

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**DETERMINACION CUANTITATIVA DE FENOL EN ORINA DE
TRABAJADORES EXPUESTOS OCUPACIONALMENTE A BENCENO EN LA
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA DE LA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

**RAFAEL EDGARDO BOLAÑOS GUINEA
JENNIFER ADALY HERNANDEZ DUARTE**

**PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO(A) EN QUIMICA Y FARMACIA**

MARZO, 2015

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANA

LICDA. ANABEL DE LOURDES AYALA DE SORIANO

SECRETARIO

LIC. FRANCISCO REMBERTO MIXCO LOPEZ

DIRECCION DE PROCESO DE GRADUACION

DIRECTORA GENERAL

LICDA. MARIA CONCEPCION ODETTE RAUDA ACEVEDO

TRIBUNAL CALIFICADOR

**COORDINADORA DE AREA: APROVECHAMIENTO DE RECURSOS
NATURALES**

MSc. SONIA MARICELA LEMUS MARTINEZ

COORDINADORA DE AREA: INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y TOXICOLOGIA

MAE. NANCY ZULEYMA GONZALEZ SOSA

DOCENTES ASESORAS

MSc. CECILIA HAYDEE GALLARDO DE VELASQUEZ

LICDA. MARIA ELSA ROMERO DE ZELAYA

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres y hermanos, por estar junto a nosotros en los momentos más difíciles dándonos ánimo, consejos y apoyo a lo largo de toda nuestra formación académica y enseñarnos que todo lo que se desea se puede lograr con esfuerzo.

A la Dirección de Procesos de Graduación: Directora General de Procesos de Graduación: Licda. Odette Rauda, Coordinadoras de Área: MSc. Maricela Lemus y MAE. Nancy González. A nuestras Docentes Asesoras: MSc. Cecilia Gallardo y Licda. María Elsa Romero de Zelaya, por orientarnos en la realización de este Trabajo de Graduación.

A los Trabajadores de la Facultad de Química y Farmacia que participaron en la investigación, por su colaboración en la realización de este Trabajo de Graduación.

A los catedráticos que a lo largo de la carrera nos guiaron, orientaron y brindaron sus conocimientos.

A nuestras familias, amigos y amigas que nos han apoyado incondicionalmente.

Jénnifer y Rafael

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen María, por darme vida, salud, sabiduría, fortaleza y muchas bendiciones en todo momento, y permitirme culminar satisfactoriamente mis estudios y este Trabajo de Graduación.

A mis padres, Ana Ruth Duarte y Héctor Ernesto Hernández, porque sin ellos nada habría sido posible. A mis hermanos, Jeancarlos, Eduardo y Brayan, por la paciencia y apoyo incondicional. Y a toda mi familia, que de granito en granito aportaron detalles especiales para poder llegar a este momento.

A mis colegas y amigos, Rafael Guinea, Magaly Lucha, Patsy Pérez, Lorena Cuéllar, Karla Grande, porque con ellos comencé este viaje y seguimos juntos, y ahora celebran este logro académico conmigo. A los amigos que aparecieron en el momento justo y que agradezco se hayan quedado: Mazzally Guillén, Mirian Servano, Adriana González, Wendy Delgado, Laura Vidal, Nathalia Vásquez, Kevin, porque forman una parte importante de este éxito.

A mi compañero de tesis, Rafael Guinea, porque de otra forma no habría sido tan gratificante este camino y el aprendizaje obtenido, esperando este sea solo uno de tantos éxitos que tengamos juntos.

A nuestra tercera a bordo, Licda. Karlita Villalta, porque desde un principio en los momentos buenos y malos nos regaló su compañía, su apoyo, nos iluminó el camino en momentos difíciles, pero sobre todo, por la amistad que me ha demostrado y a quien estoy segura siempre podré acudir.

A equipo de Tecnología Farmacéutica, por los conocimientos y enseñanzas de vida que obtuve en su compañía, porque sin su apoyo, llegar a este logro habría sido más difícil.

A nuestras Asesoras de tesis, MSc. Cecilia Gallardo de Velásquez y Licda. María Elsa Romero de Zelaya, por su paciencia, comprensión, apoyo y sabios consejos.

Jénifer Hernández

DEDICATORIA

A mi madre Juana Guinea, y hermanas, Sandra, Karla y María, que ha sido un pilar fundamental en mi vida, siempre han estado cuando más las he necesitado, les dedico este triunfo.

A mis amigas Magaly Lucha, Jénifer Hernández, Iris González y Patsy Pérez, que han estado junto a mí en las buenas y las no tan buenas, viviendo momentos inolvidables, espero que nuestra amistad dure toda la vida.

