

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

**EVALUACIÓN DE TRES MATERIALES DE ENVASE (VIDRIO, POLIETILENO
Y POLIETILENTEREFTALATO (PET)) EMPLEADOS PARA LA TOMA DE
MUESTRA PARA EL ANÁLISIS DE MERCURIO EN ORINA**



LESLIE AÍDA ROJAS GARCÍA
QUÍMICA FARMACÉUTICA

Guatemala, Octubre de 2007

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

**EVALUACIÓN DE TRES MATERIALES DE ENVASE (VIDRIO, POLIETILENO
Y POLIETILENTEREFTALATO (PET)) EMPLEADOS PARA LA TOMA DE
MUESTRA PARA EL ANÁLISIS DE MERCURIO EN ORINA**



INFORME DE TESIS

Presentado por

LESLIE AÍDA ROJAS GARCÍA

Para optar al título de

QUÍMICA FARMACÉUTICA

Guatemala, Octubre de 2007

JUNTA DIRECTIVA

Oscar Cobar Pinto, Ph. D.
DECANO

Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto
SECRETARIO

Licda. Lillian Raquel Irving Antillón, M.A.
VOCAL I

Licda. Liliana Vides de Urizar
VOCAL II

Licda. Beatriz Eugenia Batres de Jiménez
VOCAL III

Br. Mariesmeralda Arriaga Monterroso
VOCAL IV

Br. José Juan Vega Pérez
VOCAL V

AGRADECIMIENTOS

A Dios

*Tú has sido siempre mi leal compañero
que nunca me ha abandonado*

*“Porque el Señor da la Sabiduría y de su boca proceden el conocimiento y la
inteligencia”*

Proverbios 2:6

A mis Padres

*Por su incansable lucha y sacrificio, por su apoyo y amor incondicional que me
permitieron alcanzar este triunfo.*

A mis Hermanos

Por su apoyo en todo momento

A mis Abuelitos

A mi abuelita Sofía por ser mi segunda madre

A Mama Lita por su amor

A Papa Julio a quien el Señor llamó a su presencia:

***“No se aflijan por mí, porque ya estoy libre estoy siguiendo el camino que
Dios a puesto; Tomé su mano cuando lo oí llamarme, Di la vuelta y deje todo
atrás. Dios deseó que me fuera con Él ahora y ya soy libre”***

A mis amigas

Por su valiosa amistad y compañía en todo momento

Al Departamento de Toxicología de la Escuela de Química

Farmacéutica

*Por todo el apoyo que me brindaron para la realización de la presente
investigación*

INDICE

I. Resumen	1
II. Introducción	2
III. Antecedentes	3
IV. Justificación	6
V. Objetivos	7
VI. Hipótesis	8
VII. Materiales y Métodos	9
VIII. Resultados	17
IX. Discusión de Resultados	30
X. Conclusiones	33
XI. Recomendaciones	34
XII. Referencias	35
XIII. Anexos	39

I. RESUMEN

Se evaluaron tres materiales de envases, vidrio, polietileno de alta densidad (HDPE) y polietilentereftalato (PET) como recipientes que pueden emplearse para coleccionar muestra de orina durante 24 horas para el análisis de mercurio con el objetivo primordial de seleccionar el que posea las características especiales de no interferir con la cuantificación del analito de interés.

Para la evaluación de cada envase se preparó una disolución estándar de una sal de mercurio a tres concentraciones diferentes (1, 1.5 y 2 mcg%) y se analizaron tres réplicas por concentración a tres tiempos diferentes (0, 24 y 48 horas) para determinar si el material de envase y el tiempo son factores que afectan significativamente la concentración de mercurio. Las muestras fueron analizadas mediante la técnica de análisis de mercurio UV de Sydney Kaye (procedimiento B) ⁽¹⁴⁾ cuyo fundamento es la quelación mercurio – ditizona bajo condiciones especiales y su medición de la absorbancia en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 490 nm.

Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza (ANDEVA) de un diseño factorial y prueba de la mínima diferencia significativa de Fisher (LSD) determinándose que existe diferencia significativa entre los materiales de envase para el análisis de mercurio ($p < 0.05$). Con el polietilentereftalato (PET), se obtuvo una mejor reproducibilidad y estabilidad. Asimismo se determinó que el tiempo es un factor que afecta significativamente la concentración de mercurio ($p < 0.05$), ya que conforme transcurre el tiempo la concentración disminuye excepto en el envase PET en el cual se mantuvo constante. Este fenómeno ocurrió posiblemente por adsorción del analito a los materiales de envase vidrio y polietileno de alta densidad (HDPE), únicamente a las 0 horas no existe diferencia significativa entre los envases ($p > 0.05$). Por lo anterior se concluye que el material de envase ideal para coleccionar la muestra de orina durante 24 horas para el análisis de mercurio es el PET.

II. INTRODUCCIÓN

Los envases tienen como objetivo contener, preservar y proteger su contenido, que puede ser alimento, cosmético, medicamento, etc, utilizándose además para el almacenaje y transporte de muestras para análisis de laboratorio.⁽¹⁾ Entre los materiales de envase más comunes se encuentran los de vidrio que datan de épocas remotas, y los plásticos, cuya tecnología puede decirse es nueva y que en muy poco tiempo ha desplazado al vidrio debido a que presenta grandes ventajas como su bajo costo, resistencia, fácil producción y la buena capacidad de barrera que ofrecen ante el vapor, la humedad y gases como el oxígeno.^(2, 3)

Actualmente los materiales de envase son diversos por lo que las industrias farmacéuticas y de alimentos han investigado la interacción que puede existir entre ellos y la sustancia almacenada, especialmente los fenómenos de absorción y resorción que pueden afectar su concentración y tiempo de vida útil.^(4,7)

En el Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se realizan análisis de mercurio en muestras biológicas por lo que se realizó una revisión bibliográfica para encontrar el envase ideal para coleccionar la muestra. Sin embargo, en Guatemala no se dispone de estudios que demuestren la compatibilidad de este metal con los diversos materiales de envase utilizados más frecuentemente, por lo tanto es necesario realizar una investigación con el objetivo de determinar si el tipo de material de envase y el tiempo de interacción con el analito afecta la concentración final del mercurio en la muestra.

Tomando en cuenta lo anterior, se realizó el presente estudio tomando como universo de trabajo los materiales de envase más comercializados en Guatemala siendo estos el vidrio, polietileno y polietilentereftalato (PET).

III. ANTECEDENTES

A. COMPARISON OF DRUG STABILITY IN GLASS VERSUS PLASTIC CONTAINERS: ANALYSIS OF PREFILLED SYRINGE ADMIXTURES.

University of Oklahoma. Walter F. Stanaszek. 1978 ⁽⁵⁾

Este estudio compara las posibles diferencias de estabilidad de la mezcla de hidroxizina HCl, meperidina HCl y sulfato de atropina, almacenadas en jeringas de plástico y vidrio como tratamiento preanestésico, durante 10 días a 25°C y 3°C. Los análisis que se realizaron durante este período fueron características visuales, determinación de pH, espectro de absorción UV y cuantificación por cromatografía de gases. En ninguna de las mezclas se detectó alguna degradación significativa ni formación de otras sustancias, por lo que se concluye que el almacenamiento de esta preparación puede realizarse en jeringas de vidrio o plástico debido a que no hay diferencias significativas en su estabilidad.

B. PLASTICS AND THEIR PHARMACEUTICAL APPLICATIONS. Convention for the Mutual recognition of Inspections in respect of the manufacture of Pharmaceutical Products. Sigtuna 1986.

En esta Convención se presentan entre otros artículos, los siguientes relacionados con los plásticos y su uso en la industria farmacéutica:

1. SORPTION OF CHEMICALS TO PLASTIC MATERIALS by A. Gara ⁽⁶⁾

Este artículo expone que el fenómeno de adsorción y absorción puede ocurrir tanto en materiales de vidrio como en plásticos y estudia los factores que pueden influirlo, tales como estructura molecular, material polimérico, concentración, solventes, pH y temperatura.

2. RELEASE OF CHEMICALS FROM PLASTIC MATERIALS. By A. Arvin. ⁽⁷⁾

Este artículo explica que existen componentes del plástico que pueden migrar a su contenido, como son los aditivos, monómeros, impurezas, productos de descomposición y de reacciones y los factores que influyen como propiedades químicas y físicas, concentración, temperatura, tiempo y área de contacto.

3. PLASTICS AS PACKAGING MATERIALS by L. Ernerot ⁽⁸⁾

En este artículo se comparan las propiedades del material de vidrio y plástico para su uso en el campo farmacéutico. Las ventajas que sobresalen del plástico se refieren a su peso liviano, flexibilidad, facilidad para adoptar diferentes formas, costo más económico y sus buenas propiedades de barrera.

C. ESTUDIO COMPARATIVO DE ENVASES DESCARTABLES DE PET VS. RETORNABLES DE VIDRIO: ASPECTOS AMBIENTALES, SANITARIOS Y ECONÓMICOS. Boletín Técnico Informativo No. 19 PLASTIVIDA. Lic. Raúl A. Segretín. 2002 ⁽⁹⁾

En este estudio se evalúa el uso de envases de vidrio vrs los envases de plástico PET, para el agua mineral y las bebidas carbonatadas, en donde se determina que el uso de envases de vidrio no ofrece beneficios al consumidor al ser menos seguros debido a su fragilidad y menos prácticos por su peso, mientras que los envases PET ofrecen mayores ventajas debido a sus buenas propiedades de barrera, a su resistencia química, además de ser un material liviano, inerte y reciclable, debido a esto se concluye en este estudio que el envase PET es más costo eficiente que el envase de vidrio.

D. EVALUACIÓN DE PROYECTOS: ESTUDIO DE MERCADO PARA EL ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE LA SUSTITUCIÓN DEL ENVASE DE VIDRIO POR ENVASE DE PLÁSTICO "PET" PARA EL PRODUCTO BRANDY DON PEDRO EN LA PRESENTACIÓN DE 750ML. Sebastian Walter. México 2002. ⁽¹⁰⁾

En esta investigación se realiza un estudio de mercado, técnico y económico acerca de la implementación del PET como material de envase para la comercialización de las botellas del Brandy "Don Pedro" de 750ml con el fin de reducir los costos y aumentar las ventas sin alterar la calidad del producto, ya que se determina por pruebas sensoriales en envases PET miniatura que este material no afecta la calidad de su contenido. Se concluye que el cambio al envase PET permitiría la reducción del precio sin comprometer la calidad del Brandy, favoreciendo su consumo al ser más accesible a la población.

