta fórmula será “ V_i ” (volumen inicial). Se define como el volumen de formaldehído inicial concentrado que será utilizado como soluto a ser mezclado con un solvente que es agua. La unidad de medida de esta variable será en onzas. El valor de “ C_i ” (concentración inicial) se define como la concentración del fluido inicial a utilizar, el cual se selecciona a partir de la evaluación del embalsamador. La unidad de medida de “ C_i ” será índice. El valor de “ C_f ” (concentración final) se define como la concentración final deseada del fluido.. Este valor es determinado por los días de velatorio (Tabla 1). La unidad de medida de “ C_f ” será índice. Por último, el valor de “ V_f ” (volumen final) se define como el volumen final de la solución arterial que se utilizará para el cadáver. Este valor se determina a partir de la cantidad de tejido receptivo a fijar explicado anteriormente. La unidad de medida de “ V_f ” es en onzas (1 galón = 128 oz.).

Las cavidades del cuerpo humano se pueden dividir en craneal, torácico, abdominal y pélvica (Sawyer, 1982). Las cavidades torácico, abdominal y pélvica son aspiradas mediante un instrumento llamado trocal que se introduce por la cavidad abdominal, cerca del ombligo, y conectado a un sistema que remueve los líquidos y los semi sólidos acumulados dentro de los órganos (Mayer, 2006). El embalsamamiento de cavidad consiste en aplicar un fluido concentrado directamente a la cavidad a tratar. Los fluidos de cavidad tienen un rango generalizado de 20% a 32% de concentración de formaldehído. Éstas son utilizadas sin dilución (Frederick & Sturb, 1989). El propósito es tratar directamente el contenido de las cavidades como el sistema gastrointestinal que son el hábitat de incontables microorganismos y la fuente virtualmente de toda la descomposición del tejido post-mortem (Spriggs, 1971).

Dependiendo del causal de muerte, se aspira la cavidad craneal con un trocal introducido por las fosas nasales a través del plato cribiforme del hueso etmoides hacia el vacío del cráneo y se tratará la cavidad con 4 onzas de fluido de cavidad (Frederick & Sturb, 1989).

Estudios de casos

En Puerto Rico, la industria funeraria así como las instalaciones dedicadas a la conservación de cadáveres y las escuelas que ofrecen el programa de Ciencias Mortuorias han incrementado en la última década. Esto aumentó la utilización de formaldehído. Se solicitó ante el Departamento del Trabajo evidencia de algún accidente o intoxicación de empleados por la utilización de formaldehído. Después de una búsqueda no se encontró incidente alguno.

Se realizó la misma búsqueda con la agencia federal OSHA. El técnico que buscó en el banco de data de la agencia no encontró que alguna compañía ni empleado haya radicado una querella o solicitud de investigación por intoxicación con formaldehído. En la agencia federal EPA, Region II Division Regional del Caribe, no tenían registro alguno de compañías ni individuos que hayan informado de derrames o intoxicación con formaldehído. Se contactaron las oficinas principales de la EPA Region II en el estado de New Jersey y se consultó con los programas Emergency Planning and Notification Hazardous Substance (EPCRA, por sus siglas en inglés) y no tenían información relacionada a derrames de formaldehído. EPCRA informó que la cantidad a denunciar por escapes de formaldehído ante las agencias reguladoras es de 45.4 Kilogramos (Kg) liberado al medio ambiente. Además se verificó el programa de Toxic Chemical Release Reporting List (TCRI, por sus siglas en inglés) bajo la jurisdicción de la EPA y no se

encontró que alguna instalación haya liberado formaldehído al aire, al agua como al terreno. No obstante, se evaluó que existen organizaciones privadas que están orientando al consumidor relacionado a los efectos tóxicos del formaldehído.

Estudio de la tasa de mortalidad de los embalsamadores localizados en Ontario, Canadá

Durante el verano de 1980, el Instituto de Investigación Toxicológico de Carolina del Norte, EEUU dirigido por los doctores Levine, Andjelkovich, Shaw y DalCorso analizaron la tasa de mortalidad de los embalsamadores de la Provincia de Ontario, Canadá. Para evaluar la tasa de mortalidad de esta clase profesional de la salud, se utilizó el periodo comprendido desde el 1 de enero de 1928 hasta el 1 de enero de 1978.

Se solicitó a la Junta Examinadora de Embalsamadores de la Provincia de Ontario que proporcionara los nombres del lugar de nacimiento y la fecha de la última vez que el embalsamador licenciado realizó el pago de su cuota anual por concepto de colegiación. Se recopiló una muestra de 1,477 individuos. Para la fecha del estudio, 923 continuaban vivos, 325 habían fallecido y para 217 de ellos no se pudo determinar su estatus en la sociedad. Se obtuvieron los certificados de defunción para 319 de los 325 fallecidos. Después de una búsqueda minuciosa, los certificados de defunción de los seis que faltaban por localizar, se constató que su causal de muerte para estos era por razones de “Muerte en Guerra”.

Para tener una base comparativa de los causales de muerte de la población en general contra la población dedicada al embalsamamiento en la Provincia de Ontario, se utilizó la tasa de mortalidad poblacional de la raza caucásica masculina de los EEUU.

No se pudo utilizar como base la Provincia de Ontario debido a que el Registro Demográfico de dicha provincia no tenía recopilada la información.

Después de analizar y clasificar los certificados de defunción por causales de muerte, se pudo constatar un incremento en la predisposición de cáncer para el hígado y páncreas. Ambas causales de muerte están estrechamente relacionadas al consumo de alcohol. El alcoholismo es una condición típica de la población viviendo en la Provincia de Ontario. El estudio reflejó que no hubo un incremento en la tasa de mortalidad bajo el causal de muerte, que este estrechamente relacionado con la exposición de formaldehído en aire al desinfectar, preservar y restaurar un cadáver.

Estudio de la tasa mortalidad de los embalsamadores localizados en Sacramento, California, EEUU.

Durante la primavera de 1984, el Instituto Nacional de Cáncer, División de Epidemiología Ambiental de Maryland, EEUU dirigido por los doctores Judy Walrath y Joseph Fraument analizaron la tasa de mortalidad de los embalsamadores de Sacramento, California, EEUU. Para evaluar la tasa de mortalidad de dichos profesionales. Se utilizó el periodo comprendido desde el 1 de enero de 1847 hasta el 1 de enero de 1959.

Se utilizó la misma metodología realizada con el estudio anterior realizado en Canadá. La muestra fue de 1109 embalsamadores. Estos fueron representados por 1007 de la raza masculina caucásica, y 39 masculinos de la raza negroide mientras la muestra reflejó 56 féminas de la raza caucásica y 5 de la raza negroide. La expectativa de vida calculada para esta clase profesional de la salud durante el periodo de estudio fue de 62 años. Mientras la expectativa de vida para cualquier persona que no estuviera expuesto al formaldehído era de 72 años.

La evaluación demostró mayor tendencia al desarrollo de cáncer, enfermedades del corazón y suicidios. Se observó que el cáncer se desarrolló en órganos como el cerebro, colon y próstata. Además, algunos presentaron condiciones de leucemia.

Los investigadores indicaron que estudios con animales de laboratorio demuestran el desarrollo de cáncer en el sistema respiratorio y en especial en la zona de las fosas nasales al estar expuesto a altas concentraciones de formaldehído en el aire. En el estudio realizado se observó una disminución de cáncer para el sistema respiratorio.

El mismo instituto que realizó el estudio en California, EEUU realizó uno similar para el estado de New York, EEUU. El estudio fue conducido por una muestra de 1132 individuos masculinos caucásicos dedicados al embalsamamiento. Los resultados reflejados en el estudio de New York fueron similares al de California con un aumento significativo de cáncer para la piel como para el colon. El causal de muerte debido a cáncer relacionado al tracto respiratorio fue muy bajo.