A mi amiga, novia y futura esposa Karla Villalta, gracias por todo tu amor y apoyo desinteresado, por animarme cuando más lo necesité, los últimos años de la carrera serán inolvidables porque los pude compartir con vos. Te amo.

A mi amiga y compañera de tesis, Jénifer Hernández, gracias por tu amistad, confianza y compromiso, todo fue más fácil y mejor a tu lado.

A nuestras Asesoras, MSc. Cecilia Gallardo de Velásquez y Licda. María Elsa Romero de Zelaya, por todo su apoyo para llevar a cabo este trabajo de graduación.

Rafael Guinea

INDICE

	N° Pág.
Resumen	
Capítulo I	
1.0 Introducción.	xviii
Capítulo II	
2.0 Objetivos.	21
2.1 Objetivo General.	21
2.2 Objetivos Específicos.	21
Capítulo III	
3.0 Marco Teórico.	23
3.1 Salud Ocupacional.	23
3.2 Contexto General en El Salvador.	23
3.3 Legislación sobre Salud Ocupacional en El Salvador.	24
3.4 Regulación sobre sustancias químicas en El Salvador.	26
3.5 Reglamento General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo.	26
3.6 Equipo de Protección Personal.	27
3.7 Datos Técnicos del Benceno.	27
3.8 Propiedades Físicas del Benceno.	28
3.9 Usos del Benceno.	29
3.10 Toxicocinética del Benceno.	29
3.10.1 Rutas de Exposición.	30
3.10.2 Absorción.	30
3.10.3 Distribución por Ruta de Exposición.	31
3.10.4 Vida media biológica por Ruta de Exposición.	31
3.10.5 Metabolismo.	32
3.10.6 Eliminación.	35
3.11 Toxicodinamia del Benceno.	36
3.11.1 Mecanismo de Acción del Benceno.	36
3.11.2 Efectos sobre la salud por exposición a Benceno.	36
3.11.3 Carcinogenicidad.	37
3.11.4 Mutagenicidad.	38
3.12 Límites de Exposición a Benceno.	38
3.13 Datos Técnicos del Fenol.	39
3.14 Propiedades Físicas del Fenol.	39
3.15 Usos del Fenol.	39
3.16 Toxicidad del Fenol.	40

3.17 Límites de Exposición Laboral al Fenol.	41
3.18 Límites de Concentración de Fenol en Orina.	41
3.19 Marco Contextual.	42
3.20 Prueba t de Student	43
3.20.1 Prueba de comparación de los promedios de dos grupos independientes con varianzas heterogéneas.	43
3.21 Fundamento del Método de Banfi y Marezi	44
Capítulo IV	
4.0 Diseño Metodológico	46
4.1 Tipo de Estudio.	46
4.1.1 Estudio Experimental.	46
4.1.2 Estudio Transversal.	46
4.2 Investigación Bibliográfica.	46
4.3 Investigación de Campo.	47
4.3.1 Universo.	47
4.3.2 Muestra.	47
4.3.3 Grupo Control.	48
4.3.4 Recolección de datos.	48
4.4 Parte Experimental.	49
Capítulo V	
5.0 Resultados y Discusión de Resultados.	57
Capítulo VI	
6.0 Conclusiones	75
Capítulo VII	
7.0 Recomendaciones	78
Bibliografía	79
Glosario	85
Anexos	89

ABREVIATURAS

- ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists
(Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales)
- ADN: Ácido Desoxirribunucleico
- AETOX: Asociación Española de Toxicología
- CAS: Chemical Abstracts Service (Servicio de Resúmenes Químicos)
- Cp: centipoises
- g: gramos
- H_0 = Hipótesis nula
- H_1 = Hipótesis alternativa
- IARC: International Agency for Research on Cancer (Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer).
- L: litro
- $\mu\text{g/L}$: microgramos por litro
- mg: miligramos
- mL: mililitros
- mm^3 : milímetros de mercurio

- NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional).
- RTECS: Registry of Toxic Effects of Chemical Substance (Registro de Efectos Tóxicos de las Sustancias Químicas).
- OIT: Organización Internacional del Trabajo.
- OMS: Organización Mundial de la Salud.
- OSHA: Occupational Safety and Health Administration (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional).
- ppm: Partes por millón.
- UES: Universidad de El Salvador.

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°

- 1 Constancia de entrega de Informe de Resultados a la Comisión de Seguridad e Higiene Ocupacional de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador
- 2 Carta compromiso.
- 3 Instrumentos de recolección de datos: Encuestas y Listas de chequeo
- 4 Muestra de frasco recolector y viñeta para identificación de muestra
- 5 Esquema del Método de Banfi y Marenzi y de la preparación de las soluciones estándar.
- 6 Calculo de las concentraciones de fenol en las muestras de orina.
- 7 Certificado de Análisis del estándar de fenol
- 8 Tabla de la t de Student
- 9 Preparación de soluciones. Cristalería, materiales, reactivos y equipo utilizado.