E. ENVASES PARA ALIMENTOS Y MIGRACIÓN DE MATERIALES. Diario de la Seguridad Alimentaria. José Juan Rodríguez Jerez. Agosto 2006. ⁽¹¹⁾

En este artículo se expone la posibilidad de migración de materiales a los alimentos envasados en plásticos. Se realiza una clasificación de los envases como pasivos o tradicionales, cuando sólo pretenden aislar a su contenido del medio ambiente; y activos, cuando se aprovechan las características de migración para transformarlas en una ventaja y conservar de mejor manera los alimentos al liberarse sustancias en forma constante como antioxidantes o conservantes.

IV. JUSTIFICACIÓN

Debido a que el mercurio es un metal pesado tóxico para el ser humano, que ingresa al organismo mediante la exposición ambiental y laboral, por medio de la inhalación de vapores en su forma metálica o por ingestión de alimentos contaminados, provocando serios daños irreversibles al cerebro, hígado y riñón,⁽¹²⁾ es importante disponer de un análisis que provea de datos confiables para el correcto diagnóstico de una intoxicación por mercurio.

Siendo el nivel normal del Hg en orina menor a 20 $\mu\text{g/L}$ ($2\mu\text{g}\%$)⁽¹³⁾, es necesario contar con un método sensible para su determinación y eliminar todas las causas posibles de error, dentro de las cuales se encuentra el envase recolector de la muestra que debe ser de un material inerte con el cual no exista adsorción, absorción o resorción del metal y debido a que los pacientes deben coleccionar una muestra de orina durante 24 horas, el tiempo en que la muestra se mantiene en contacto con el envase se convierte en un factor importante. Es por ello que se investigaron 3 materiales diferentes de envases, vidrio, polietileno de alta densidad (HDPE) y polietilentereftalato (PET); a tres concentraciones, 1, 1.5 y 2 $\mu\text{g}\%$ y 3 tiempos 0, 24 y 48 horas, con el fin de elegir el más adecuado para la recolección de la muestra y así obtener resultados más confiables.

V. OBJETIVOS

A. GENERAL

Seleccionar el envase para coleccionar muestras de orina cuyos componentes no interfieran en el análisis de Hg.

B. ESPECÍFICOS

1. Determinar si la concentración de mercurio es afectada por el tipo de material de envase a analizar.
2. Determinar si la concentración de mercurio varía significativamente entre los envases de vidrio, polietileno de alta densidad (HDPE) y polietilentereftalato (PET)
3. Determinar si el tiempo es un factor que afecta la concentración de mercurio

VI. HIPOTESIS

El tipo de material de envase, así como el tiempo son factores que afectan la concentración del mercurio.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

A. UNIVERSO DE TRABAJO Y MUESTRA

1. **UNIVERSO DE TRABAJO:**

Materiales de envase de vidrio y plástico que se comercializan en Guatemala

2. **MUESTRA:**

Envases de vidrio, polietileno de alta densidad (HDPE) y polietilentereftalato (*PET*) con capacidad no menor a 1 Litro que se comercializan en Guatemala

B. MEDIOS

1. **RECURSOS HUMANOS**

- a. Autora: Leslie Aída Rojas García
- b. Asesora: Licda. Mayté Donis de Recinos

2. **RECURSOS INSTITUCIONALES**

- a. Departamento de Toxicología, Escuela de Química Farmacéutica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala
- b. Centro Guatemalteco de Información de Medicamentos (**CEGIMED**)
- c. Biblioteca de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala (**CEDOBF**)

3. RECURSOS MATERIALES

1. Equipo

- a. Balanza analítica:
 - Precisión de lectura 0.1 mg
 - Reproducibilidad (desviación típica) ± 0.1 mg
 - Carga máxima 160 g
- b. Estufas Eléctricas con control para temperatura
 - Corriente eléctrica 120 VAC, 1320 Watts
 - Control de temperatura: 7 Escalas
- c. Estufa con agitación magnética
 - Corriente eléctrica 120 VAC, 858 Watts
 - Control de temperatura: 10 Escalas
 - Velocidad de agitación: 10 Velocidades
- d. Potenciómetro
 - Rango: -1.99 a 19.99
 - Resolución: 0.1/0.01
 - Exactitud Relativa: ± 0.01
 - Característica del electrodo:
 - Electrodo con Combinación pH/ Compensador Automático de Temperatura.
 - Solución de Referencia: Ag/AgCl
 - Rango pH 0 – 14
 - Rango Temperatura -5 a 80° C
- e. Espectrofotómetro UV – VIS ThermoSpectronic Genesis 10 UV
 - Rango 325 – 1100 nm
 - Lámpara: Tungsteno – Halógeno
 - Exactitud ± 1.0 nm
 - Repetibilidad ± 0.5 nm

- f. Campana de extracción de gases
 - 2 cabinas de base preparadas para almacenar ácidos y solventes
 - Superficie de trabajo de ladrillo
 - Ventanas de vidrio
 - Flujo de aire vertical
 - Extractor incorporado

2. Reactivos (Preparación Ver pág 12 y 13)

- a. Agua destilada en vidrio
- b. H_2SO_4 concentrado
- c. HNO_3 concentrado
- d. KMnO_4 5%
- e. Hidroxilamina HCl 100%
- f. NH_4OH 9N
- g. Solución stock ditizona (30 mg/L)
- h. Solución de referencia de ditizona (625 μg /100 ml).
- i. Solución stock de mercurio (100 mg/ 100 ml)
- j. Solución de referencia de mercurio (10 μg / ml).
- k. Cloroformo

3. Instrumentos y Cristalería

- a. Erlenmeyers de 500 ml
- b. Erlenmeyers de 25 ml
- c. Vidrios de reloj
- d. Probetas de 25 ml
- e. Probetas de 50 ml
- f. Probetas de 250 ml
- g. Núcleos de ebullición

- h. Micropipeteador con capacidad de medición entre 10 - 100 μ l
- i. Pipetas de 1 ml
- j. Pipetas de 2 ml
- k. Pipetas de 5 ml
- l. Pipetas de 10 ml
- m. Balones aforados de 1000 ml
- n. Balones aforados de 100 ml
- o. Balones aforados de 250 ml
- p. Balones aforados de 25 ml
- q. Ampollas de decantación de 250 ml
- r. Embudos pequeños
- s. Tubos para espectrofotómetro UV - VIS
- t. Piseta
- u. Soportes universales y anillos de metal
- v. Pipeteadores

C. MÉTODO

Técnica de análisis de mercurio Sydney Kaye (Procedimiento B, Modificada en el Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala)⁽¹⁴⁾

1. Preparación de reactivos:

- a. KMnO_4 5%: Pesar exactamente 5 gramos de KMnO_4 en un beacker y disolver completamente en 100 ml de agua destilada en vidrio, con ayuda de un agitador magnético.
- b. Hidroxilamina HCl 100%: Pesar exactamente 100g de Hidroxilamina HCl y disolver en 100 ml de agua destilada en vidrio. Agitar con agitador magnético y calentar levemente. Adicionar pequeñas porciones de H_2O para evitar que ocurra precipitación por sobresaturación.

- c. NH_4OH 9N: *Preparar en la campana de extracción.* Agregar 108 ml de hidróxido de amonio concentrado a 52 ml de agua destilada, mezclar bien.
 - d. Solución stock ditizona (30mg/L): Pesar exactamente 7.5 mg de ditizona y transferir a un balón aforado de 250 ml, lavar con cloroformo, disolver y aforar con el mismo solvente, mezclar bien.
 - e. Solución de trabajo ditizona (625 μg / 100ml): Tomar de la solución stock una alícuota de 21 ml y aforar con cloroformo a 100 ml, preparar en fresco.
 - f. Solución stock de mercurio (100 mg/ 100 ml): Pesar 1.668 g de nitrato de mercurio ($\text{HgNO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y transferir a un balón aforado de 100 ml, agregar agua y 2.0 ml de ácido nítrico. Aforar con agua destilada y mezclar.
 - g. Solución de referencia de mercurio (10 μg /ml): Diluir un mililitro de la solución stock de mercurio en un balón aforado de 100ml aforar con agua destilada y mezclar.
2. *Preparación del blanco:* Colocar 50 ml de agua destilada en vidrio en un erlenmeyer de 500 ml. Analizar igual que las muestras.
3. *Preparación de los estándares de mercurio:*
- a. Estándar de 1 $\mu\text{g}\%$: Medir 50 μl de la solución de referencia de mercurio y colocarlo en un erlenmeyer de 500 ml que contiene 50 ml de agua destilada en vidrio. Mezclar bien. Preparar y analizar en duplicado.
 - b. Estándar de 2 $\mu\text{g}\%$: Medir 100 μl de la solución de referencia de mercurio y colocarlo en un erlenmeyer de 500 ml que contiene 50 ml de agua destilada en vidrio. Mezclar bien.
 - c. Analizar igual que las muestras.

4. Preparación de las muestras: (Preparar para cada envase a estudiar)
 - a. Concentración $1\mu\text{g}\%$: Medir exactamente 1ml de la solución de referencia de mercurio y colocarlo en un balón aforado de 1000 ml, aforar con agua destilada en vidrio y mezclar bien.
 - b. Concentración $1.5\mu\text{g}\%$: Medir exactamente 1.5ml de la solución de referencia de mercurio y colocarlo en un balón aforado de 1000 ml, aforar con agua destilada en vidrio y mezclar bien.
 - c. Concentración $2\mu\text{g}\%$: Medir exactamente 2ml de la solución de referencia de mercurio y colocarlo en un balón aforado de 1000 ml, aforar con agua destilada en vidrio y mezclar bien.
 - d. Trasvasar cada solución inmediatamente al envase a evaluar y analizarlo a las 0, 24 y 48 horas.