Huracán Katrina

Hay un movimiento dentro de los países desarrollados en buscar un sustituto para el formaldehído y el metanol. Metanol, un alcohol orgánico se oxida y produce formaldehído. Actualmente la OSHA está investigando a la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés). OSHA alega que decenas de miles de ciudadanos afectados por el huracán Katrina en 2005, fueron alojados en albergues provisionales en los que entraron en contacto con una sustancia utilizada para preservar la estructura de la instalación. Esta sustancia provocó dificultades respiratorias en un periodo tan corto como tres meses. La sustancia utilizada fue

formaldehído. La noticia salió a la luz pública el 31 de enero de 2008. OSHA aún no ha concluido esta investigación.

Fuera del campo mortuario el formaldehído es utilizado para sanitizar quirófanos, para conservar alimentos, en la práctica odontológica, en laboratorios fotográficos, en la manufactura de plaguicidas y herbicidas domésticos e industriales, para colas y adhesivos, productos de peluquerías entre otros. Se han realizado estudios con animales de laboratorio bajo condiciones controladas y se ha observado que la exposición de formaldehído en aire a dichos animales demuestran una predisposición de cáncer en los siguientes órganos: hígado, próstata, piel, esófago y laringe.

La agencia federal ATSDR como el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) están evaluando los productos que se utilizan día a día en la industria como en el hogar y se investiga la liberación hacia el ambiente de formaldehído ocasionando irritaciones a la piel, afecciones en el sistema respiratorio como en el sistema digestivo.

Marco legal

Las leyes, reglamentos, o jurisprudencia sobre un asunto o profesión es un requerimiento de toda civilización. Las leyes en el campo mortuario son necesarias para poder asegurar que los servicios que se lleven a cabo son sin riesgos a la salud ocupacional, protegiendo la salud de la comunidad y la protección de los recursos ambientales (Stueve, 1984). Las leyes dictan la norma relacionada a las obligaciones y deberes que tiene el embalsamador o director funerario hacia la comunidad.

Comisión Federal de Comercio (FTC, por sus siglas en inglés)

La industria funeraria está reglamentada en su concepto comercial por el registro de código federal. 16 CFR 453 – Funeral Industry Practices. Este reglamento fue promulgado bajo el Federal Trade Commission Sección Funeral Rule Compliance Manual (FTC, por sus siglas en inglés). Esta reglamentación regula los precios a ser desglosados por la obtención de servicios fúnebres y la manufactura de los productos utilizados en el campo funerario, centro de cremaciones y cementerios. Establece claramente los derechos como los deberes tanto del que ofrezca como el que solicite los servicios fúnebres.

Reglamento para el Manejo de Desperdicios Sólidos No Peligrosos

Las funerarias deberán regirse por las Reglas 580 y 584 del Reglamento para el Manejo de Desperdicios Sólidos No Peligrosos, Capítulo V, Desperdicios Biomédicos Regulados. La EPA delegó este reglamento a la Junta De Calidad Ambiental (JCA, 1976). Este reglamento define como desperdicio biomédico regulado y cito: “cualquier desperdicio generado durante el diagnóstico, tratamiento o inmunización de seres humanos como animales, en la investigación relacionada a éstos o en la producción de ensayos de productos biológicos o en el embalsamamiento de cuerpos humanos” se cierra la cita (JCA, 1976). Además debe proveer todo el equipo necesario para llevar a efecto la actividad de asepsia y los contenedores apropiados para el almacenaje de equipo sensitivo que haya entrado en contacto con fluidos corporales.

Este mismo reglamento determina que los líquidos y semi-sólidos generados durante el embalsamamiento de un cadáver se descarguen al sistema de alcantarillado.

Previo a dicha descarga, es necesario obtener el permiso de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) conocido como Permiso de Descarga. La AAA tiene como requisito básico que la descarga sea en fase líquida o semi-sólida y que la formación de aerosoles sea minimizada. Para evaluar la solicitud la AAA puede requerir al usuario costas por tratar el desperdicio y que los efluentes sean pretratados previo a ser descargados al sistema de alcantarillado público.

Ley Número 13 del 1985

La industria funeraria debe cumplir con la Ley Número 13 del 1985, creada por el Instituto de Ciencias Forenses (ICF). En su Parte XIV Capítulo 201, establece los requisitos de los casos de fallecidos que deben ser referidos a autopsias. Incluye además los procedimientos para levantar un cadáver, la custodia de los objetos personales del difunto como la disposición del cadáver, entre otros. Usualmente el funerario es el llamado para asistir al personal del ICF durante el levantamiento de cadáveres. Además, esta ley resuelve las controversias en cuanto a quien es la persona que deberá reclamar el cuerpo del difunto para proceder con la disposición final del caso que es coordinado por el funerario.

Ley Número 11 del 1974

El funerario debe cumplir con el reglamento de la Junta de Disposición de Cuerpos, Órganos y Tejidos establecido bajo la Ley Número 11 del 1974. Esta ley regula las donaciones de órganos, tejidos o cuerpos tanto antes como después del fallecimiento. Después del fallecimiento, los órganos y tejidos tienen un tiempo de retención para que

puedan ser utilizados en seres vivos. Por lo tanto luego de ser informado, el embalsamador tiene la responsabilidad de llevar a cabo los pre-arreglos establecidos con esta Junta para viabilizar el traslado del donante fallecido, con la urgencia que amerita dicha situación (Iserson, 1994).

Reglamento Sanitario del Departamento de Salud de Puerto Rico

Las operaciones funerarias están reglamentadas a nivel estatal por el Departamento de Salud de Puerto Rico bajo el Reglamento Sanitario 5660 (136A) de 1997. Este reglamento regula el traslado, las inhumaciones, las exhumaciones, las cremaciones, el embalsamamiento de cadáveres y las operaciones de funerarias como lo son los cementerios. En términos generales establece los parámetros relacionados al tipo de cadáver que se le práctica el proceso de embalsamamiento. Además determina el tiempo de retención para realizar las exhumaciones de éste si presentan un causal de muerte con características infecciosas o contagiosas. El mismo reglamento establece los parámetros geológicos a cumplir para desarrollar cementerios donde no se afecten las aguas subterráneas.

Oficina de Salud y Seguridad Ocupacional Federal

La Oficina de Salud y Seguridad Ocupacional Federal, (OSHA, por sus siglas en inglés), contiene bajo el 29 CFR 1910 una sección dividida en cuatro subpartes que tiene inherencia sobre las ciencias mortuarias. La primera es el Estándar a Exposición de Formaldehído (29 CFR 1910-1048). La segunda es relacionada con Comunicación de Riesgo (29 CFR 1910-1200). La tercera es relacionada con Patógenos Transmitidos en

Sangre (29 CFR 1910-1030) y la cuarta y última corresponde a la Protección Respiratoria (29 CFR 1910-134).

A) El estándar de exposición a formaldehído requiere que el empleado sea adiestrado acerca del peligro del formaldehído en su lugar de empleo. Además, requiere por se lleven acabo ajustes físicos o mejores prácticas de ingeniería para la reducción en los niveles de exposición al compuesto, monitoreos del aire y vigilancia médica del personal expuesto, tratamiento ambulatorio, rotulación de las áreas de trabajo para restringir el acceso a posibles exposiciones.

B) El estándar de comunicación de riesgo requiere a los patronos proveer a sus empleados la información y adiestramiento sobre químicos tóxicos o peligrosos en su área de trabajo. Esto se deberá llevar acabo tanto al momento de ser inicialmente asignados como cada vez que nuevos peligros o riesgos son introducidos en el área de trabajo. Uno de los puntos más interesantes de esta sección es proveer en un lugar accesible al empleado la hoja de datos de seguridad (MSDS, por sus siglas en inglés), lo cual contiene la información de todas las sustancias químicas relacionadas a su área de trabajo. El MSDS contiene las propiedades físicas y químicas, como tratar la sustancia al impactar el ambiente y las instrucciones a seguir en caso de exposición que una persona sufra por cualquier vía. El estándar de comunicación incluye los deberes y responsabilidades de los empleados hacia sus patronos en cuanto a informar cualquier incidente que envuelva esta sustancia química que pudiera representar un peligro hacia la salud o seguridad de cualquier empleado.