INDICE DE TABLAS

Tabla N°		N° Pág.
1	Concentración de las soluciones de fenol estándar con su absorbancia.	57
2	Datos de absorbancia y densidad de las muestras de orina de cada trabajador.	58
3	Concentraciones corregidas de fenol en las muestras de orina de cada trabajador.	59
4	Resultados de los cálculos para obtener la varianza del promedio de las concentraciones de fenol urinario del Grupo Expuesto, de los dos días de muestreo al final de la jornada laboral.	63
5	Resultados de los cálculos para obtener la varianza del promedio de las concentraciones de fenol urinario del Grupo Control, de los dos días de muestreo al final de la jornada laboral.	63
6	Concentraciones de fenol en muestras de orina de los trabajadores del Grupo Expuesto, al final de la jornada laboral de los dos días de muestreo.	67
7	Concentración de fenol en muestras de orina del Grupo Expuesto	70
8	Equipo de Protección utilizado por los trabajadores del Grupo Expuesto, durante la manipulación del benceno, por día de muestreo.	72

INDICE DE FIGURAS

Figura N°		N° Pág.
1	Ilustración de las vías metabólicas del benceno en el cuerpo.	34
2	Metabolitos del benceno presentes en la orina.	34
3	Metabolismo intermedio del muconaldehído.	35
4	Curva de calibración usada para el cálculo de las concentraciones de fenol en las muestras de orina.	57
5	Comparación gráfica de los promedios de las concentraciones de fenol en orina al final de la jornada laboral de los días de muestreo del Grupo Expuesto con el Grupo Control	66
6	Comparación de las concentraciones promedio de fenol en orina de los trabajadores de Grupo Expuesto con el límite de fenol en orina establecido por la OSHA.	67
7	Comparación de los promedios de las concentraciones de fenol en las muestras de orina de los trabajadores del Grupo Expuesto, al inicio y al final de la jornada laboral de los dos días de muestreo, con el valor normal de fenol establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y valor de referencia de la Asociación Española de Toxicología (AETOX).	70
8	Carta de Constancia de entrega de Informe de Resultados a la Comisión de Seguridad e Higiene Ocupacional de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.	90
9	Ejemplo del frasco usado para recolectar las muestras de orina.	93
10	Ejemplo de la viñeta usada para identificar las muestras de orina, con la explicación de su nomenclatura.	93
11	Esquema del método de Banfi y Marenzi	95

12	Esquema de dilución de las soluciones estándar.	96
13	Certificado de Análisis del fenol estándar utilizado para la preparación de la Curva de Calibración.	111
14	Tabla de la t de Student.	112

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad, la cuantificación de la concentración de fenol en muestras de orina de trabajadores de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, que manipulan benceno puro en su jornada laboral, los resultados obtenidos en el análisis se compararon con el límite de fenol por litro de orina establecido por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA; 75 mg/L), así como con los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS; 10 mg/L) y la Asociación Española de Toxicología (AETOX; 20 mg/L).

Se seleccionó un grupo de trabajadores expuestos a benceno y un grupo no expuesto (grupo control), formado por 3 trabajadores por grupo, haciendo un total de 6 trabajadores que fueron seleccionados de acuerdo a criterios de inclusión y exclusión. La recolección de las muestras de orina se llevó a cabo en los días 23 y 25 de junio de 2014. Se recolectaron 2 muestras de orina por individuo en cada día de muestreo, una al inicio y una al final de su jornada laboral, haciendo un total de 24 muestras.

La parte experimental se realizó en el Laboratorio de Bioquímica y Contaminación Ambiental de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador. El método de análisis empleado para la cuantificación de fenol en orina fue el Método de Banfi y Marenzi, el cual es un método espectrofotométrico.

Después de analizar las muestras de orina de los trabajadores, las concentraciones promedio de fenol obtenidas al final de la jornada laboral fueron de: 23.95 mg/mL, 23.35 mg/mL y 36.45 mg/mL, y las concentraciones promedio de fenol obtenidas en las muestras de orina del grupo control al final de la jornada laboral fueron: 9.2 mg/mL, 8.05 mg/mL y 7.0 mg/mL.

Los resultados obtenidos indican que las muestras de orina de los trabajadores del grupo expuesto cumplen con el límite de fenol en orina de la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA), pero no con los límites de fenol en orina establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Asociación Española de Toxicología (AETOX), además presentan diferencias estadísticamente significativas con las concentraciones de fenol en las muestras de orina del grupo control al final de la jornada laboral, por tanto, los trabajadores del grupo expuesto absorbieron benceno durante su manipulación en los dos días de muestreo.