5. Análisis de las Muestras: (Correr al mismo tiempo blanco y estándares)
 - a. Colocar 50 ml de cada muestra en diferentes erlenmeyers de 500 ml.
 - b. Agregar 5 ml de HNO_3 y 1 ml de H_2SO_4 . Mezclar suavemente después de cada adición.
 - c. Colocar 3 núcleos de ebullición dentro de cada erlenmeyer
 - d. Cubrir utilizando los vidrios de reloj como tapaderas y asegurarlos con masking tape.
 - e. Calentar hasta ebullición suave por aproximadamente 5 minutos, en estufa eléctrica.
 - f. Remover los erlenmeyers de la estufa, dejar enfriar a temperatura ambiente.
 - g. Agregar 50 ml de KMnO_4 al 5%, en forma pausada a cada erlenmeyer para minimizar la reacción. El dióxido de manganeso empezará a precipitar. Cuando todo el permanganato haya sido agregado, calentar la mezcla hasta ebullición suave durante

- 10 min, usando los vidrios de reloj como tapaderas. Agitar suavemente de vez en cuando.
- h. Dejar enfriar a temperatura ambiente. Agregar 3 ml de clorhidrato de hidroxilamina lentamente, agitando los erlenmeyers para disolver el dióxido de manganeso y remover el exceso de agentes oxidantes. Dejar enfriar hasta temperatura ambiente.
 - i. Ajustar el pH entre 1 – 2, con NH_4OH 9N o H_2SO_4 concentrado según sea necesario.
 - j. Transferir las soluciones a las ampollas de separación de 250 ml.
 - k. Inmediatamente agregar 10.0 ml de la solución de trabajo de ditizona ($625 \mu\text{g}/100\text{ml}$), tapar y agitar la mezcla vigorosamente durante un minuto. Dejar que las fases se separen.
 - l. Colectar las fases inferiores (ditizona) en los erlenmeyers de 25 ml, taparlos inmediatamente para evitar la evaporación del cloroformo.
 - m. Lavar las ampollas con agua destilada y secarlas. Colocar cada extracto del inciso l en la ampolla correspondiente y agregarle 25 ml de NH_4OH 9N para remover el exceso de ditizona, agitar suavemente. Dejar que las fases se separen.
 - n. Filtrar la fase clorofórmica a través de algodón humedecido con cloroformo para remover las gotas de agua y recolectar en diferentes tubos para espectrofotómetro UV – VIS previamente identificados.
 - o. Medir la absorbancia del extracto clorofórmico que contiene al mercurio en un Espectrofotómetro UV – VIS a una longitud de onda de 490 nm.

D. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1. **Diseño Experimental:** Se utilizó un Diseño Factorial 3 x 3 x 3

Se analizaron 3 materiales de envase (vidrio, polietileno de alta densidad (*HDPE*) y polietilentereftalato (*PET*). Para cada material se prepararon 3 concentraciones de mercurio (1, 1.5 y 2 mcg %) las cuales se evaluaron en 3 tiempos (0, 24 y 48 horas) analizándose cada muestra por triplicado.

2. **Análisis de Resultados:** Análisis de Varianza para un Diseño Factorial y prueba post ANDEVA (LSD y gráficos de interacción)

VIII. RESULTADOS

Tabla No. 1: Absorbancias de las muestras a la Concentración de 1mcg% y 0 horas

MUESTRA	ABSORBANCIA	MUESTRA - BLANCO	mcg%
VIDRIO 1	0.087	0.022	0.94
VIDRIO 2	0.087	0.022	0.94
VIDRIO 3	0.088	0.023	0.98
POLIETILENO 1	0.085	0.020	0.85
POLIETILENO 2	0.085	0.020	0.85
POLIETILENO 3	0.086	0.021	0.89
PET 1	0.086	0.021	0.89
PET 2	0.087	0.022	0.94
PET 3	0.086	0.021	0.89
STD 1mcg%	0.087	0.022	0.94
STD 1mcg% (2)	0.090	0.025	1.06
STD 2mcg%	0.114	0.049	2.09

BLANCO	0.065
MEDIA STD 1	0.0235

Tabla No. 2: Absorbancias de las muestras a la Concentración de 1mcg% y 24 horas

MUESTRA	ABSORBANCIA	MUESTRA - BLANCO	mcg%
VIDRIO 1	0.078	0.013	0.59
VIDRIO 2	0.079	0.014	0.64
VIDRIO 3	0.079	0.014	0.64
POLIETILENO 1	0.079	0.014	0.64
POLIETILENO 2	0.077	0.012	0.55
POLIETILENO 3	0.079	0.014	0.64
PET 1	0.085	0.020	0.91
PET 2	0.085	0.020	0.91
PET 3	0.086	0.021	0.95
STD 1mcg%	0.086	0.021	0.95
STD 1mcg% (2)	0.088	0.023	1.05
STD 2mcg%	0.109	0.044	2.00

BLANCO	0.065
MEDIA STD 1	0.022

Tabla No. 3: Absorbancias de las muestras a la Concentración de 1mcg% y 48 horas

MUESTRA	ABSORBANCIA	MUESTRA - BLANCO	mcg%
VIDRIO 1	0.078	0.012	0.60
VIDRIO 2	0.078	0.012	0.60
VIDRIO 3	0.076	0.010	0.50
POLIETILENO 1	0.077	0.011	0.55
POLIETILENO 2	0.077	0.011	0.55
POLIETILENO 3	0.079	0.013	0.65
PET 1	0.083	0.017	0.85
PET 2	0.085	0.019	0.95
PET 3	0.085	0.019	0.95
STD 1mcg%	0.086	0.020	1.00
STD 1mcg% (2)	0.086	0.020	1.00
STD 2mcg%	0.107	0.041	2.05

BLANCO	0.066
MEDIA STD 1	0.020

Tabla No. 4: Valores promedio de los resultados obtenidos a la concentración 1mcg% y los tiempos de análisis 0, 24 y 48 horas**VALORES PROMEDIO (mcg%)**

HORAS	VIDRIO	POLIETILENO	PET
0	0.95	0.87	0.91
24	0.62	0.61	0.92
48	0.57	0.58	0.92

Tabla No. 5: Absorbancias de las muestras a la Concentración de 1.5 mcg% y 0 horas

MUESTRA	ABSORBANCIA	MUESTRA - BLANCO	mcg%
VIDRIO 1	0.094	0.031	1.35
VIDRIO 2	0.095	0.032	1.39
VIDRIO 3	0.095	0.032	1.39
POLIETILENO 1	0.096	0.033	1.43
POLIETILENO 2	0.094	0.031	1.35
POLIETILENO 3	0.095	0.032	1.39
PET 1	0.096	0.033	1.43
PET 2	0.098	0.035	1.52
PET 3	0.098	0.035	1.52
STD 1mcg%	0.087	0.024	1.04
STD 1mcg% (2)	0.085	0.022	0.96
STD 2mcg%	0.110	0.047	2.04

BLANCO	0.063
MEDIA STD 1	0.023

Tabla No. 6: Absorbancias de las muestras a la Concentración de 1mcg% y 24 horas

MUESTRA	ABSORBANCIA	MUESTRA - BLANCO	mcg%
VIDRIO 1	0.094	0.032	1.39
VIDRIO 2	0.093	0.031	1.35
VIDRIO 3	0.094	0.032	1.39
POLIETILENO 1	0.090	0.028	1.22
POLIETILENO 2	0.091	0.029	1.26
POLIETILENO 3	0.090	0.028	1.22
PET 1	0.097	0.035	1.52
PET 2	0.096	0.034	1.48
PET 3	0.097	0.035	1.52
STD 1mcg%	0.085	0.023	1.00
STD 1mcg% (2)	0.085	0.023	1.00
STD 2mcg%	0.107	0.045	1.96

BLANCO	0.062
MEDIA STD 1	0.023

Tabla No. 7: Absorbancias de las muestras a la Concentración de 1.5mcg% y 48 horas

MUESTRA	ABSORBANCIA	MUESTRA - BLANCO	mcg%
VIDRIO 1	0.091	0.026	1.24
VIDRIO 2	0.091	0.026	1.24
VIDRIO 3	0.090	0.025	1.19
POLIETILENO 1	0.088	0.023	1.10
POLIETILENO 2	0.089	0.024	1.14
POLIETILENO 3	0.089	0.024	1.14
PET 1	0.095	0.03	1.43
PET 2	0.096	0.031	1.48
PET 3	0.097	0.032	1.52
STD 1mcg%	0.087	0.022	1.05
STD 1mcg% (2)	0.085	0.020	0.95
STD 2mcg%	0.108	0.043	2.05

BLANCO	0.065
MEDIA STD 1	0.021

Tabla No. 8: Valores promedio de los resultados obtenidos a la concentración 1.5 mcg% y los tiempos de análisis 0, 24 y 48 horas**VALORES PROMEDIO (mcg%)**

HORAS	VIDRIO	POLIETILENO	PET
0	1.38	1.39	1.49
24	1.38	1.23	1.51
48	1.22	1.13	1.48

Tabla No. 9: Absorbancias de las muestras a la Concentración de 2mcg% y 0 horas

MUESTRA	ABSORBANCIA	MUESTRA - BLANCO	mcg%
VIDRIO 1	0.112	0.046	1.88
VIDRIO 2	0.113	0.047	1.92
VIDRIO 3	0.111	0.045	1.84
POLIETILENO 1	0.112	0.046	1.88
POLIETILENO 2	0.112	0.046	1.88
POLIETILENO 3	0.110	0.044	1.80
PET 1	0.113	0.047	1.92
PET 2	0.113	0.047	1.92
PET 3	0.111	0.045	1.84
STD 1mcg%	0.091	0.025	1.02
STD 1mcg% (2)	0.090	0.024	0.98
STD 2mcg%	0.114	0.048	1.96

BLANCO	0.066
MEDIA STD 1	0.0245

Tabla No. 10: Absorbancias de las muestras a la Concentración de 2mcg% y 24 horas

MUESTRA	ABSORBANCIA	MUESTRA - BLANCO	mcg%
VIDRIO 1	0.106	0.040	1.82
VIDRIO 2	0.106	0.040	1.82
VIDRIO 3	0.107	0.041	1.86
POLIETILENO 1	0.102	0.036	1.64
POLIETILENO 2	0.101	0.035	1.59
POLIETILENO 3	0.102	0.036	1.64
PET 1	0.107	0.041	1.86
PET 2	0.108	0.042	1.91
PET 3	0.107	0.041	1.86
STD 1mcg%	0.087	0.021	0.95
STD 1mcg% (2)	0.089	0.023	1.05
STD 2mcg%	0.109	0.043	1.95

BLANCO	0.066
MEDIA STD 1	0.022

Tabla No. 11: Absorbancias de las muestras a la Concentración de 2mcg% y 48 horas

MUESTRA	ABSORBANCIA	MUESTRA - BLANCO	mcg%
VIDRIO 1	0.104	0.039	1.70
VIDRIO 2	0.102	0.037	1.61
VIDRIO 3	0.104	0.039	1.70
POLIETILENO 1	0.100	0.035	1.52
POLIETILENO 2	0.100	0.035	1.52
POLIETILENO 3	0.102	0.037	1.61
PET 1	0.109	0.044	1.91
PET 2	0.107	0.042	1.83
PET 3	0.109	0.044	1.91
STD 1mcg%	0.087	0.022	0.96
STD 1mcg% (2)	0.089	0.024	1.04
STD 2mcg%	0.111	0.046	2.00