C) El estándar relacionado a patógenos transmitido en sangre requiere que el patrono provea libre de costo todo el equipo necesario para proteger al empleado y evitar

el contacto con cualquier material potencialmente infeccioso. El material potencialmente infeccioso se conoce como cualquier fluido corporal como semen, secreciones vaginales, fluido cerebro espinal, líquido sinovial, fluido pleural, fluido pericardio, fluido peritoneal, fluido amniótico, saliva relacionada a intervención maxilo facial y/o cualquier fluido que provenga del cuerpo humano (Mullins, 2006).

D) El estándar de protección respiratorio establece límites permitido de exposición de formaldehído en el aire. Instruye al patrono sobre el equipo de protección respiratorio y el tiempo al cual el empleado puede estar expuesto mientras dure la exposición. Establece los monitoreos y los requerimientos relacionados tanto al laboratorio como el de sus equipos de extracción de gases. Establece además, los requerimientos médicos y su responsabilidad de conservar los expedientes médicos de cada empleado.

Dentro de la norma de formaldehído el patrono debe cumplir con cinco pasos básicos:

- 1) Reducir los niveles de exposición al nivel más bajo posible mediante mejores controles de ingeniería. Estos controles pueden ser asepsia, mejores prácticas de trabajo y ventiladores de aire para mantener la atmósfera con valores levemente negativos.

- 2) Realizar anualmente monitoreo de aire. Este monitoreo no requiere de un especialista en higiene industrial. La norma permite que el patrono lo realice en presencia del empleado durante el proceso de utilización de la sustancia química.

- 3) Ofrecer adiestramiento a todos los empleados que estarán expuestos. Se requiere que el personal se adiestre en la utilización del equipo de protección personal. Requiere un programa de comunicación de riesgo utilizando la hoja de dato y material de

seguridad o MSDS que el patrono desarrollará y mantendrá en forma escrita acerca de los productos que contengan formaldehído.

4) A raíz de los resultados de los niveles de exposición de formaldehído adquiridos durante el monitoreo inicial, el patrono como el empleado genera la norma y las acciones a seguir para cumplir al menos con los requisitos mínimos.

5) Desarrollar un plan de evacuación a seguir en caso de un accidente con el formaldehído. El plan lo desarrollará el patrono y estará disponible y al acceso de todos los empleados expuestos al químico.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Realizamos un avalúo de riesgo ocupacional al utilizar formaldehído crudo durante la desinfección, preservación y restauración de cadáveres. Nuestro objetivo fue determinar si la sustitución de soluciones formuladas para embalsamar por formaldehído crudo, representa o no un aumento en riesgo a la salud de los embalsamadores.

Área de estudio

El laboratorio de embalsamamiento de una casa mortuoria es lo que la sala de operaciones es para un hospital. El que utilizamos para nuestro estudio, está enclavado en el Municipio de Vega Baja cuyo tamaño es de 20' x 15' x 8' para un área total de 2,225 pies cúbicos. A ésta se le ha restado el área de los muebles característicos que se encuentran en los laboratorios de embalsamar. Tiene, como la gran mayoría de los laboratorios, acceso controlado, las paredes y el techo están contruidos en material insensible y tiene iluminación artificial sobre la mesa de operación. El laboratorio no posee un sistema de acondicionador de aire, pero está equipado con un ventilador (extractor) teniendo en sus aspas una longitud de catorce pulgadas y una capacidad promedio de flujo de 550 pies cúbicos por minuto (cfm, por sus siglas en inglés). Este laboratorio carece de un ventilador forzado para mantener la presión levemente negativa. No obstante calculamos que los cambios de aire por hora promedio con el ventilador instalado tiene un valor de 15 cambios.

Objetivos de investigación

1. Identificar los niveles de formaldehído crudo en el aire durante la preservación de un cadáver dentro del laboratorio de embalsamar para determinar si éste representa un riesgo a la salud.

Medimos las concentraciones de formaldehído en aire durante cinco procesos de embalsamamiento casos normales. Consideramos casos normales aquellos cadáveres que no se le haya practicado autopsia.

El equipo utilizado para el monitoreo del aire para determinar la concentración de formaldehído fue un Gastec Sensidyne Model 800. Las lecturas de formaldehído en aire, las obtuvimos directamente del instrumento y expresados en ppm. El tubo de monitoreo lo suplió la Gastec Corporation modelo número 91L con rangos de concentración desde 0.1 a 40 ppm. El limite de detección para el tubo de monitoreo 91L es de 0.05 ppm. Todas las lecturas del monitoreo de formaldehído se tomaron a una altura del pecho del embalsamador por la cercanía a la zona de respiración de éste. Regulamos el flujo de la bomba de inyección arterial a razón de 10 oz/min. Los pasos a seguir para la obtención de las lecturas fueron los siguientes:

- Tener la hoja de recopilación de datos (Tabla 3).
- Tener a la mano el instrumento Gastec Sensidyne como los tubos de monitoreo 91L con rangos de concentración desde 0.1 a 40 ppm.
- Encender el ventilador media hora antes de comenzar el proceso de embalsamamiento.
- Preparar el tubo de monitoreo. Remover las dos puntas del tubo colector con el dispositivo que tiene el instrumento para ello.
- Asegurar que la manecilla de la bomba está totalmente accionado hacia el interior de la bomba.
- Colocar el tubo colector dentro de la bomba. Asegurar que la flecha del tubo colector este alineado con la flecha indicadora de la bomba.

- Llevar la punta del tubo colector hacia el pecho del embalsamador. Luego proceder a retirar la manecilla de la bomba hacia afuera hasta el indicador de 100 mililitros (ml).
- Retener la bomba hacia el pecho del embalsamador hasta que la manecilla haya recorrido nuevamente dentro del instrumento. Existe un indicador en la manecilla que al encender determinará que concluyó el recorrido.
- Dejar transcurrir 30 minutos.
- Obtener la primera lectura antes de iniciar el procedimiento para determinar la presencia de formaldehído siguiendo las instrucciones del Manual de Equipo.
- Obtener la segunda lectura durante la preparación de la solución arterial siguiendo los requerimientos en la formulación.
- Obtener la tercera lectura al comenzar la inyección arterial. Mientras se procede con la inyección arterial, obtener lecturas del aire en intervalos de 10 minutos hasta terminar la inyección arterial (aproximadamente 60 minutos).
- Luego de terminar la inyección arterial, brindar un tiempo de retención de aproximadamente 15 minutos y al concluir este tiempo obtener la lectura.
- Obtener una lectura del aire al comenzar el tratamiento de cavidad.
- Al terminar con el tratamiento químico del cadáver obtener una lectura después de transcurridos 15 minutos.

Análisis de datos:

Las concentraciones obtenidas de formaldehído en aire durante los cinco procesos de embalsamamiento se resumieron y tabularon bajo el número del proceso versus las lecturas tomadas. Tomamos entre 9 a 12 lecturas por cadáver. Los resultados se organizaron en forma tabulada (Tabla 4).

Coparamos los resultados obtenidos durante el proceso de embalsamamiento con formaldehído crudo con los estándares de exposición de formaldehído en aire encontrado en la norma de formaldehído bajo OSHA en su Sección 29 CFR 1910.1048. A partir de este análisis, se procedimos a redactar las conclusiones de nuestra investigación.

2. Establecer recomendaciones para las agencias estatales con jurisdicción sobre el asunto tratado para evaluar la posibilidad de reglamentar la adquisición, distribución y utilización del formaldehído crudo durante el embalsamamiento de un ser humano.

A partir de los resultados obtenidos, establecimos las recomendaciones pertinentes utilizando los valores reglamentados por OSHA versus los valores obtenidos en nuestra investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo discutiremos los resultados de las muestras de aire obtenidas para determinar las concentraciones del gas formaldehído durante el embalsamamiento de cinco cadáveres. Los resultados fueron comparados con los parámetros establecidos por la Oficina de Salud y Seguridad Ocupacional Federal (29 CFR 1910).