Se recomienda a las Autoridades de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, promover el uso de otras sustancias menos tóxicas que el benceno, como alternativas para ser utilizadas en las prácticas de laboratorio de las cátedras que lo utilizan; a las Autoridades de la Comisión de Seguridad e Higiene Ocupacional de la Facultad de Química y Farmacia, se les recomienda monitorear que los trabajadores, docentes y alumnos cumplan con los criterios de seguridad establecidos por la Facultad de Química y Farmacia; y a los trabajadores que manipulan benceno en su jornada laboral, se les recomienda utilizar el equipo de seguridad proporcionado por la Facultad de Química y Farmacia.

CAPITULO I
INTRODUCCION

1.0 INTRODUCCION

La salud de los trabajadores es una preocupación creciente en muchos países del mundo, incluyendo a organismos internacionales como la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La Salud Ocupacional es un tema que ha cobrado mucha importancia en los últimos años en El Salvador, muestra de ello es la reciente aprobación de la Ley General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo, que en el Capítulo VII referente a Sustancias Químicas, establece que las instituciones privadas y públicas como la Universidad de El Salvador, están en la obligación de adoptar las medidas de seguridad personal que garanticen la salud de los trabajadores y que aquellas sustancias que representan un peligro grave para los trabajadores se deben sustituir por unas menos peligrosas.

En El Salvador hay trabajadores que manipulan sustancias químicas que contienen benceno en su composición, como por ejemplo gasolina, pintura, etc. El benceno es un hidrocarburo aromático, responsable de causar diversos problemas de salud en los trabajadores expuestos crónicamente a él, aún a pequeñas concentraciones, está clasificado como cancerígeno para lo humanos.

En el cuerpo, el benceno es metabolizado principalmente a fenol, esto significa que este es un buen biomarcador para determinar exposición a benceno.

En esta investigación, se realizó la cuantificación de la concentración de fenol en orina de los trabajadores de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, que están en mayor riesgo de exposición a benceno puro y sus vapores, debido a sus funciones.

Se trabajó con dos grupos de trabajadores, un grupo expuesto a benceno en su jornada laboral y otro grupo no expuesto. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión, para seleccionar los trabajadores integrantes de ambos grupos.

Se recolectaron un total de 24 muestras de orina en dos días de muestreo, en el período de junio – julio de 2014.

El fenol presente en la orina se determinó mediante el Método de Banfi y Marenzi, cuantificando el complejo rojo-naranja formado por la reacción de la p-nitroanilina diazotada con el fenol presente en las muestras de orina, en medio alcalino, utilizando para ello un espectrofotómetro Spectronic 801 PLUS, a una longitud de onda de 525 nm.

Los resultados obtenidos se dieron a conocer a los trabajadores por medio de una presentación y además se entregó un informe de resultados a la Comisión de Seguridad e Higiene Ocupacional de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador (Ver Anexo N° 1).

CAPITULO II
OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar cuantitativamente el fenol en orina de trabajadores expuestos ocupacionalmente a benceno en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

2.2.1 Identificar a los trabajadores de la Facultad de Química y Farmacia, que por su trabajo están en mayor riesgo de exposición a benceno puro.

2.2.2 Cuantificar la concentración de fenol en orina de los Trabajadores Expuestos a benceno y del Grupo Control, en el período junio-octubre de 2014.

2.2.3 Comparar los resultados obtenidos de las muestras de orina del grupo de Trabajadores Expuestos con los del Grupo Control, y con el límite de fenol en orina establecido por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA).

2.2.4 Dar a conocer los resultados de la investigación a los trabajadores y a la Comisión de Seguridad e Higiene Ocupacional de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEORICO

3.1 Salud Ocupacional ⁽²⁰⁾.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Salud Ocupacional es una actividad multidisciplinaria dirigida a promover y proteger la salud de los trabajadores, mediante la prevención y el control de enfermedades y accidentes y la eliminación de los factores y condiciones que ponen en peligro la salud y la seguridad en el trabajo. Además procura generar y promover el trabajo seguro y sano, así como buenos ambientes y organizaciones de trabajo, interesándose por el bienestar físico, mental y social de los trabajadores y respaldar el perfeccionamiento y el mantenimiento de su capacidad de trabajo. A la vez que busca habilitar a los trabajadores para que lleven vidas social y económicamente productivas y contribuyan efectivamente al desarrollo sostenible de los países.