BLANCO	0.065
MEDIA STD 1	0.023

Tabla No. 12: Valores promedio de los resultados obtenidos a la concentración 2mcg% y los tiempos de análisis 0, 24 y 48 horas**VALORES PROMEDIO (mcg%)**

HORAS	VIDRIO	POLIETILENO	PET
0	1.88	1.85	1.89
24	1.83	1.62	1.88
48	1.67	1.55	1.88

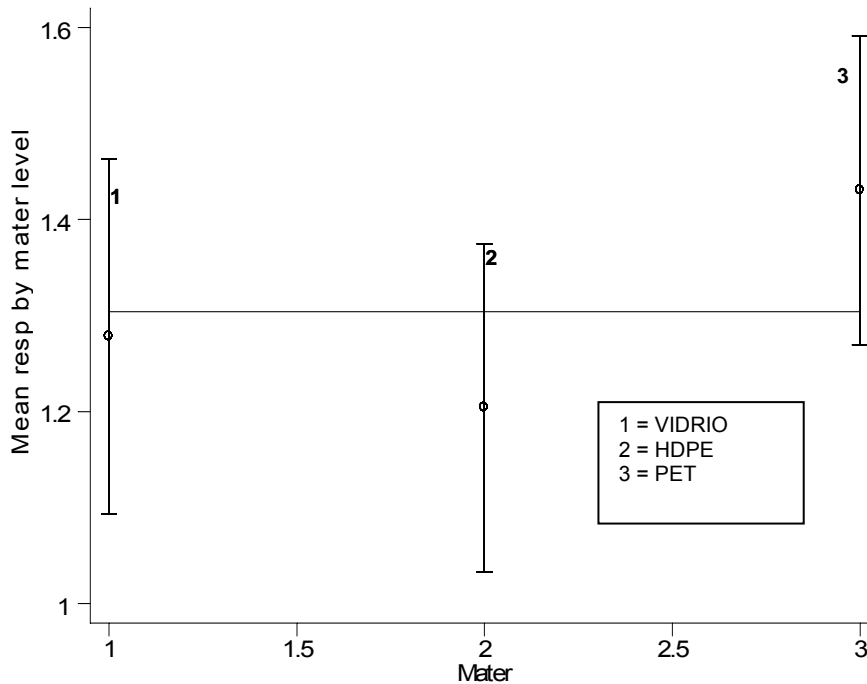
Tabla No. 13: Análisis de Varianza de un Diseño Factorial

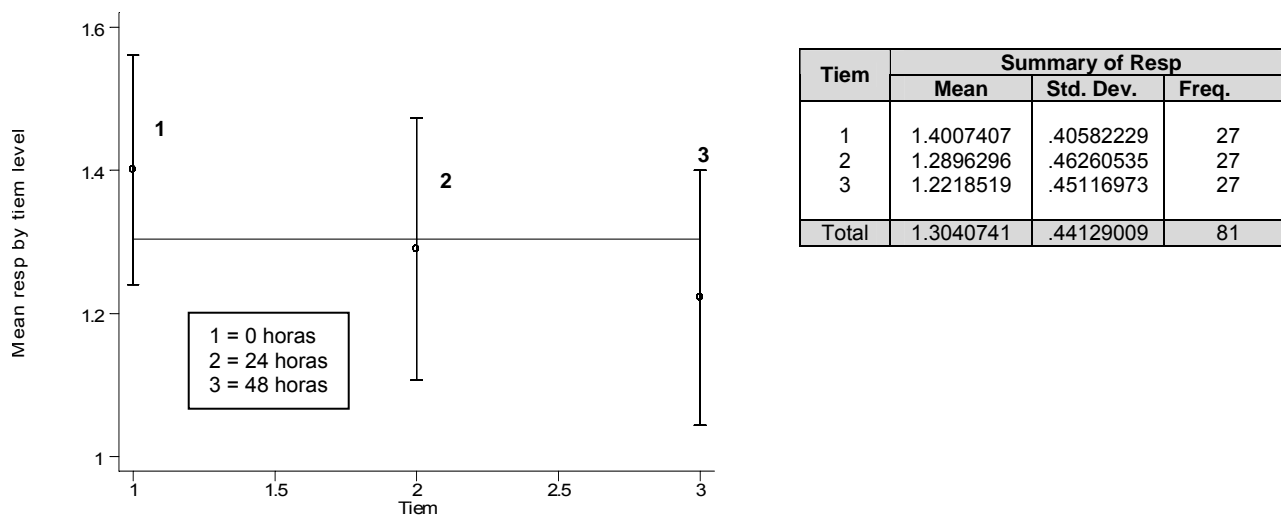
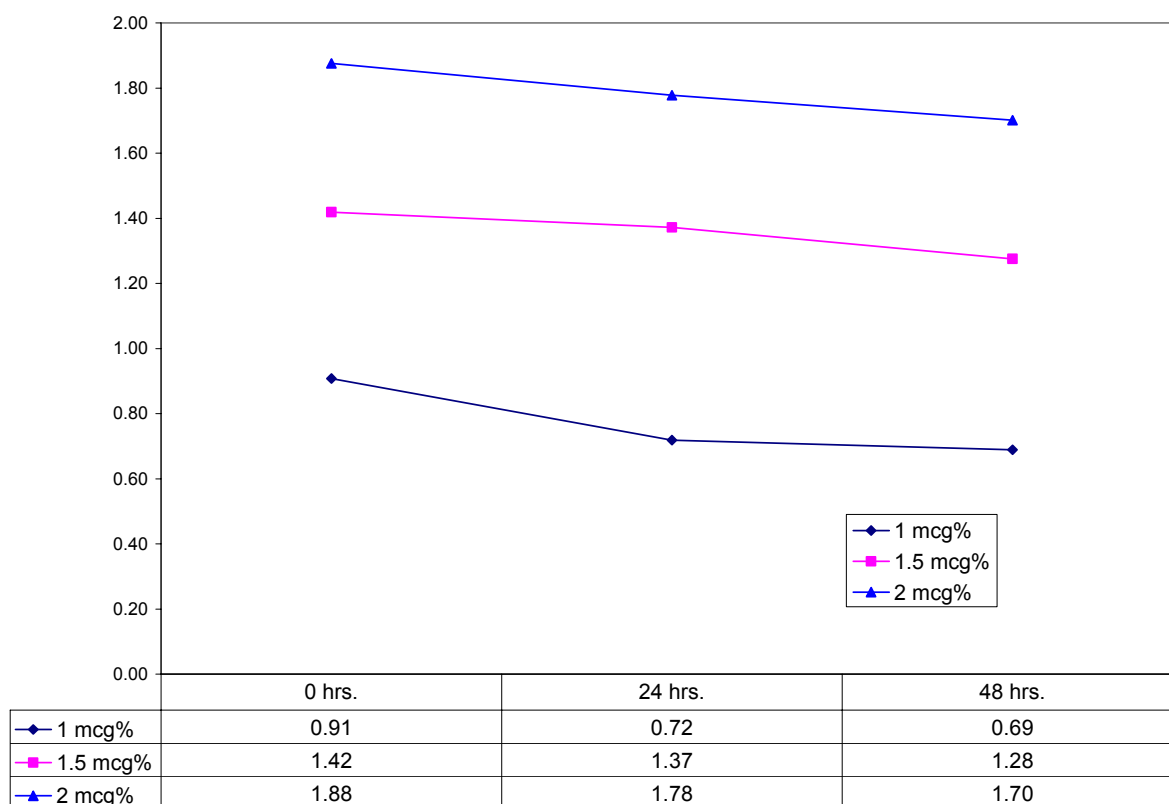
Number of obs = 81 R-squared = 0.9947
 Root MSE = .039158 Adj R-squared = 0.9921

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
Model	15.4961555	26	.59600598	388.70	0.0000
Mater	.72082216	2	.36041108	235.05	0.0000
Conc	13.9596074	2	6.97980371	4552.05	0.0000
Tiem	.440466595	2	.220233297	143.63	0.0000
mater*conc	.033081499	4	.008270375	5.39	0.0010
mater*tiem	.23095555	4	.057738888	37.66	0.0000
conc*tiem	.046814832	4	.011703708	7.63	0.0001
mater*conc*tiem	.064407422	8	.008050928	5.25	0.0001
Residual	.082799959	54	.001533333		
Total	15.5789554	80	.194736943		

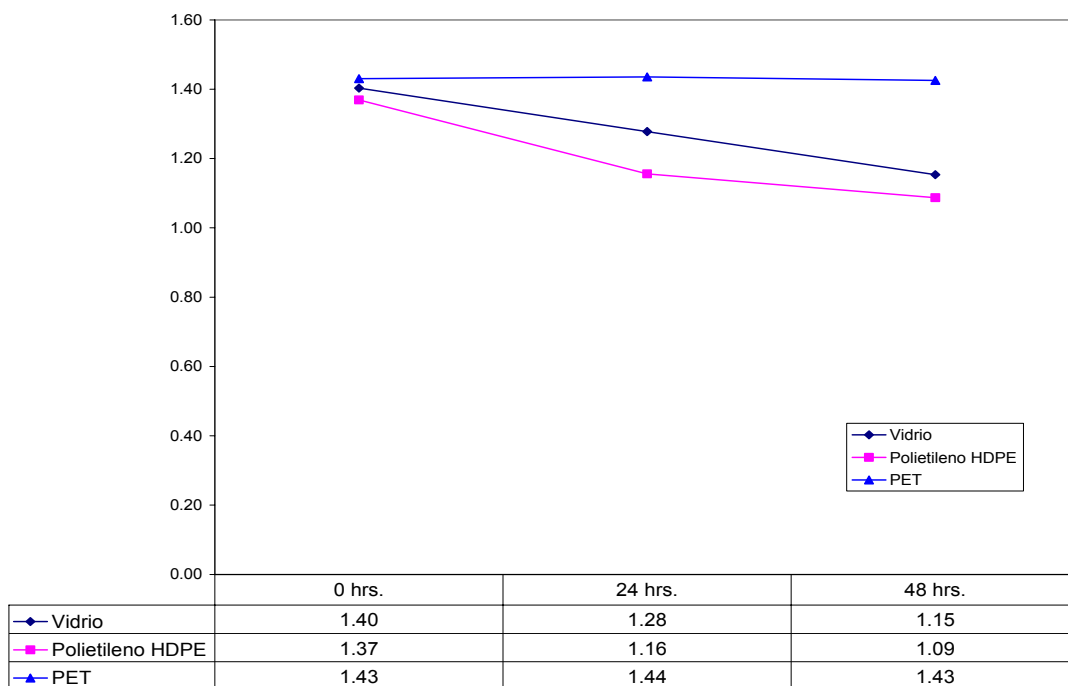
Gráfica No. 1: Comparación entre los materiales de envase Vidrio, HDPE y PET