La Oficina de Salud y Seguridad Ocupacional Federal establece que durante el embalsamamiento de un cuerpo el valor para el gas formaldehído no debe exceder de 0.5 ppm en una jornada de trabajo de ocho horas. Además, establece que si la concentración de formaldehído en aire excede el valor de 2.0 ppm, el embalsamador deberá utilizar una mascarilla de medio rostro con filtros instalados para vapores orgánicos y no podrá exceder su exposición a un tiempo mayor de quince minutos. Tiene como requerimiento adicional utilizar mejores prácticas de ingeniería para disminuir esta concentración por debajo de 0.5 ppm.

La obtención de las muestras las llevé a cabo según la metodología establecida en el Capítulo III y no hubo cambios operacionales. Los resultados de la concentración de formaldehído en aire obtenidos durante el embalsamamiento de los cinco cadáveres en adición de sus promedios se presentan en la Tabla 4. A continuación se discutirá los resultados de acorde con los objetivos propuestos.

- 1. Identificar los niveles de formaldehído crudo en el aire durante la preservación de un cadáver dentro del laboratorio de embalsamar para determinar si éste representa un riesgo a la salud.**

Lectura previa a la formulación (L_0)

La lectura inicial L_0 , se realizó para cuantificar la concentración de formaldehído en el aire antes de comenzar el procedimiento de embalsamar. Los resultados obtenidos individuales como el promedio para la concentración de formaldehído en aire para L_0 se presentan en la Tabla 4. Las lecturas de formaldehído en el aire tomadas para los cinco cadáveres cumplieron con los parámetros establecidos por OSHA para una jornada de trabajo de ocho horas como para una de quince minutos.

El valor de 0.1 ppm del cuarto cadáver reflejó un resultado que se aparta de los valores obtenidos en los restantes cuatro (0 ppm). Este resultado se puede explicar a que durante el mismo día en que se realizó el muestreo para el cuarto cadáver, se habían embalsamado dos cadáveres previos a la toma de muestra. Esta condición no ocurrió con los restantes cadáveres. El tiempo transcurrido entre el cadáver que antecedió al nuestro fue de aproximadamente dos horas. Esto demuestra que la concentración de formaldehído en aire dentro del laboratorio de embalsamar continua presente después de haber transcurrido el proceso de embalsamamiento.

Formulación de solución arterial (L)

La concentración de formaldehído en aire durante la formulación de la solución arterial esta representado por L. Los resultados obtenidos individuales como el promedio para L se presentan en la Tabla 4. El 100% de los resultados obtenidos durante la formulación de la solución arterial exceden el valor de 0.5 ppm establecido por OSHA

para una jornada de trabajo de ocho horas. También excede el valor de 2.0 ppm establecido por OSHA para una jornada de trabajo de quince minutos.

El promedio obtenido fue de 5.6 ppm. Todas las lecturas obtenidas están sobre 2 ppm. En esta etapa de formulación el embalsamador no utiliza ningún equipo de protección personal porque entiende que no es necesario. El tiempo promedio que tomó para preparar la solución arterial fue de quince minutos. Esto demuestra que el embalsamador no percibe que se excede la concentración de formaldehído en aire según los parámetros establecidos por OSHA. Los valores obtenidos en L_i representan un riesgo a la salud y seguridad del embalsamador.

Inyección arterial

Lectura L_i

Los valores de la concentración de formaldehído en el aire tomadas al comenzar con el proceso de embalsamamiento son representados como L_i . Los resultados obtenidos tanto individuales como del promedio de la concentración de formaldehído en el aire durante el comienzo de la inyección arterial L_i se presenta en la Tabla 4.

El 60% de las muestras no cumplió con el parámetro establecido por OSHA de 0.5 ppm para una jornada de trabajo de ocho horas. El 40% de las muestras obtuvieron valores igual al valor máximo permitido para una jornada de trabajo de ocho horas. El 20% de los resultados no cumplió con el parámetro establecido por OSHA de 2.0 ppm para una jornada de trabajo de solo quince minutos. El promedio calculado para L_i refleja que no cumplió con el parámetro para OSHA para la jornada de trabajo de ocho horas pero cumple con el parámetro de quince minutos de trabajo.

Los resultados reflejan que al comenzar el proceso de embalsamamiento el personal esta expuesto a una concentración de 140% sobre el reglamentado para una jornada de ocho horas de trabajo. En estos casos, OSHA requiere que se tomen medidas para mejorar las condiciones de trabajo, lo cual el embalsamador no realizó. Como indicamos anteriormente, esto se debe posiblemente por la incapacidad del embalsamador de percibir que se exceden los parámetros establecidos por OSHA para una jornada de trabajo de ocho horas como para una de quince minutos. De esta forma el embalsamador esta expuesto a un ambiente específico de alto riesgo a su salud en el laboratorio de embalsamar continuando una exposición indebida a gases de formaldehído.

Lectura L₁₀

Los valores de la concentración de formaldehído en el aire tomadas al transcurrir diez minutos de haber comenzado la inyección arterial están representados como L₁₀. Los resultados obtenidos individuales como el promedio obtenido para L₁₀ se presentan en la Tabla 4.

El 80% de las muestras no cumplió con el parámetro establecido por OSHA de 0.5 ppm para una jornada de trabajo de ocho horas. El 20% de las muestras obtuvieron valores igual al valor máximo permitido para una jornada de trabajo de ocho horas. El 20% de los resultados no cumplió con el parámetro establecido por OSHA de 2.0 ppm para una jornada de trabajo de solo quince minutos. El promedio calculado para L₁₀ refleja que no cumplió con el parámetro para OSHA para la jornada de trabajo de ocho horas pero si cumplió con el parámetro de quince minutos de trabajo.

Los resultados reflejan que al transcurrir diez minutos de la inyección arterial el embalsamador esta expuesto a una concentración promedio de 280% mayor al valor permitido por OSHA para una jornada de trabajo de 8 horas representando un riesgo a la salud y seguridad del embalsamador. Más aun, tomando en consideración la concentración de formaldehído en el aire entre el promedio reflejado de L_i y L_{10} este reflejó un incremento de 58%. Por lo tanto, la concentración del formaldehído en el aire sigue aumentando según se extiende el proceso de embalsamamiento representando un aumento de riesgo para la salud y seguridad del embalsamador.

Lectura L_{20}

L_{20} representa los valores de la concentración de formaldehído en el aire tomadas al transcurrir veinte minutos de haber comenzado la inyección arterial. Los resultados obtenidos individuales como el promedio obtenido para L_{20} se presentan en la Tabla 4.

El 100% de las muestras no cumplió con el parámetro establecido por OSHA de 0.5 ppm para una jornada de trabajo de ocho horas. El 80% de los resultados no cumplió con el parámetro establecido por OSHA de 2.0 ppm para una jornada de trabajo de solo quince minutos. El promedio calculado para L_{20} refleja que no cumplió con el parámetro para OSHA para la jornada de trabajo de ocho horas como tampoco cumplió con el parámetro de quince minutos de trabajo.

Los resultados reflejan que al transcurrir veinte minutos de la inyección arterial el embalsamador esta expuesto a una concentración promedio de 1000% mayor al valor permitido por OSHA para una jornada de trabajo de 8 horas. La concentración de formaldehído en el aire entre el promedio reflejado de L_{20} y L_{10} reflejó un incremento de

189%. Se observa que la concentración de formaldehído en el aire incrementa según transcurre el proceso de embalsamamiento. Esto representa un continuo patrón de riesgo para la salud y seguridad del embalsamador al utilizar formaldehído crudo para la conservación de cadáveres.

Lectura L₃₀

Los valores de la concentración de formaldehído en el aire tomadas al transcurrir treinta minutos de haber comenzado la inyección arterial están representados como L₃₀. Los resultados obtenidos individuales como el promedio obtenido L₃₀ se presentan en la Tabla 4.

El 100% de las muestras y el promedio calculado para L₃₀ no cumplió con el parámetro establecido por OSHA de 0.5 ppm para una jornada de trabajo de ocho horas como para una jornada de quince minutos (2.0 ppm).