3.2 Contexto General en El Salvador.

En El Salvador los trabajadores se encuentran entre los sectores de población más vulnerables al riesgo químico, debido a que muchos de ellos están expuestos a sustancias químicas tanto en los procesos productivos como en su día a día como consumidores y ciudadanos. Sufren intoxicaciones, enferman, tienen problemas respiratorios, sufren alergias, entre otras consecuencias derivadas de la exposición a sustancias químicas ⁽¹⁸⁾.

La exposición a sustancias químicas peligrosas representa una importante causa de mortalidad relacionada con las condiciones de trabajo a nivel mundial. La Organización Internacional del Trabajo (OIT), estima que se produce una media de aproximadamente 440,000 muertes por año debido a la exposición profesional

a sustancias químicas peligrosas (20% de la totalidad de las muertes vinculadas al trabajo).

En América Latina, según estimaciones de la Organización Internacional Trabajo (OIT), las muertes relacionadas con el trabajo son más de 220,000 al año, de éstas, más de 40,000 se deberían a la exposición a sustancias tóxicas.

El fortalecimiento de la seguridad e higiene en el trabajo, principalmente en el área de manejo de productos químicos, ha sido identificada como un área prioritaria por el Ministerio de Trabajo de El Salvador, debido a que en los lugares de trabajo, se desconoce o se tiene poco acceso a información sobre el manejo adecuado de las sustancias químicas, hay poca supervisión sobre el uso de equipo de protección personal, así como falta de información sobre el riesgo o peligrosidad de las sustancias químicas.

3.3 Legislación sobre salud ocupacional en El Salvador

En El Salvador, existen diversos cuerpos de ley que buscan proteger a los trabajadores en sus áreas de trabajo, proveyéndoles un marco regulatorio para asegurarles el respeto a sus derechos.

A continuación se mencionan las leyes que regulan la salud ocupacional en El Salvador.

Código de Trabajo, Decreto No. 15 del 23 de junio de 1972. El Título III se refiere a los Riesgos Profesionales. Define riesgos profesionales, accidentes de trabajo y enfermedad profesional. Describe las situaciones en que se configuran dichos eventos y los casos en que no. Establece las consecuencias de los riesgos profesionales y define la incapacidad permanente total, la parcial y la incapacidad

temporal. Regula en detalle lo relativo a las incapacidades parciales. Enumera y describe supuestos de incapacidades y fija el porcentaje de incapacidad correspondiente. Se refiere también a las enfermedades de las vías respiratorias producidas por inhalaciones de gases y vapores, dermatosis, enfermedades del aparato ocular y otras. Establece responsabilidades y determina el pago de indemnizaciones y pensiones.

Ley del Seguro Social, Decreto Ley No.1.263, de 1953, dispone que el Seguro Social cubrirá en forma gradual los riesgos a que están expuestos los trabajadores por causa de accidente de trabajo, enfermedad profesional. (Art. 2). Esta ley regula todo lo relativo a los riesgos profesionales, incluyendo pago y beneficios.

Ley sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo, Decreto Legislativo No. 2.117 de 1956. Regula las condiciones de seguridad e higiene en que deberán ejecutar sus labores los trabajadores al servicio de patronos privados, del Estado, de los municipios y de las instituciones oficiales autónomas y, para los efectos de ella, los tres últimos serán considerados como patronos respecto de los trabajadores cuyos servicios utilicen. Establece las atribuciones del Departamento Nacional de Previsión Social y crea la Comisión de Seguridad e Higiene del Trabajo y el Reglamento General sobre Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo.

Decreto Ejecutivo No. 7 de 1971. Reglamenta todo lo relativo a la seguridad e higiene, incluyendo obligaciones de los patronos y trabajadores, instrumentos de protección personal y lo relativo a las condiciones de los lugares de trabajo como ventilación, iluminación, prevención de incendios, carteles de indicación, servicios sanitarios, almacenaje de materiales, medidas higiénicas y otras.

Ley General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo. 2010. Dicha ley garantiza la prevención de las enfermedades y accidentes laborales tanto en el sector público como privado, dicho cuerpo normativo tiene 4 reglamentos de aplicación entre ellos se encuentra uno sobre el manejo de las sustancias químicas; de igual manera, indica las medidas de prevención para el manejo de las sustancias químicas. La Ley finalmente entró en vigor en mayo de 2012.

3.4 Regulación sobre sustancias químicas en El Salvador.

La legislación Salvadoreña en lo relativo a la gestión de materiales peligrosos (sustancias, residuos y desechos peligrosos), cuenta con diversos instrumentos legales, distribuidos en diferentes convenios, leyes, reglamentos, decretos e instructivos en general. Entre los que se puede mencionar El Reglamento Especial de la Ley de Medio Ambiente (21-03-2000) relativo a Materiales, Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos y el Convenio No. 155 y Recomendación No.164 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) sobre Seguridad y Salud de Los Trabajadores y Medio Ambiente de Trabajo.