Mater	Summary of Resp		
	Mean	Std. Dev.	Freq
1	1.2781482	.4675471	27
2	1.2037037	.43270302	27
3	1.4303704	.40698215	27
Total	1.3040741	.44129009	81



Gráfica No. 2: Comparación entre los Tiempos de Análisis 0, 24 y 48 horas**Gráfica No. 3:** Comparación entre las concentraciones (1 mcg%, 1.5 mcg% y 2 mcg%) y los tiempos de análisis (0, 24 y 48 horas)

Gráfica No. 4: Comparación entre los materiales de envase (*Vidrio, HDPE y PET*) y los tiempos de análisis (*0, 24 y 48 horas*)



Gráfica No. 5: Comparación entre las concentraciones (*1 mcg%, 1.5 mcg% y 2 mcg%*) y los materiales de envase (*Vidrio, HDPE y PET*)

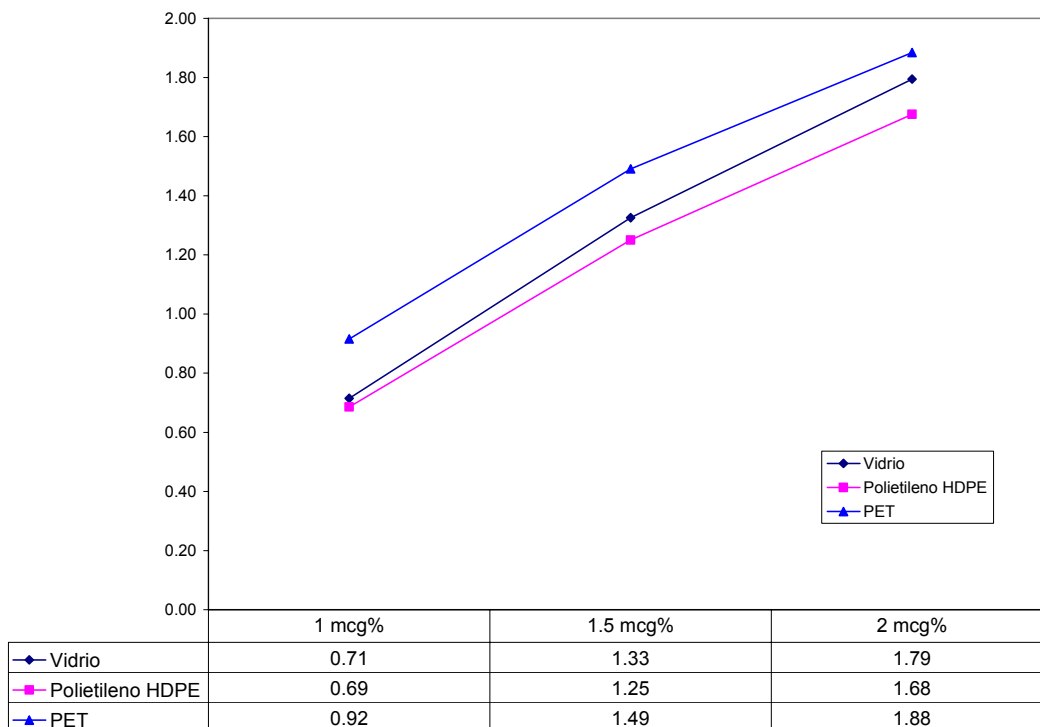
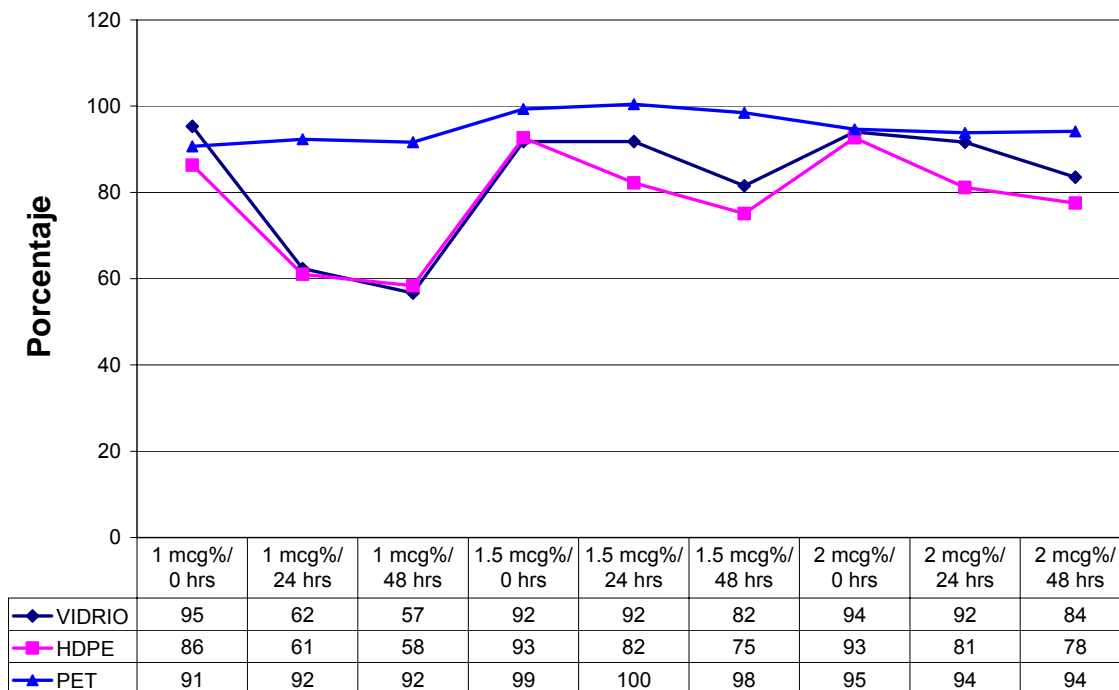
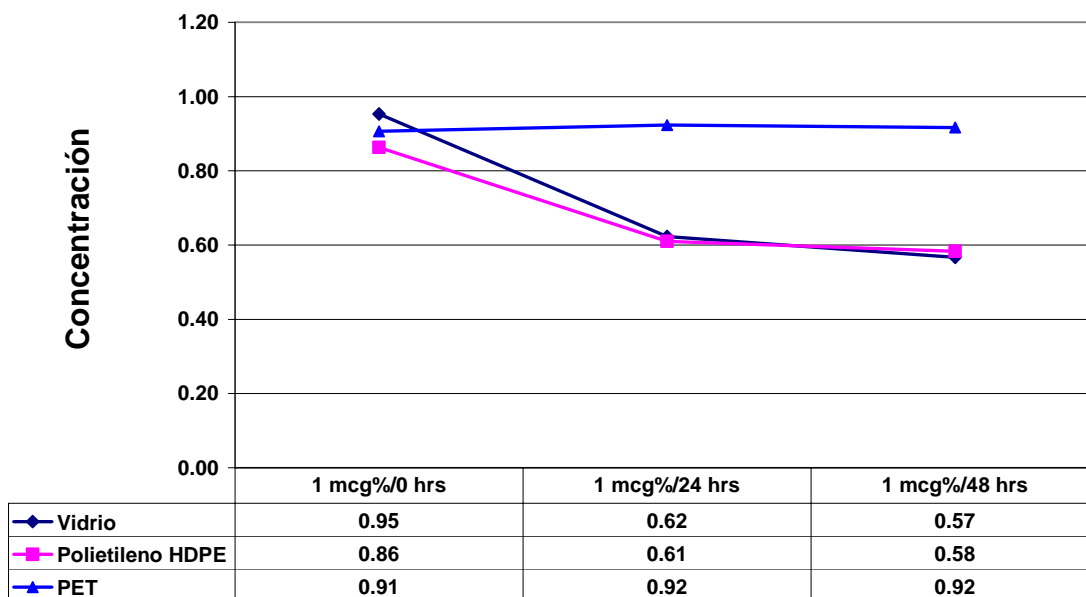
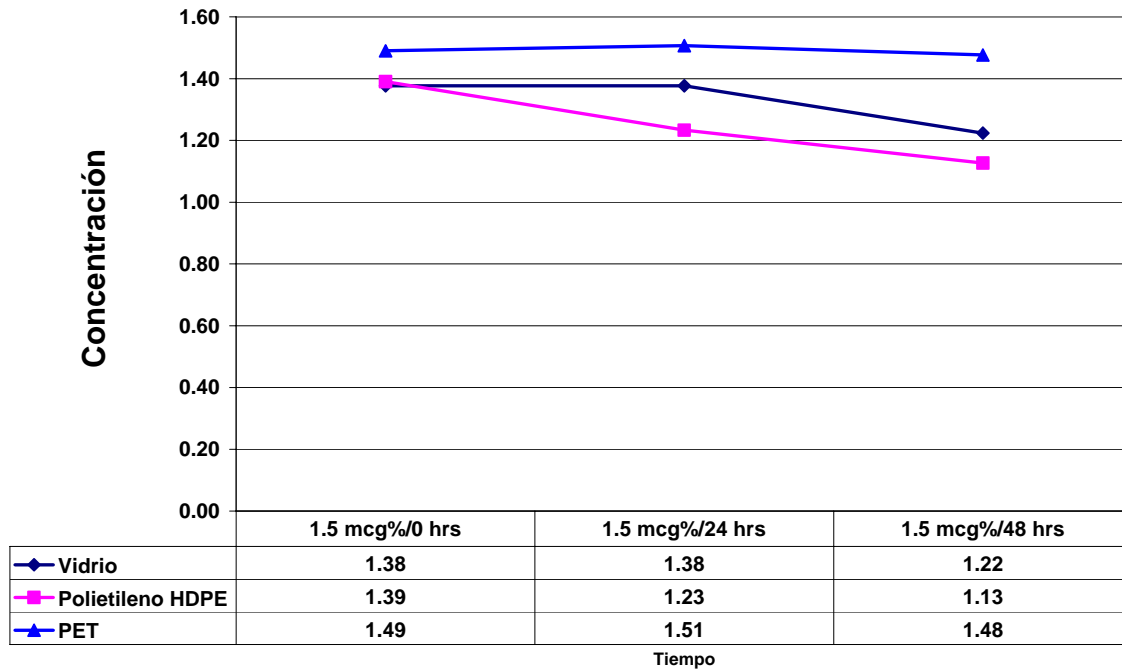
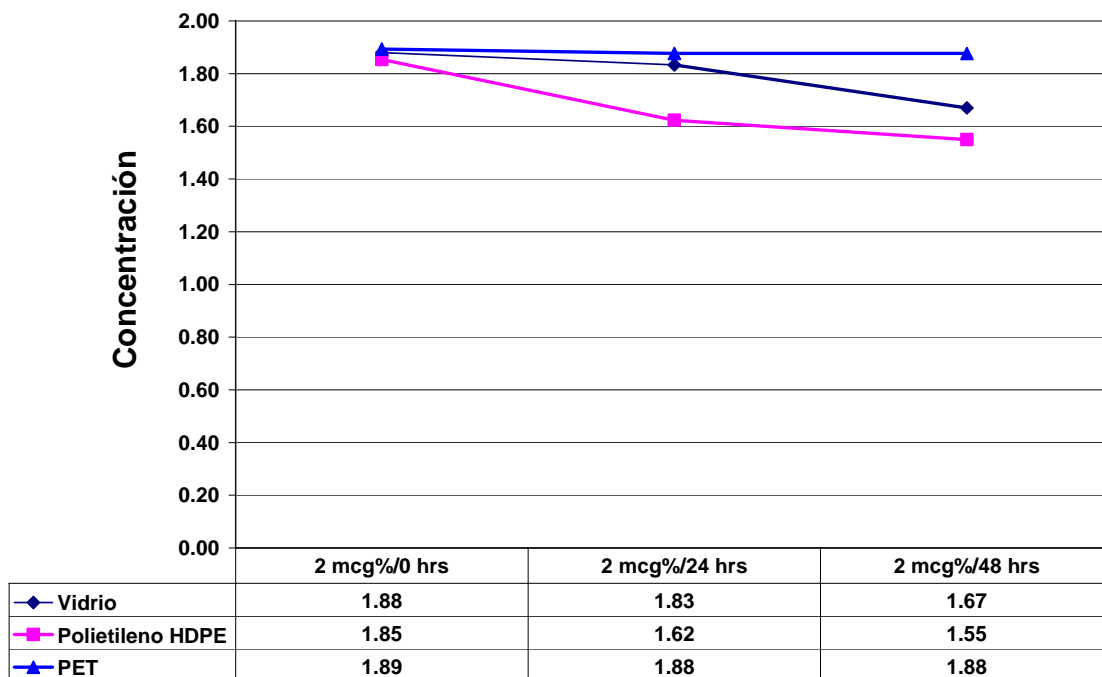