Los resultados reflejan que al transcurrir treinta minutos de la inyección arterial el embalsamador esta expuesto a una concentración promedio de sobre 2000% mayor al valor permitido por OSHA para una jornada de trabajo de 8 horas. La concentración de formaldehído en el aire entre el promedio reflejado de L₃₀ y L₂₀ presentó un incremento de 103%. Observé nuevamente que la concentración de formaldehído en el aire incrementa según transcurre el proceso de embalsamamiento. Han transcurrido treinta minutos de exposición indebida según lo establecen los estatutos de OSHA. Esto representa un continuo patrón de riesgo para la salud y seguridad del embalsamador. Cabe señalar que a partir de este punto de muestreo para todos los cadáveres, hubo incomodidad visual tanto para el embalsamador como la persona que tomaba las muestras

de aire. No obstante el embalsamador no utilizó las precauciones universales para proteger su salud.

Lectura L₄₀

Los valores de la concentración de formaldehído en el aire tomadas al transcurrir cuarenta minutos de haber comenzado la inyección arterial están representados como L₄₀. Los resultados obtenidos individuales como el promedio obtenido para L₄₀ lo presentamos en la Tabla 4.

El 100% de las muestras y el promedio calculado para L₄₀ no cumplió con el parámetro establecido por OSHA de 0.5ppm para una jornada de trabajo de ocho horas así como 2.0 ppm para una jornada de quince minutos.

Los resultados reflejan que al transcurrir cuarenta minutos de la inyección arterial el embalsamador esta expuesto a una concentración promedio de sobre 2500% mayor al valor permitido por OSHA para una jornada de trabajo de 8 horas. La concentración de formaldehído en el aire entre el promedio reflejado de L₄₀ y L₃₀ presentó un incremento de 29%. Se observa nuevamente que la concentración de formaldehído en el aire incrementa según transcurre el proceso de embalsamamiento. Han transcurrido cuarenta minutos de exposición indebida según lo establecen los estatutos de OSHA. Esto continúa siendo un constante patrón de riesgo para la salud y seguridad del embalsamador. Continúa la incomodidad visual tanto para el embalsamador como la persona que tomaba las muestras de aire. El embalsamador continua sin tomar las medidas de seguridad ocupacional requeridas por OSHA.

Lectura L₅₀

Los valores de la concentración de formaldehído en el aire tomadas al transcurrir cincuenta minutos de haber comenzado la inyección arterial están representados como L₅₀. Los resultados obtenidos individuales como el promedio obtenido para L₅₀ se presentan en la Tabla 4.

En L₅₀ solo tenemos resultados para tres cadáveres. Las razones para ello es que estos cadáveres tienen mayor masa corporal (Tabla 5) para ser preservados. Al tener mayor masa corporal que conservar, es necesario preparar mayor volumen de solución arterial que será inyectada a través del sistema circulatorio el cual se traduce en un mayor tiempo de inyección.

De los tres cadáveres muestreados, el 100% de las muestras y el promedio calculado para L₅₀ no cumplió con el parámetro establecido por OSHA de 0.5 ppm para una jornada de trabajo de ocho horas como para una jornada de quince minutos (2.0 ppm).

Los resultados reflejan que al transcurrir cincuenta minutos de la inyección arterial el embalsamador esta expuesto a una concentración promedio de sobre 3000% mayor al valor permitido por OSHA para una jornada de trabajo de 8 horas. La concentración de formaldehído en el aire entre el promedio reflejado de L₅₀ y L₄₀ presentó un incremento de 12%. Se observa nuevamente que la concentración de formaldehído en aire continua incrementando representando un riesgo para la salud del embalsamador según transcurre el proceso de embalsamamiento. Nuevamente, se continúa percibiendo molestia visual como respiratorio y el embalsamador no toma las

medidas necesarias para proteger su salud y seguridad de las altas concentraciones de formaldehído en el aire.

Lectura L_{60}

No hubo la necesidad de tomar muestras para determinar la concentración de formaldehído en el aire al transcurrir sesenta minutos debido a que el proceso de embalsamamiento se completó.

Perfusión de la solución arterial

Lectura L_{f-15} arterial

L_{f-15} arterial representa la concentración de formaldehído en el aire quince minutos después de haber finalizado la inyección arterial. Los resultados obtenidos individuales como el promedio para la concentración de formaldehído en aire para L_{f-15} arterial se presentan en la Tabla 4.

El 60% de las muestras no cumplió con el parámetro establecido por OSHA de 0.5 ppm para una jornada de trabajo de ocho horas. El 20% de las muestras obtuvieron valores igual al valor máximo permitido para una jornada de trabajo de ocho horas. El 20% de los resultados no cumplió con el parámetro establecido por OSHA de 2.0 ppm para una jornada de trabajo de solo quince minutos. El promedio calculado para L_{f-15} arterial refleja que no se cumplió con el parámetro para OSHA para la jornada de trabajo de ocho horas pero si cumplió con el parámetro de quince minutos de trabajo.

A base de las lecturas obtenidas para L_{f-15} arterial, estas demuestran una disminución de la concentración de formaldehído en aire. Estos valores eran de esperarse

debido a que la inyección arterial ha concluido pero el embalsamador lleva sobre ochenta minutos de exposición a concentraciones de formaldehído en el aire fuera de los parámetros establecidos por OSHA para una jornada de trabajo de ocho horas como para una de quince minutos. Como indicamos anteriormente el embalsamador no realizó acción alguna para proteger su salud y seguridad ocupacional. Esto se debe posiblemente por la incapacidad del embalsamador de percibir que las concentraciones a que esta expuesto exceden los valores reglamentados por OSHA.

Tratamiento de cavidad

Después de un tiempo de retención de 15 minutos a partir de la culminación de la inyección arterial, se procedió a tratar los órganos localizados en las cavidades torácicas, pélvicas y abdominales. Para este proceso se añadió directamente a las cavidades 32 oz. de formaldehído crudo concentrado al 49%. Se tomaron medidas al comenzar el tratamiento de cavidad y luego de haber finalizado el tratamiento de cavidad y transcurrido quince minutos de dicho tratamiento. Los periodos evaluados se discuten a continuación.

L_i cavidad

Los valores de la concentración de formaldehído en el aire tomadas al comenzar el tratamiento de las cavidades están representados como L_i cavidad. Los resultados obtenidos individuales como el promedio obtenido para L_i cavidad se presentan en la Tabla 4.

El 100% de las muestras y el promedio calculado para L_i cavidad no cumplió con el parámetro establecido por OSHA de 0.5 ppm para una jornada de trabajo de ocho horas como para una jornada de quince minutos. Los resultados reflejan que durante el tratamiento de cavidades el embalsamador esta expuesto a una concentración promedio de sobre 3700% mayor al valor permitido por OSHA para una jornada de trabajo de 8 horas. La concentración de formaldehído en aire entre el promedio reflejado de L_{f-15} arterial y L_i cavidad presento un incremento de 2300%. Se observa nuevamente que la concentración de formaldehído en aire incrementa según transcurre el proceso de embalsamamiento. Durante este proceso de tratamiento de cavidades se han obtenidos las lecturas mas altas de concentración de formaldehído en aire. El embalsamador no ha tomado las precauciones de utilizar una mascarilla de medio rostro con filtros para vapores orgánicos según lo establece OSHA para una exposición a valores tan altas para una jornada de trabajo de quince minutos. El valor de la media obtenido como los valores individuales simbolizan una condición ocupacional extremadamente peligrosa representando un aumento en riesgo a la salud y seguridad ocupacional del embalsamador. Más aún, hay que recordar que el embalsamador viene de una exposición a concentraciones de formaldehído en aire de alto riesgo ocupacional de aproximadamente noventa minutos desde que comenzó el proceso de la conservación de tejido humano.

L_{f-15} cavidad

La concentración de formaldehído en el aire después de haber finalizado el tratamiento de cavidad y transcurrido quince minutos está representada por el símbolo L_f .

15 cavidad. Los resultados obtenidos individuales como el promedio obtenido para L_{F-15} cavidad se presentan en la Tabla 4.