El velar por el cumplimiento de estas normativas, así como la vigilancia y control sobre las sustancias químicas, y en particular sobre los residuos y desechos peligrosos, es una responsabilidad que ha sido asignada principalmente al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

3.5 Reglamento General de Prevención de Riesgos en los Lugares de trabajo

El objeto de este reglamento es regular la aplicación de la Ley General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo, en lo relativo a las condiciones

de seguridad e higiene en que deben desarrollarse las labores, a fin de eliminar o controlar los factores de riesgo en los lugares de trabajo.

La institución responsable de aplicar este reglamento es el Ministerio de Trabajo y Previsión Social, a través de la Dirección General de Inspección de Trabajo y de la Dirección General de Previsión Social.

La sección IV de este reglamento trata sobre las sustancias químicas, establece las obligaciones de los trabajadores y los patronos, con respecto a su manejo y se establecen las medidas de protección personal mínimas a usar en los lugares de trabajo, que están en peligro de exposición a sustancias químicas.

3.6 Equipo de protección personal para sustancias químicas

En el artículo 229 del Reglamento General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo, se establecen los siguientes equipos como medidas de protección personal:

- Overol y/o mandíl
- Botas de neopreno o hule
- Guantes impermeables
- Lentes de seguridad o pantallas faciales
- Mascara para gases y vapores
- Además de cualquier otro equipo adecuado para cada sustancia química.

3.7 Datos técnicos del Benceno (1, 3, 13, 23)

El benceno pertenece al grupo de los hidrocarburos aromáticos.

Sinónimos: Benzeen; benceno; benzol; benzolene; benzolo; bicarburet de hidrógeno; aceite de carbón; nafta de carbón; ciclohexatrieno; fenzen; nafta mineral; feno; hidruro de fenilo.

El benceno es producido de dos formas: natural y artificial a partir de productos derivados del petróleo. Comercialmente es producido mediante reformado catalítico de nafta ligera, desalquilando el tolueno.

Número de Identificación CAS: 71-43-2.

Formula química: C_6H_6

Peso molecular: 78.11 g/mol.

3.8 Propiedades físicas del benceno

Color: incoloro.

Olor: dulce, aromático.

Estado físico a 25 °C: Líquido.

Concentración ambiental mínima a la que se percibe con el olfato: 1.5 a 4.7 ppm.

Concentración ambiental mínima a la que se percibe con el gusto: 0.5 a 4.5 ppm.

Viscosidad a 20 °C: 0.6468 Cp.

Presión de Vapor: a 25 °C: 95.2 mm Hg.

Solubilidad en agua a 25 °C: 1.8 g/L.

Soluble en: Alcohol y éter.

Inflamabilidad: Alta.

3.9 Usos del Benceno (3, 13)

El benceno es usado como un intermediario en la fabricación de diversos productos químicos, incluyendo etilbenceno (utilizado en la síntesis de estireno), cumeno (utilizado en la síntesis de fenol y para la fabricación de resinas fenólicas y de nylon intermedios), ciclohexano (utilizado para fabricar nylon y resinas), y el nitrobenceno (utilizado en la síntesis de anilina). El benceno es también un precursor en la fabricación de uretanos, clorobenceno y anhídrido maleico.

Hasta hace algunos años se utilizaba extensamente como un disolvente, pero este uso ha disminuido en muchos países debido a la preocupación por los efectos cancerígenos. El benceno es un componente natural del petróleo y está presente en la gasolina. En los Estados Unidos de América el benceno está presente en la gasolina en al menos el 2% en volumen, y en Europa la concentración es a menudo del 4 a 5% en volumen y puede superar estas concentraciones con ciertas mezclas.

En la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, el benceno es utilizado en los laboratorios de Química Orgánica como reactivo en la práctica de laboratorio denominada “Propiedades de Hidrocarburos” y como medio para almacenar el sodio metálico para evitar su rápida oxidación.

En la Bodega de Reactivos de la Facultad es dónde se almacena el benceno y se realiza el trasiego a otros contenedores, cuando alguna cátedra solicita este reactivo.

3.10 Toxicocinética del Benceno

3.10.1 Rutas de exposición ⁽²³⁾

La exposición oral aguda es poco común y usualmente resulta de ingestión accidental o de intentos de suicidio. El benceno puede ser un contaminante en el agua potable.

La inhalación, es la ruta principal de exposición a benceno en ambientes laborales y no laborales. Su alta presión de vapor, es un importante peligro cuando no se toman las medidas de seguridad adecuadas.

La exposición dérmica, puede ocurrir en ambientes laborales, pero es cuantitativamente menos importante que la inhalación.