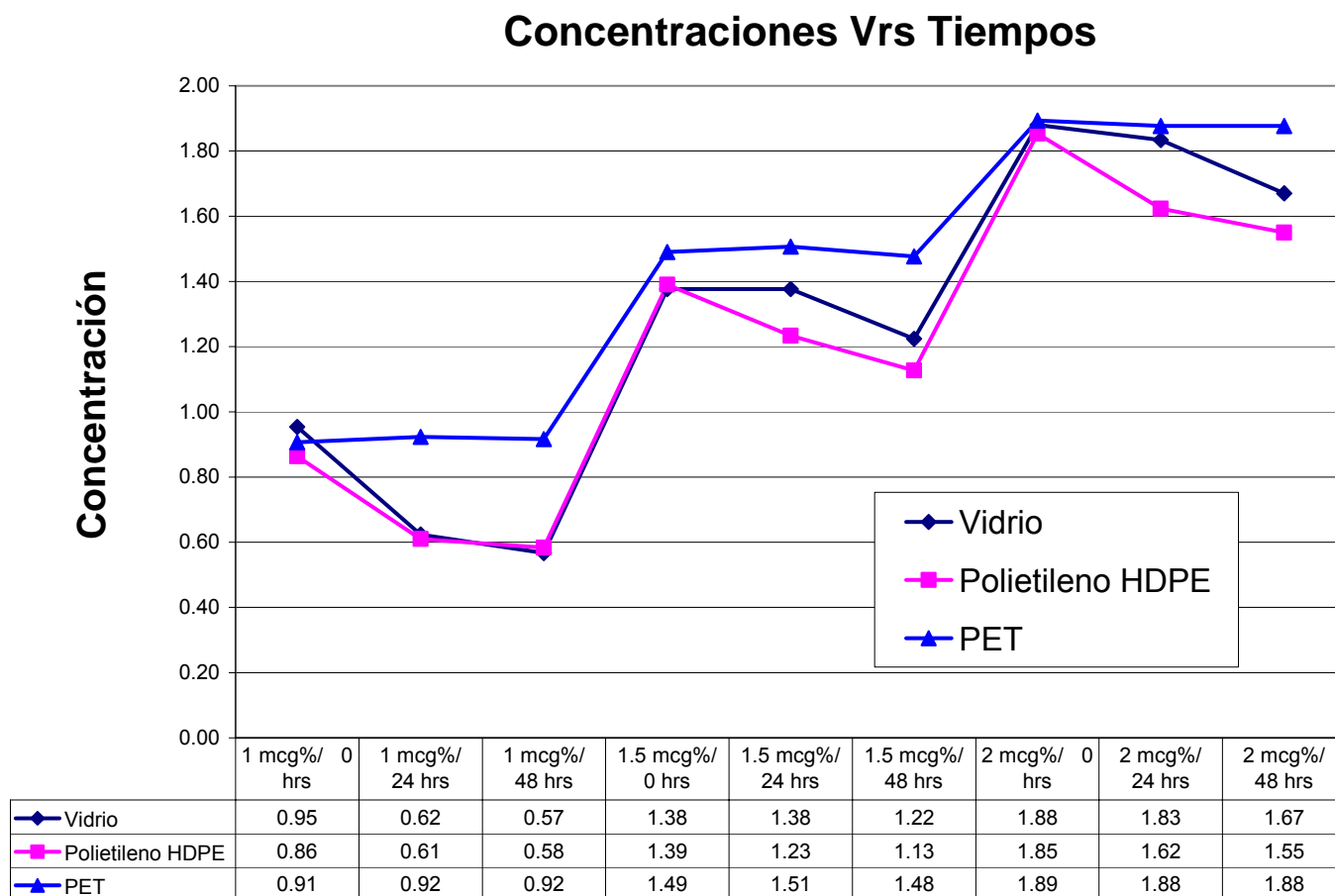
Tabla No. 13: Cuadro resumen de los resultados obtenidos indicando los promedios y porcentajes de recuperación para las concentraciones de 1, 1.5 y 2 mcg% y los tiempos de análisis 0, 24 y 48 horas.

MATERIAL	CONCENTRACIÓN	TIEMPO	RESPUESTA			PROMEDIO	% RECUPERACIÓN
VIDRIO	1 mcg%	0 horas	0.94	0.94	0.98	0.95	95
		24 horas	0.59	0.64	0.64	0.62	62
		48 horas	0.60	0.60	0.50	0.57	57
	1.5 mcg%	0 horas	1.35	1.39	1.39	1.38	92
		24 horas	1.39	1.35	1.39	1.38	92
		48 horas	1.24	1.24	1.19	1.22	82
	2 mcg%	0 horas	1.88	1.92	1.84	1.88	94
		24 horas	1.82	1.82	1.86	1.83	92
		48 horas	1.70	1.61	1.70	1.67	84
POLIETILENO (HDPE)	1 mcg%	0 horas	0.85	0.85	0.89	0.86	86
		24 horas	0.64	0.55	0.64	0.61	61
		48 horas	0.55	0.55	0.65	0.58	58
	1.5 mcg%	0 horas	1.43	1.35	1.39	1.39	93
		24 horas	1.22	1.26	1.22	1.23	82
		48 horas	1.10	1.14	1.14	1.13	75
	2 mcg%	0 horas	1.88	1.88	1.80	1.85	93
		24 horas	1.64	1.59	1.64	1.62	81
		48 horas	1.52	1.52	1.61	1.55	78
PET	1 mcg%	0 horas	0.89	0.94	0.89	0.91	91
		24 horas	0.91	0.91	0.95	0.92	92
		48 horas	0.85	0.95	0.95	0.92	92
	1.5 mcg%	0 horas	1.43	1.52	1.52	1.49	99
		24 horas	1.52	1.48	1.52	1.51	100
		48 horas	1.43	1.48	1.52	1.48	98
	2 mcg%	0 horas	1.92	1.92	1.84	1.89	95
		24 horas	1.86	1.91	1.86	1.88	94
		48 horas	1.91	1.83	1.91	1.88	94

Gráfica No. 6:**Porcentajes de Recuperación****Gráfica No. 7:****Comparación de los materiales y tiempos a concentración 1 mcg%**

Gráfica No. 8:**Comparación de los materiales y tiempos a concentración 1.5 mcg%****Gráfica No. 9:****Comparación de los materiales y tiempos a concentración 2 mcg%**

Gráfica No. 10: Comparación entre los materiales de envase (*Vidrio, HDPE y PET*), las concentraciones (*1 mcg%, 1.5 mcg% y 2 mcg%*) y los tiempos de análisis (*0, 24 y 48 horas*)



IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta investigación se evaluaron tres materiales de envase (vidrio, HDPE y PET) para elegir el que no altere la concentración de mercurio en muestras biológicas. Para cumplir con el objetivo principal, se prepararon muestras de una sal de mercurio a tres concentraciones (1 mcg%, 1.5 mcg% y 2 mcg%) y se evaluaron a tres tiempos diferentes (0, 24 y 48 horas).

Al analizar estadísticamente los resultados obtenidos en la presente investigación, mediante análisis de varianza (ANDEVA) de un diseño factorial y prueba de la mínima diferencia significativa de Fisher (LSD), se determinó que existe una interacción entre los tres factores evaluados (material de envase, concentración y tiempo). Estos resultados nos muestran que existe una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el envase PET que presentó la respuesta más alta en la cuantificación de mercurio respecto al vidrio y HDPE (gráfica No. 1).

A pesar que se determinó que existe una tendencia a disminuir la concentración de mercurio conforme aumenta el tiempo (gráfica No. 2), el PET es el envase que presenta la mejor estabilidad ya que su concentración no varía en gran escala al transcurrir el tiempo mientras que el vidrio y el HDPE tienden a disminuir su respuesta (gráfica No. 4), en el caso del vidrio la respuesta mejora al aumentar la concentración de mercurio (gráfica No. 5), mientras que el HDPE no posee estabilidad ante este analito a concentraciones bajas. Tanto el vidrio como el HDPE se comportan de una manera similar entre ellos en los diferentes tiempos estudiados y en el tiempo 0 horas, los tres materiales obtuvieron resultados similares por lo que estadísticamente no existe diferencia significativa entre ellos bajo este parámetro ($p > 0.05$) (gráfica No. 4).