El 60% de las muestras no cumplió con el parámetro establecido por OSHA de 0.5 ppm para una jornada de trabajo de ocho horas. El 20% de las muestras obtuvieron valores igual al valor máximo permitido para una jornada de trabajo de ocho horas. Las lecturas obtenidas cumplieron con el parámetro establecido por OSHA de 2.0 ppm para una jornada de trabajo de solo quince minutos.

Los resultados promediados reflejados en este renglón nos indican que este parámetro no cumple con los requerimientos de OSHA para una jornada de ocho horas. Además, observamos que el promedio calculado para este parámetro cumple con los requerimientos de OSHA para una jornada de trabajo de quince minutos. No obstante en este periodo evaluado se observa que el valor obtenido en el promedio refleja una disminución de la concentración de formaldehído en el aire durante el embalsamamiento de cavidades. Este valor se explica debido a que durante la lectura de esta muestra el tratamiento de cavidad se da por concluido y todo el fluido introducido a las cavidades se mantiene dentro de estas. El embalsamador procede a suturar la incisión abdominal por donde se introdujo el líquido de cavidad. Hay que tener presente que el embalsamador viene de una exposición continua a concentraciones de formaldehído en aire de alto riesgo ocupacional de aproximadamente cien minutos desde que comenzó el proceso de tanatología.

2. Establecer recomendaciones para las agencias estatales con jurisdicción sobre el asunto tratado para evaluar la posibilidad de reglamentar la adquisición, distribución y utilización del formaldehído crudo durante el embalsamamiento de un ser humano.

Los resultados obtenidos durante esta investigación demostraron que el manejo de formaldehído crudo durante el embalsamamiento representa un aumento en riesgo para la salud y seguridad ocupacional de un embalsamador. Las leyes que regulan los profesionales de la salud en especial los embalsamadores, tiene un enfoque microbiológico y patológico. No hay un enfoque por intoxicación por sustancias químicas. Los institutos de Ciencias Mortuorias como los dueños de las casas mortuorias enfatizan la utilización de las precauciones universales como medida preventiva a contagiarse con alguna enfermedad infecciosa.

OSHA establece que sólo se deberá tomar una sola lectura anual para determinar la concentración de formaldehído en aire si al tomar la lectura el valor está por debajo de 0.5 ppm. No se establece donde serán tomadas las lecturas para determinar la concentración de formaldehído en aire. La agencia reguladora no establece en que etapa del embalsamamiento se deberán tomar las lecturas para determinar la presencia del gas. No están reglamentados los cambios de aire que deberá tener un laboratorio de embalsamar para garantizar que no se acumulen el gas durante el proceso de conservación de cadáveres. La Junta de Examinadores de Embalsamadores deja a discreción del embalsamador la utilización de cualquier sustancia que contenga formaldehído y no reglamenta que se utilice las soluciones manufacturadas para el campo mortuario.

A raíz de los resultados obtenidos, expongo las siguientes recomendaciones:

Repetir nuestro estudio con soluciones sintetizadas para el campo mortuario.

De esta forma se puede verificar si las soluciones utilizadas bajo las condiciones ambientales en Puerto Rico cumplen con la reglamentación y parámetros promulgados por OSHA. Puerto Rico tiene condiciones ambientales muy diferentes con respecto a EE.UU. Puerto Rico como isla tropical tiene una humedad relativa distinta a la que usualmente tiene EE.UU. Otra condición que difieren entre ambos países es la temperatura. En EE.UU. durante la época del invierno, los cadáveres son embalsamados con la intención de ser sepultados durante la época de primavera. Contrario a PR donde los cadáveres son sepultados usualmente después de dos a tres días de velatorios. Este estudio deberá ser diseñado y realizado por el Departamento de Salud de Puerto Rico. Además para PR el Departamento de Salud deberá reglamentar que la obtención de las lecturas para determinar la concentración de formaldehído en aire sea realizado por una tercera persona como un Higienista Industrial o un Químico Licenciado.

Dado que: 1) la diversidad de las concentraciones de formaldehído utilizado en el campo mortuario, 2) el producto es cancerígeno como tóxico y 3) las concentraciones medidas en el aire no cumplen con los valores promulgados por OSHA, recomendamos que el inyector motorizado como los químicos que se utilice sean tanto formulados como almacenado en un banco químico de campana de ventilación. Este banco del laboratorio reducirá los gases de formaldehído generados durante la formulación y que tengan acceso al ambiente del laboratorio en general.

Por lo tanto reduciendo al máximo la exposición del operador durante la fase de preparación.

Actualmente OSHA requiere a los laboratorios de embalsamar la instalación de un ventilador para reemplazar la totalidad del aire durante el proceso de embalsamamiento. No obstante no indica cuántos deben ser los reemplazos de aire para un laboratorio de embalsamar. Para otros profesionales de la salud, como laboratorios patológicos los laboratorios químicos entre otros, se les establece el valor de cambios de aire con los que deben cumplir. Por lo tanto, recomendamos que el Departamento de Salud realice estudios conducentes a establecer los cambios mínimos que deberá tener un extractor de gases para un laboratorio de embalsamar.

A través de esta investigación, demostramos que los parámetros para la concentración de formaldehído en aire no cumplen con los requerimientos de OSHA para una jornada de trabajo de ocho horas como también una jornada de trabajo de sólo quince minutos. OSHA establece que el empleado expuesto utilice una mascarilla de medio rostro con filtros para vapores orgánicos cuando se exceda los valores reglamentados. Por lo tanto, se debe requerir al patrono (Director Funerario) documentar anualmente una prueba de ajuste de la mascarilla de medio rostro como parte del requerimiento laboral.

El Departamento de Salud en coordinación con la Departamento de Transportación y Obras Publicas deberán regular a las compañías que formulen, distribuyen o se dediquen a la venta de formaldehído crudo. Representando el formaldehído crudo un aumento en riesgo a la salud de los embalsamadores, se debe reglamentar el adquirir dicha substancia mediante la presentación de la licencia

profesional de un químico licenciado. De esta manera, se puede garantizar que dicho producto es un cancerígeno no sea utilizado en el campo mortuario.

Enmendar el reglamento de la Junta Examinadora de Embalsamadores para incluir que “todo tejido o cuerpo humano será preservado por un embalsamador licenciado y este estará autorizado a desinfectar, preservar y restaurar mediante la utilización de sustancias químicas formulados exclusivamente para el campo mortuario”.

Enmendar el reglamento del Departamento de Salud para que el muestro para determinar la concentración de formaldehído en aire durante el proceso de embalsamamiento sea realizado por un higienista independiente. Actualmente es realizado por el Director Funerario siendo esto un conflicto de interés en la sana administración de un laboratorio de embalsamar.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es un hecho irrefutable que en Puerto Rico muchos embalsamadores sustituyen los productos formulados para el campo mortuario por formaldehído crudo por la economía que les representa. Esto representa una economía ilusoria cuando se compara con el riesgo a la salud del embalsamador. Existen estudios que han determinado que el formaldehído es una sustancia carcinógena y tóxica para la salud humana (Clary, Gibaon & Warits, 1983). No existen estudios que determinen si hay o no un aumento de riesgo a la salud y seguridad ocupacional del embalsamador durante la conservación de un cuerpo con formaldehído crudo. Por lo tanto, este estudio se realizó con el propósito de determinar si el formaldehído crudo utilizado para el proceso de desinfección, preservación y restauración de tejido humano representa un aumento en riesgo a la salud del embalsamador.

Los resultados obtenidos en esta investigación reflejan que los embalsamadores están expuestos a concentraciones de formaldehído que ponen en riesgo su salud. Los valores llegaron a ser detectados hasta de 24 ppm para un incremento de 4700% del valor permitido por OSHA para un embalsamador con una jornada de trabajo de ocho horas. Además, en un momento determinado en el proceso de conservación del cadáver se percibió incomodidad tanto visual como respiratoria. Como indicamos anteriormente existe la posibilidad de que el embalsamador observe incapacidad de percibir que las concentraciones de formaldehído crudo se exceden de los valores reglamentados por OSHA.