Y por último la exposición ocular puede ocurrir por salpicaduras del solvente o por altas concentraciones de vapor de benceno.

3.10.2 Absorción ⁽²³⁾.

El benceno es absorbido rápidamente en seres humanos y en animales de experimentación después de exposiciones orales y de inhalación, pero en los seres humanos la absorción dérmica es cuantitativamente menor.

Para un trabajador expuesto a una concentración de vapor de benceno de 10 ppm con su piel expuesta, la absorción por hora esperada será de 7.5 μL por inhalación y 1.5 μL de absorción de benceno ambiental por medio de la piel.

A una concentración ambiental de vapor de benceno de 1 ppm, un trabajador sin protección, podría absorber teóricamente de 4 a 8 mg de benceno por la piel comparado con los 14 mg de absorción esperada por inhalación.

El humo del cigarrillo es la principal fuente de benceno en el aire de interiores, los fumadores inhalan aproximadamente 1,800 mg de benceno por día en comparación con los 50 mg de benceno por día absorbido teóricamente por los no fumadores.

3.10.3 Distribución por ruta de exposición ⁽²³⁾.

Luego de la inhalación, el benceno se distribuye a través del cuerpo, datos en animales sugieren que podría distribuirse preferencialmente a tejidos adiposos debido a su lipofiliidad. En humanos las autopsias en individuos que murieron rápidamente luego de sufrir una intoxicación aguda, se encontraron altos niveles de benceno en el cerebro, con bajos niveles en el tejido adiposo, sangre, riñones, e hígado.

La exposición a 25 ppm de benceno por dos horas genera un promedio máximo de concentración de benceno en sangre de 0.2 mg/L. No existen estudios disponibles en humanos referentes a distribución luego de exposición oral o dérmica.

3.10.4 Vida media biológica por ruta de exposición ⁽²³⁾

Luego de la absorción por inhalación, la eliminación del benceno en humanos parece seguir un modelo de dos compartimientos, con vidas medias de cerca de 1 y 24 horas respectivamente.

La vida media del benceno exhalado en humanos, varía dependiendo de la concentración del benceno en el momento de la exposición y en la duración de la misma.

Una exposición a 99 ppm de benceno por 1 hora resulta en un fase inicial de vida media de 42 minutos, y una exposición a 6.4 ppm por 8 horas resulta en una fase inicial de vida media de 72 minutos, con una fase terminal de vida media de 23 a 31 horas.

3.10.5 Metabolismo ⁽²³⁾

EL benceno puede ser exhalado sin cambios por los pulmones, pero también excretado como metabolitos en la orina.

El metabolismo del benceno difiere de los otros hidrocarburos aromáticos, la excreción de fenol en la orina de trabajadores expuestos a ambientes con benceno sigue una relación lineal de acuerdo al grado de exposición.

El metabolismo del benceno se lleva a cabo principalmente en el hígado a través del sistema IIE1 citocromo P450 y, en menor medida, en tejidos tales como la médula ósea.

El primer paso en el metabolismo del benceno es oxidativo, para proporcionar compuestos de anillo-hidroxilado (Ver figura N° 1). También hay un citocromo P450 en la médula ósea capaz de metabolizar el benceno. Los compuestos hidroxilados (fenol, catecol, hidroquinona y 1, 2, 4-trihidroxi-benceno) se excretan en la orina como sulfatos etéreos y glucurónidos (Ver figura N° 2). La conjugación con glutatión y ácido mercaptúrico urinario se considera como una vía de desintoxicación adicional (Ver figura N° 1). La apertura del anillo de benceno, presumiblemente en la etapa de epóxido o de dihidrodiol, se piensa que es para formar el trans, trans-muconaldehído que es oxidado adicionalmente a través de un semialdehído a ácido trans, trans-mucónico (Ver figuras N° 1 y 3).

El resultado inmediato del metabolismo oxidativo (Ver figura N° 1) es la formación de un sistema en equilibrio entre el óxido de benceno y su oxepin. Aunque el oxepin es una estructura postulada, la evidencia más fuerte de la formación del epóxido, es la demostración, que la adición de la enzima hidrolasa epóxido a microsomas utilizados para metabolizar benceno, resulta en la acumulación de dihidrodiol benceno. Ningún otro intermediario produciría el dihidrodiol. Otras pruebas de que el epóxido es un intermediario fue presentado por Hinson et al. (1985), que propuso que el cambio de NIH debe ocurrir si el epóxido era un intermedio. Usando benceno deuterado, detectó los productos postulados y llegó a la conclusión de que se forma el epóxido y que la ciclohexadienona es un intermediario clave.