La gráfica No. 6 nos muestra los porcentajes de recuperación del mercurio para cada concentración y tiempos analizados para cada material de envase estudiado, se puede observar que la recuperación para el PET se mantuvo siempre superior al 90% mientras que el vidrio y HDPE tienen una recuperación dramáticamente baja al transcurrir el tiempo, sin embargo el vidrio a concentraciones elevadas mejora su recuperación hasta 24 horas luego vuelve a declinar.

Las gráficas 7, 8 y 9 nos muestran el comportamiento por separado de las muestras de mercurio en las diferentes concentraciones donde se puede observar claramente la estabilidad que adquiere el vidrio a concentraciones arriba de 1mcg% y hasta 24 horas, luego de este tiempo nuevamente decrece la concentración.

La gráfica 10, nos muestra la diferencia en el comportamiento de los tres envases evaluados a las diferentes concentraciones y en los 3 tiempos distintos. Se observa como el vidrio y el HDPE tienden a disminuir la concentración de mercurio conforme transcurre el tiempo, solamente el envase PET conserva un comportamiento estable sin pérdida ni ganancia del analito aún a las 48 horas de permanecer almacenado en el mismo.

La disminución en la concentración de mercurio en los materiales de envase vidrio y HDPE puede deberse a la adsorción del analito a la superficie de los envases ya que este fenómeno puede ocurrir cuando las moléculas disueltas del adsorbato y la superficie sólida del adsorbente poseen grupos químicos capaces de interaccionar formando enlaces químicos entre sí y dando lugar a la formación de capas de moléculas sobre la superficie de un sólido, que en este caso corresponde a los materiales de envase vidrio y HDPE, cuanto más similares sean los grupos de superficie del adsorbente y del adsorbato, mayor será el grado de adsorción. ⁽³³⁾

Los resultados nos muestran que el material de envase ideal para coleccionar muestra de orina durante 24 horas para el análisis de mercurio es el polietilentereftalato (PET) ya que la concentración de mercurio de la solución contenida en este envase se mantuvo estable hasta por 48 horas, recuperándose el analito en promedio de 95% entre las tres concentraciones estudiadas.

X. CONCLUSIONES

1. La concentración de mercurio varía significativamente entre los materiales de envase, vidrio, polietileno de alta densidad (HDPE) y los tiempos de análisis estudiados ($p < 0.05$).
2. El material de envase ideal para coleccionar la muestra de orina durante 24 horas para el análisis de mercurio es el polietilentereftalato (PET) debido a que presenta la mejor estabilidad y respuesta en comparación con el polietileno de alta densidad (HDPE) y vidrio.
3. La respuesta del vidrio mejora al aumentar la concentración y mantiene un comportamiento similar al PET a las concentraciones 1.5 y 2 mcg% a las 0 y 24 horas.
4. A las 0 horas, los materiales de envase evaluados no presentan una diferencia significativa ($p > 0.05$) para el análisis de mercurio, por lo que si el análisis se realizara inmediatamente después de la toma de muestra de orina, es indiferente el tipo de material de envase (vidrio, HDPE, PET) que se utilice.
5. La concentración de mercurio varía significativamente con el tiempo ($p < 0.05$) en los envases de vidrio y HDPE, presentando una tendencia a disminuir debido posiblemente a la adsorción del mercurio a la superficie del material de envase.

XI. RECOMENDACIONES

1. Evaluar los materiales de envase vidrio, polietileno de alta densidad (HDPE) y polietilentereftalato (PET), empleando soluciones de mercurio en orina para determinar si los componentes de la orina afectan la adsorción de mercurio en los envases.
2. Realizar un estudio similar de comparación de envases, utilizando el método de determinación de mercurio por absorción atómica, con el fin de comparar los resultados y establecer el método que mejor se aplica para dichos análisis.

XII. REFERENCIAS

1. Pérez, Matías S. (2004) **HISTORIA DEL ENVASE Y EMPAQUE**. Museo del Vidrio. España.
2. **VIDRIO, INDUSTRIA**. (2006) Microsoft Encarta 2006 [DVD]. Microsoft Corporation.
3. Wilkinson, J.B. et al (1990) **COSMETOLOGÍA DE HARRY** Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid, España. Pp 942-45, 947-948.
4. Jenkins, Wilmer A. et al. (1993) **PACKAGING DRUGS AND PHARMACEUTICALS** Technomic Publishing Co. Inc. USA. Pp 1-19, 99-111.
5. Walter F. Stanaszek (1978) **COMPARISON OF DRUG STABILITY IN GLASS VERSUS PLASTIC CONTAINERS: ANALYSIS OF PREFILLED SYRINGE ADMIXTURES**. University of Oklahoma, EEUU.
6. Gara, A. (1986) **SORPTION OF CHEMICALS TO PLASTIC MATERIALS. PLASTICS AND THEIR PHARMACEUTICAL APPLICATIONS**. Convention for the Mutual recognition of Inspections in respect of the manufacture of Pharmaceutical Products. A Seminar held in Sigtuna, from 17 – 19 June, 1986. Pp 43 - 48
7. Arvin, A. (1986) **RELEASE OF CHEMICALS FROM PLASTIC MATERIALS**. Convention for the Mutual recognition of Inspections in respect of the manufacture of Pharmaceutical Products. A Seminar held in Sigtuna, from 17-19 June, 1986. Pp 49-55
8. Ernerot, L. (1986) **PLASTICS AS PACKAGING MATERIALS**. Convention for the Mutual recognition of Inspections in respect of the manufacture of Pharmaceutical Products. A Seminar held in Sigtuna, from 17 – 19 June, 1986. Pp 79 – 85
9. Segretín, Raúl (2002) **BOLETIN TÉCNICO INFORMATIVO No. 19. ESTUDIO COMPARATIVO DE ENVASES DESCARTABLES DE PET vs RETORNABLES DE VIDRIO: ASPECTOS AMBIENTALES, SANITARIOS Y ECONÓMICOS**. Comisión Técnica. Centro de Información Técnica PLASTIVIDA. Argentina, 9 Pp.

10. Walter, Sebastián (2002) **EVALUACIÓN DE PROYECTOS: ESTUDIO DE MERCADO PARA EL ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE LA SUSTITUCIÓN DEL ENVASE DE VIDRIO POR ENVASE DE PLÁSTICO “PET” PARA EL PRODUCTO BRANDY DON PEDRO EN LA PRESENTACIÓN DE 750 ml.** Allied Domecq. México.
11. Rodríguez J, José Juan. (2006) **ENVASES PARA ALIMENTOS Y MIGRACIÓN DE MATERIALES.** Diario de la Seguridad Alimentaria. México.
12. **MERCURIO.** (2006) Microsoft Encarta 2006 [DVD]. Microsoft Corporation.
13. D. Ford, Marsha et. Al (2001) **CLINICAL TOXICOLOGY.** WB Saunders Company. EEUU. Pp 737 – 742.
14. Sunshine, Irving. (1975) **METHODOLOGY FOR ANALYTICAL TOXICOLOGY.** CRC Press Inc. EEUU Pp 224 - 226
15. Goodman & Gilman (2003) **LAS BASES FARMACOLOGICAS DE LA TERAPEUTICA,** Vol. II. McGraw-Hill Interamericana, México. Pp 1873 – 1874, 1879 – 1884.
16. ATSDR (2004) **RESEÑA TOXICOLÓGICA DEL MERCURIO** Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU. Atlanta. Pp 1-5
17. Haddad, Lester M. **CLINICAL MANAGEMENT OF POISONING AND DRUG OVERDOSE** 2th Edition. WB Saunders Company. EEUU 1990. Pp 1002 - 1007
18. Maryadele, J. O. Neil et. al. (2001) **THE MERCK INDEX** Thirteenth Edition. Merck & Co. Inc. EEUU. Pp 5926
19. Córdoba Palacio, Darío (2000) **TOXICOLOGÍA** 4ª Edición. Editorial El Manual Moderno. Colombia. Pp 237 - 246

20. Gaona Martínez, Xavier (2004) **TESIS EL MERCURIO COMO CONTAMINANTE GLOBAL** Departamento de Química. Universidad Autónoma de Barcelona. España. Pp 9 – 26.
21. Gisbert, Juan Antonio (2001) **MEDICINA LEGAL Y TOXICOLOGÍA** 5ª Edición. Editorial Masson. España. Pp 827 – 834.
22. C. Baselt. (2000) **DISPOSITION OF TOXIC DRUGS AND CHEMICALS IN MAN** 15th Edition. EE. UU. Pp 513 – 516.
23. Doadrio Villarejo, Antonio L. **ECOTOXICOLOGÍA Y ACCIÓN TOXICOLOGICA DEL MERCURIO** Real Academia Nacional de Farmacia. Pp 1 – 10.
24. Picazo Sanchez, J.E. et. al **TOXICOLOGÍA DE LOS MERCURIALES. ASPECTOS CLÍNICOS** Facultad de Medicina. Universidad de Cádiz. España. Pp 1- 4.
25. P. Houeto, et al. (1994) **ELEMENTAL MERCURY VAPOUR TOXICITY: TREATMENT AND LEVELS IN PLASMA AND URINE**. Vol 13. No. 12. Human & Experimental Toxicology an International Journal. Macmillan Press. Ltd. EE UU. Pp 848 – 852
26. S. Halbach, et al. (1997) **COMPARTMENTAL TRANSFER OF MERCURY RELEASED FROM AMALGAM**. Vol 16. No. 11 Human & Experimental Toxicology an International Journal. Macmillan Press. Ltd. EE UU. Pp 667 – 672
27. Gennaro, Alfonso R. (2003) **FARMACIA REMINGTON** 20a Edición Tomo 2. Editorial Médica Panamericana. Argentina. Pp 1166-1176
28. The United Status Pharmacopeia (2005) **USP 28 EDITION NF 23**. United States Pharmacopeial Convention Inc. Pp 2396 – 2402
29. **PLÁSTICOS**. (2006) Microsoft Encarta 2006 [DVD]. Microsoft Corporation.