Este estudio concluye que el utilizar formaldehído crudo durante el embalsamamiento representa un alto riesgo a la salud y seguridad ocupacional del embalsamador.

Recomendaciones

En este estudio utilizamos solamente cadáveres no autopsiados. Es recomendable que se realice este mismo estudio con cadáveres autopsiados. Los cadáveres que han pasado por una autopsia tienen que ser conservados con formaldehído líquido y formaldehído granulado o en forma de gelatina. El embalsamador deberá retirar cada órgano de las cavidades torácicas, abdominal-pélvica y tratarlos independientemente fuera del cuerpo en un recipiente especializado. Al tratar cada órgano del cadáver en dicho recipiente, el embalsamador está más expuesto al gas de formaldehído debido a que dicho recipiente no está cubierto. El tratamiento de los órganos internos del cadáver dura aproximadamente media hora. Este tratamiento se combina con la aplicación de formaldehído granulado o en forma de gelatina dentro de la cavidad torácica, pélvica-abdominal. La preservación de las paredes internas de las cavidades se lleva a cabo aplicando directamente el formaldehído granulado. De esta forma la conservación de un cadáver que ha pasado por una autopsia requiere mayor tiempo para la conservación comparado al que no ha pasado por el mismo procedimiento (casos normales).

A raíz de los resultados obtenidos recomendamos que el Departamento de Salud repita nuestro estudio con soluciones sintetizadas para el campo mortuario. De esta manera se puede verificar si estas soluciones, bajo las condiciones ambientales que

distinguen a Puerto Rico, cumplen con los requerimientos establecidos por OSHA. Además el Departamento de Salud realice estudios conducentes a establecer los cambios mínimos que deberá tener un extractor de gases para un laboratorio de embalsamar.

Se deben realizar estudios desde cuando se comenzó a regular la profesión de embalsamadores (1967) por la Junta Examinadora de Embalsamadores con aquellos embalsamadores fallecidos para evaluar sus certificados de defunción. En esta evaluación se puede determinar si los causales de muerte de los embalsamadores se apartan de las estadísticas normales de la población en general. Un estudio similar se realizó en Ontario, Canadá; Sacramento, California, EEUU; y en New York, EEUU. Los hallazgos en estos estudios no pudieron determinar que el formaldehído fue un factor determinante como principal causal en la muerte de los embalsamadores. Cabe mencionar que la variable en Puerto Rico es que los embalsamadores de nuestra Isla rempazan formaldehído crudo por los productos formulados para el campo mortuario.

La Junta Examinadora de Embalsamadores requiere a sus licenciados tres créditos de educación continua cada tres años para poder renovar su licencia profesional. Actualmente, sólo requiere que dichos cursos estén acreditadas por la Junta Examinadora de Embalsamadores. Se recomienda que se enmiende el Reglamento de Educación Continua para que dentro de los tres créditos de educación continua, se le requiera al embalsamador tener como mínimo un crédito en temas relacionados a salud y seguridad ocupacional, para crear consciencia en la población expuesta sobre los riesgo a la salud a la que se exponen si no toman las debidas medidas de prevención.

Limitaciones

Nuestro estudio no tuvo limitaciones.

LITERATURA CITADA

- Adam, J. (2004). An Embalmer's Prep Room: Ventilation. *The Dodge Magazine*. 11(04): 5-9.
- Bedino, J. (2000). The Embalming Chemistry. *Champion Research and Education Department*. 242(2): 2578-2585.
- By the Attorneys of Fiddler Gonzalez & Rodriguez. (1996). *Puerto Rico Environmental Law Handbook*. 2da edición. Maryland: Government Institute.
- By the Attorneys of McKenna & Cuneo, LLP. (1999). *Toxic Substances Control Act*. 3ra edición. Los Angeles: Government Institute.
- Callaway, C.F. (1943). *Text Book of Mortuary Practice*. 1ra edición. Chicago: The Undertakers Supply Company.
- Colman, P. (1997). *Corpses, Coffins, and Crypts*. 1ra edición. New York: Henry Holt and Company.
- Corbitt, R. (1990). *Environmental Engineering*. 1ra edición. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Clary, J., Gibson, J., & Warits, R. (1983). *Formaldehyde Toxicology, Epidemiology and Mechanisms*. 1 edición. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Crowell, R. & Moring, L. (2001). *RCRA Hazardous Wastes Handbook*. 12mo edición. Maryland: Government Institutes.
- Dorn, J. M., & Hopkins, B. M. (1999). *Thanatochemistry*, 2da edición. New Jersey: Prentice Hall.
- Frederick, L.G. & Sturb, C.G. (1989). *The Principles and Practice of Embalming*. 5ta edición. Texas: Professional Training Schools, Inc.
- Finkbeiner, W.E., Ursell, P.C. & Davis, R.L. (2004). *Autopsy Pathology*. 1ra edición. Philadelphia: Churchill Livingstone.
- Gale, F.C. (1961). *Mortuary Science*. 1ra edición. Illinois: Charles Thomas Publisher.
- Georghiou, P. & Ho, C. (1989). The Chemistry of Chromotropic Acid Method for Analysis of Formaldehyde. *Canadien Journal of Chemistry*. 67: 876-971.s

- Greenberg, B. & Kunich, J. C. (2005). *Flies as Forensic Indicators*. 1ra edición. Cambridge: Cambridge University Press.
- Guzmán, C.J. (2004). *Ciencias Mortuorias*. 1ra edición. Puerto Rico: CFD Publishing.
- Hatch, R. (1995). *What Happens When You Die*. 1ra edición. New York: Carol Publishing Corporation.
- Iserson, K.V. (1994). *Death to Dust*. 1ra edición. Arizona: Galen Press.
- Junta de Calidad Ambiental (1970) *Ley sobre política pública ambiental*. Ley número 18 de junio de 1970 (12 LPRA 1121), según enmendada.
- Junta de Calidad Ambiental (1995) *Ley para el fomento de la reduccion de los desperdicios peligrosos en Puerto Rico*. (12 LPRA 1321 et seq.).
- Lee, C. (1995). *Sampling, Analysis & Monitoring Methods*. 1ra edición. Maryland: Government Institutes Inc.
- Leming, M., & Dickinson, G. (2002). *Understanding Dying, Death & Bereavement* 4ta edición. Philadelphia: Harcourt College Publishers.
- López Feliciano, D. (1999). *El Ambiente y las Leyes de Puerto Rico*. 1ra edición. Puerto Rico: Publicaciones Paraíso.
- Lynn, C. (1999). Funeral Directors are Environmentally Good Citizens. *The Director*, 8(2): 5-14.
- Maulita, R.C. (1987). *Morbid Appearances*. 1ra edición. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R.G. (2006). *Embalming History, Theory and Practice*. 4ta edición. Massachusetts: McGraw-Hill Medical Publishing Division.
- Myers, E., & Johnson, A. (1984). *Preserving the Dead the Art and Science of Embalming*. 1ra edición. California: Lindsay Publications, Inc.
- Molak, V. (1997). *Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management*. 1ra edición. Cincinnati: Lewis Publishers.
- Mortuary Administration and Funeral Management*. 2da edición. (1994). Dallas, TX: Profesional Training Schools, Inc.
- Mullins, D. (2006). *Pathology and Microbiology for Mortuary Science*. 1ra edición. Canadá: Thomson Delmar Learning.

- Nevares, D. (2008). *Nuevo Código Penal de Puerto Rico*. 3ra edición. San Juan, Puerto Rico: Instituto para el Desarrollo del Derecho Inc.
- Prescott, L., Harley, J., & Klein, D. (1996). *Microbiology*. 3ra edición. Indiana: A Times Mirror Company.
- Ramsland, K. (1983). *Cemetery*. 1ra edición. New York: Harper Collins Publishers.
- Robinson, S. P. (1996). *Principles of Forensic Medicine*. 1ra edición. United Kingdom: Oxford University Press.
- Sawyer, D. W. (1982). Autopsies, *The Dodge Magazine*, 74(1): 25-28.
- Senado de Puerto Rico. (1998). *Proyecto de la Cámara de Representantes # 1634 del 24 de marzo de 1998*. Ley para prohibir las descargas o almacenamiento de desperdicios biomédicos patológicos.
- Sheridan Mayer, J. (1980). *Restorative Art*. 1ra edición. Texas: Professional Training Schools, Inc.
- Sheridan Mayer, J. (1986). *Colors and Cosmetics*. 3ra edición. Texas :Professional Training Schools, Inc.
- Smith. R. (1997). *Handbook of Environmental Analysis*. 3ra edición. New York: Genium Publishing Corporation.
- Spriggs, A.O. (1968). *Champion Restorative Art*. 6ta edición. Ohio: The Champion Company.
- Spriggs, A.O. (1971). *The Art and Science of Embalming*. 1ra edición. Ohio: The Champion Company.
- Stueve, T.F. (1984). *Mortuary Law*. (Rev. ed.). Cincinnati: The Cincinnati Foundation for Mortuary Education.
- Sullivan, T.F. (2001). *Environmental Law Handbook* 16ta edición. Maryland: Government Institutes.
- Turoski, V. (1985). *Formaldehyde: Analytical Chemistry and Toxicology*. 1ra edición. Washington DC: American Chemical Society.
- U. S. Environmental Protection Agency. (2007). *Hazardous Air Pollutants List*. Section 112 Clean Air Act. Washington, DC: US Government Printing Office.
- Welton, N. (2003). Embalming Toxins. *Environmental Aspects*, 14(3): 42-51.

TABLAS

Tabla 1

Concentraciones ó índice de formaldehído final a ser inyectado al sistema vascular por los días de velatorios solicitados.

Días de velatorio	Concentración final de formaldehído a ser inyectado (%)
1 ó 2	2
3	3
4	4
5	5

Tabla 2

Concentraciones ó índice de formaldehído inicial a ser utilizado por el embalsamador para preparar la solución arterial.

	Concentración de Formaldehído (%)	Utilización	Función
Casos especiales	10	Líquido arterial	Prevención de pigmentación no deseada.
	11	Líquido cavidad	Neutraliza olores y desprendimientos de la piel.
	18	Líquido arterial	Acción cosmética y restaurativa.
Fluidos cuasi endurecimiento	20	Líquido arterial	Excelente humectante y efectos cosméticos.
	22	Líquido cavidad	Excelente acción fijadora, desodorante, detiene descomposición y formación de gas en el tejido.
	25	Líquido arterial	Proporciona textura sobre la piel.
	28	Líquido arterial	Prevención tejido gaseoso, acción humectante, germicida, cosmético.
	30	Líquido cavidad	Astringente, fuerte germicida, supresor de olores, fijador de rápida acción.
Fluidos para endurecer	36	Líquido arterial	Fijador de tejido de acción rápida, para razas caucásicas y presencia de edemas.
	40	Líquido cavidad	Fuerte astringente, fijador de rápida acción.

Tabla 3

Hoja de recopilación de datos

		LECTURA DE FORMALDEHIDO EN AIRE POR CADÁVER (ppm)					
LECTURAS DURANTE INYECCIÓN ARTERIAL (MIN)	Parámetro	1	2	3	4	5	Promedio (ppm)
	L ₀						
	Formulación Solución Arterial (L)						
	L _i						
	L ₁₀						
	L ₂₀						
	L ₃₀						
	L ₄₀						
	L ₅₀						
	L ₆₀						
	L _{f-15} - arterial						
	L _i cavidad						
	L _{f-15} cavidad						
	Peso Corporal (lb)						

Tabla 4

Resultados de las concentraciones de formaldehído en aire en partes por millón (ppm) durante el embalsamamiento. Los resultados correspondientes a los periodos durante inyección arterial se representan como L_0 , previo a la formulación; L , durante la formulación de la solución; L_i , comienzo de la inyección; L_{10} , L_{20} , L_{30} , L_{40} , L_{50} , L_{60} , luego de 10-60 minutos (min) respectivamente luego de inyección inicial. Las lecturas correspondientes luego de la inyección arterial se representan como $L_{f-15 \text{ arterial}}$, luego de 15 min de finalizar la inyección; $L_{i \text{ cavidad}}$, comienzo del tratamiento de la cavidad; $L_{f-15 \text{ cavidad}}$, luego de 15 min de finalizar el tratamiento de la cavidad.

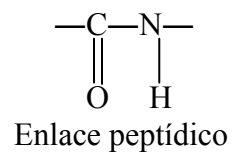
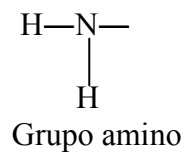
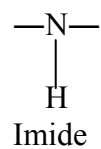
LECTURA DE FORMALDEHÍDO EN AIRE POR CADÁVER (ppm)						
Periodo	1	2	3	4	5	Promedio
L_0	0	0	0	0.1	0	0.02
L	8.0	5.0	4.0	3.0	8.0	5.6
L_i	0.5	0.5	1.0	3.0	1.0	1.2
L_{10}	0.5	0.8	1.0	2.0	1.0	1.9
L_{20}	1.6	8.0	8.0	5.0	5.0	5.5
L_{30}	8.0	16.0	16.0	8.0	8.0	11.2
L_{40}	16.0	16.0	16.0	8.0	16.0	14.4
L_{50}	-	16.0	16.0	-	16.0	16.0
L_{60}	-	-	-	-	-	-
$L_{f-15 \text{ arterial}}$	0.1	0.2	0.5	2.0	1.0	0.8
$L_{i \text{ cavidad}}$	24.0	16.0	24.0	16.0	16.0	19.2
$L_{f-15 \text{ cavidad}}$	0.2	0.8	0.5	1.0	2.0	0.9

Tabla 5

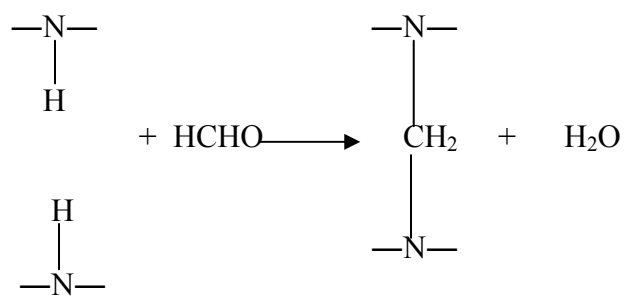
Peso corporal en libras (lb) de los cadáveres estudiados.

PESO CORPORAL (lb)				
1	2	3	4	5
145	195	185	120	190

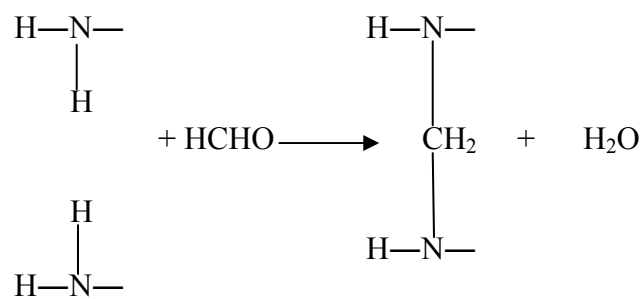
APÉNDICES



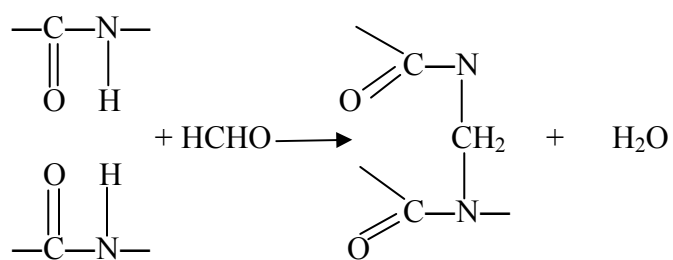
Apéndice 1. *Formas en que se encuentra el elemento nitrógeno en las proteínas.*



Apéndice 2. *Reacción química del formaldehído con dos proteínas tipo imide.*



Apéndice 3. *Reacción química del formaldehído con el grupo amino.*



Apéndice 4. *Reacción química del formaldehído con el enlace péptido.*