30. Segretín, Raúl (2001) **BOLETIN TÉCNICO INFORMATIVO No. 3 PLÁSTICOS: SU ORIGEN Y SU RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE** Comisión Técnica. Centro de Información Técnica PLASTIVIDA. Argentina Pp 2-5, 8-10.
31. **POLIETILENO**. (2006) Microsoft Encarta 2006 [DVD]. Microsoft Corporation.
32. APREPET **INFORMACIÓN TÉCNICA ASOCIACIÓN PARA PROMOVER EL RECICLADO DEL PET** México. Disponible en www.aprepet.org.mx
33. Gennaro, Alfonso R. (2003) **FARMACIA REMINGTON** 20ª Edición Tomo 1. Editorial Médica Panamericana. Argentina. Pp 328 – 329.
34. **ADSORCIÓN**. (2006) Microsoft Encarta 2006 [DVD]. Microsoft Corporation

XIII. ANEXOS

La epidemia más conocida por intoxicación de mercurio ocurrió en Minamata, una pequeña aldea de Japón, durante los años 1953 y 1956, debido al consumo de pescado de una bahía contaminada por los desechos de una fábrica que empleaba una sal de mercurio como catalizador, afectando a 121 personas de las cuales 46 fallecieron ⁽¹⁵⁾.

En 1972 se produjo una grave intoxicación en Irak y Pakistán por el consumo de semillas de trigo tratadas con fungicidas que contenían mercurio, este tipo de intoxicación también se ha reportado en Guatemala y Ghana. Más recientemente en los años de 1994, más de 500 alumnos en Belle Glade, La Florida, resultaron contaminados con mercurio metálico después de que tres niños encontraron 4 tarros de mercurio en una camioneta abandonada. En junio de 1996, fue sustraído mercurio de una escuela secundaria en San José, Missouri, afectando aproximadamente a 200 niños. ^(16, 17)

MERCURIO

Es un metal pesado de color blanco plateado, líquido a temperatura y presión ordinaria. Su símbolo químico es Hg (*hydro argiros o plata líquida*), número atómico 80, peso atómico 200.59. Entre sus propiedades físico químicas se encuentran: Punto de fusión -38.87°C , punto de ebullición 356.58°C pero emite vapores altamente tóxicos a cualquier temperatura. Se disuelve en ácido nítrico y en ácido sulfúrico concentrado. Puede existir en 3 estados de oxidación: Hg° (*metálico o elemental*), Hg^{+} (*mercurioso*) y Hg^{2+} (*mercúrico*). Las principales fuentes de mercurio en la atmósfera son la desgasificación natural de la corteza terrestre (*volatilización desde medios acuáticos, marinos, liberación de gases de materiales geológicos y emisiones volcánicas*) y los procesos industriales. ^(18, 19,20)

- **Toxicidad:** ^(21, 22, 23, 24)
 - **Gastrointestinal:** Por esta vía ingresan el Hg^0 , Hg^{+2} y las especies orgánicas de mercurio y no se absorbe más del 0.01% por lo que sus efectos tóxicos son prácticamente inexistentes.
 - **Respiratoria:** Se absorbe hasta un 80% en los pulmones, donde se oxida rápidamente, por lo que se considera altamente tóxico. Por esta vía se absorben dos especies presentes en la atmósfera, Hg^0 y HgO .
 - **Dérmica:** Es posible la absorción cutánea de mercurio metálico y de sus sales inorgánicas.

- **Intoxicaciones agudas:** El Hg^0 presenta un cuadro clínico de debilidad, escalofríos, sabor metálico, náuseas, vómitos, diarrea, tos y opresión torácica. Estos síntomas se producen en pocas horas tras una exposición breve al vapor de Hg . El Hg^{2+} precipita proteínas de las mucosas y da un aspecto ceniciento a la boca, faringe e intestino, con dolor intenso y vómitos por el efecto corrosivo sobre la mucosa del estómago, que produce shock y muerte. Los derivados orgánicos no suelen producir intoxicaciones agudas, y cuando éstas tienen lugar son irrecuperables y producen la muerte del individuo. ^(21, 22, 23, 24)

- **Intoxicaciones crónicas:** El Hg^0 produce efectos neurológicos y el llamado síndrome vegetativo asténico, cuyos efectos son: bocio, taquicardia, pulso lábil, gingivitis, irritabilidad, temblores, pérdida memoria y salivación intensa, todos estos efectos son reversibles. El Hg^{2+} , presenta un cuadro clínico de fuerte sabor metálico, estomatitis, gingivitis, aflojamiento de dientes, aliento fétido, así como una toxicidad renal grave, por necrosis tubular renal. Puede producirse la llamada *enfermedad rosa o acrodinia* la cual consiste

en reacción de hipersensibilidad, con eritema en extremidades tórax y cara, fotofobia, taquicardia y diarrea. Los derivados orgánicos producen una reducción del campo visual irreversible, dificultad auditiva, así mismo irreversible, ataxia, parálisis y muerte. Además son teratógenos, y afectan al feto, con retardo mental y deficiencias neuromusculares. La intoxicación por mercurio se le conoce como hidrargismo. ^(21, 22, 23, 24)

- **DIAGNÓSTICO DE LA INTOXICACIÓN:**

Se debe identificar la exposición al metal en la industria o en el ambiente. Sin esta información, la sospecha clínica se confirma sólo por el análisis de laboratorio entre los que se encuentran las pruebas de orina de 24 horas y el análisis de sangre que considera como nivel normal una concentración menor a 10 – 20 µg/L ⁽¹³⁾

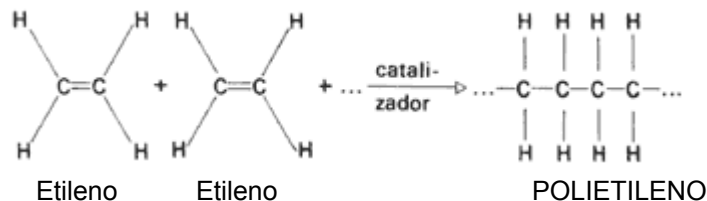
- **Niveles de Mercurio en Orina:** La concentración de mercurio en orina se ha utilizado como índice de la carga corporal del metal. El nivel normal es menos de 20 µg/L. Existen diferentes metodologías para este análisis, entre las cuales se encuentra el método del vapor frío por espectrofotometría de absorción atómica y las reacciones de Sydney Kaye ^(25, 26)

MATERIALES DE ENVASE:

Un envase tiene como función principal: preservar, contener, transportar y proteger al producto que contiene. Pueden estar formados por diferentes tipos de materiales, entro los que se encuentran el vidrio, el plástico, cartón, metal, etc. ⁽¹⁾

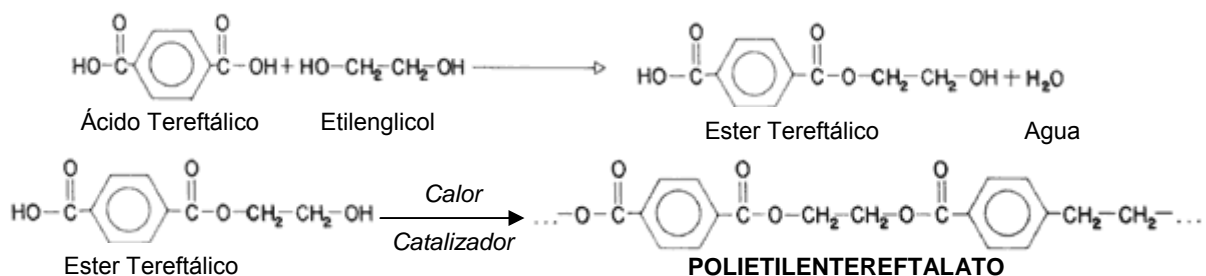
- **Vidrio:** Es una sustancia amorfa que se fabrica a partir de sílice (SiO_2) fundida a altas temperaturas con boratos o fosfatos. Posee la ventaja de ser una sustancia relativamente no reactiva e inerte, que confiere una excelente protección contra el vapor de agua y la permeación de gases por lo que se considera un material de barrera al 100% y suministra protección a la oxidación, pérdida o captación de humedad, sin embargo, posee dos desventajas que son su fragilidad y peso. Se clasifican, según la USP, en Tipo I, II, III y NP ^(2, 3, 4, 27, 28)
- **Plásticos:** Proceden de recursos naturales como el petróleo, gas natural, carbón y sal común. Es un material que tiene como componente esencial una o más sustancias orgánicas poliméricas de alto peso molecular. Se producen a través de un proceso de polimerización en donde el tipo de monómero, tamaño y el tipo de la estructura de la cadena o molécula del polímero determinan sus propiedades. Son materiales no biodegradables, que se mantienen generalmente inertes frente a las sustancias que contienen y al medio ambiente. ⁽²⁹⁾

- **Polietileno:** Se denomina polietileno (PE) a cada uno de los polímeros del gas etileno ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) que se forman mediante la polimerización por adición. ^(30, 31)



- **Polietileno de Baja Densidad:** Es un polímero de cadena ramificada que se obtiene por polimerización del etileno a altas presiones con oxígeno o catalizador de peróxido y por mecanismo de radicales libres. ^(30, 31)

- **Polietileno de Alta Densidad:** Es un polímero de cadena lineal no ramificada que se obtiene por polimerización del etileno a presiones relativamente bajas, en presencia de un catalizador el cual puede ser un metal de transición, aluminio, titanio, un alquimetálico o un óxido metálico sobre sílice o alúmina. Su resistencia química y térmica, impermeabilidad y dureza son superiores a las del polietileno de baja densidad. (30, 31)
- **Polietilentereftalato:** Se obtiene a partir de la esterificación del ácido tereftálico con el etilenglicol formando un monómero que se somete a una policondensación para obtener un polímero de cadena larga. Entre sus ventajas se encuentra su gran resistencia, el bajo índice de transmisión de gas y vapor de agua. (32)



SORCIÓN DE QUÍMICOS (33, 34)

La sorción de químicos puede tener lugar en los materiales de envases plásticos, así como de vidrio. Este proceso sucede en dos etapas: la adsorción del químico a la superficie del polímero, seguido por su absorción.

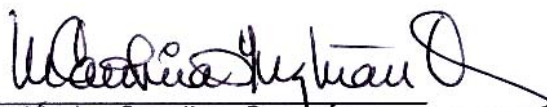
- **ADSORCIÓN:** Se refiere a la acumulación de partículas sobre una superficie, en otras palabras, es la unión de los átomos, iones o moléculas de un gas o de un líquido (adsorbato) a la superficie de un sólido o líquido (adsorbente).



Leslie Áida Rojas García
TESISTA



Licda. Mayté Donis de Recinos
ASESORA



Licda. Carolina Guzmán
REVISORA



Lic. Estuardo Serrano
DIRECTOR



Dr. Oscar Manuel Cobar Pinto
DECANO