La formación de fenol se produce por la reordenación espontánea, no enzimática del epóxido. La hidroquinona y el catecol pueden entonces ser formados por la hidroxilación del fenol. El catecol también puede ser formado por una serie secuencial de reacciones que comienzan con la hidratación del óxido de benceno para producir dihidrodiol benceno, seguido por la oxidación del dihidrodiol por una deshidrogenasa. El fenol, la hidroquinona, el catecol, y su posterior producto de hidroxilación, el 1, 2, 4-trihidroxi-benceno, se pueden conjugar con sulfato etéreo o ácido glucurónico.

La formación de ácidos mercaptúricos, sulfatos etéreos y glucurónidos, generalmente se considera la vía de desintoxicación que conduce a la excreción de los metabolitos del benceno a través del riñón. Todas las demás vías conducen a metabolitos potencialmente tóxicos. No hay ninguna evidencia que indique que la ruta de administración del benceno, tenga algún efecto sobre los metabolitos formados.

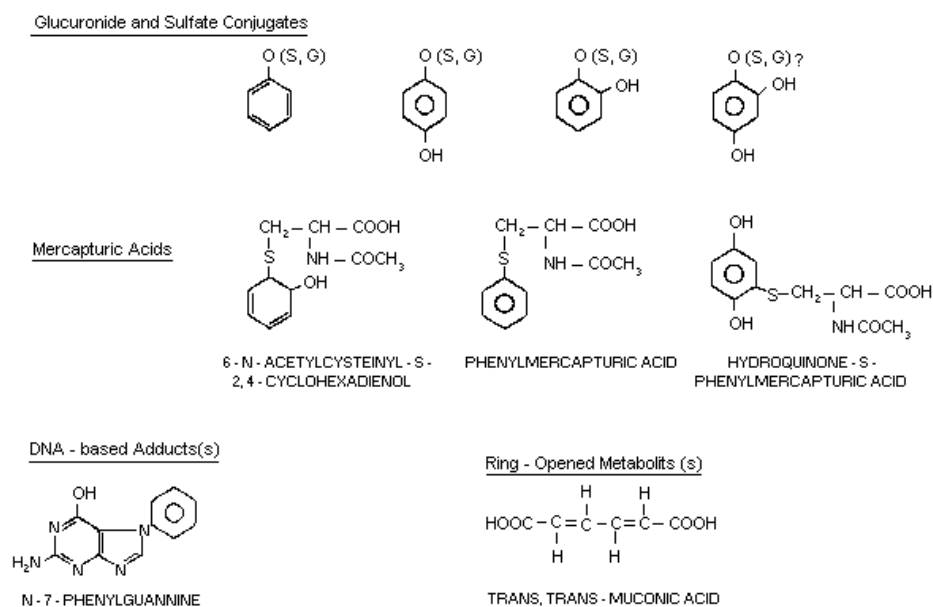


Figura N° 1. Ilustración de las vías metabólicas del benceno en el cuerpo.

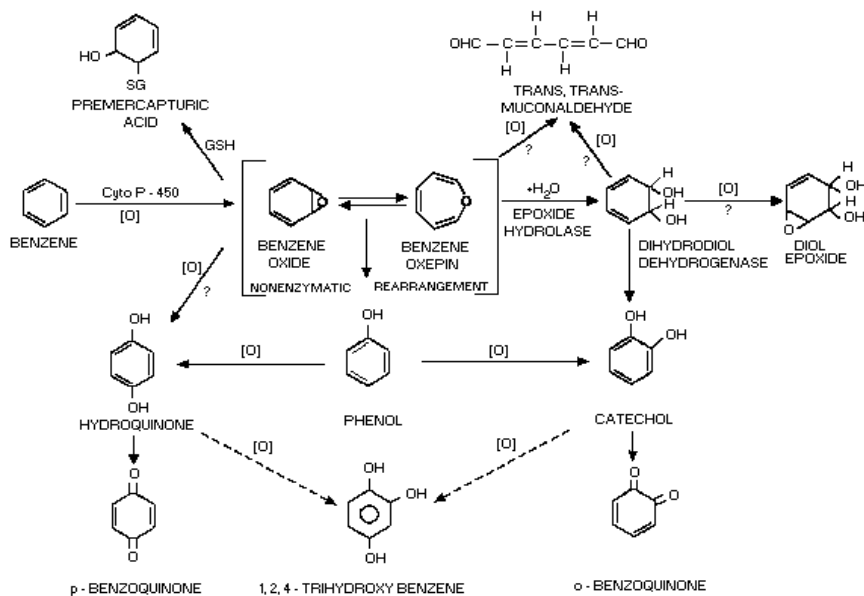


Figura N° 2. Metabolitos del benceno presentes en la orina.

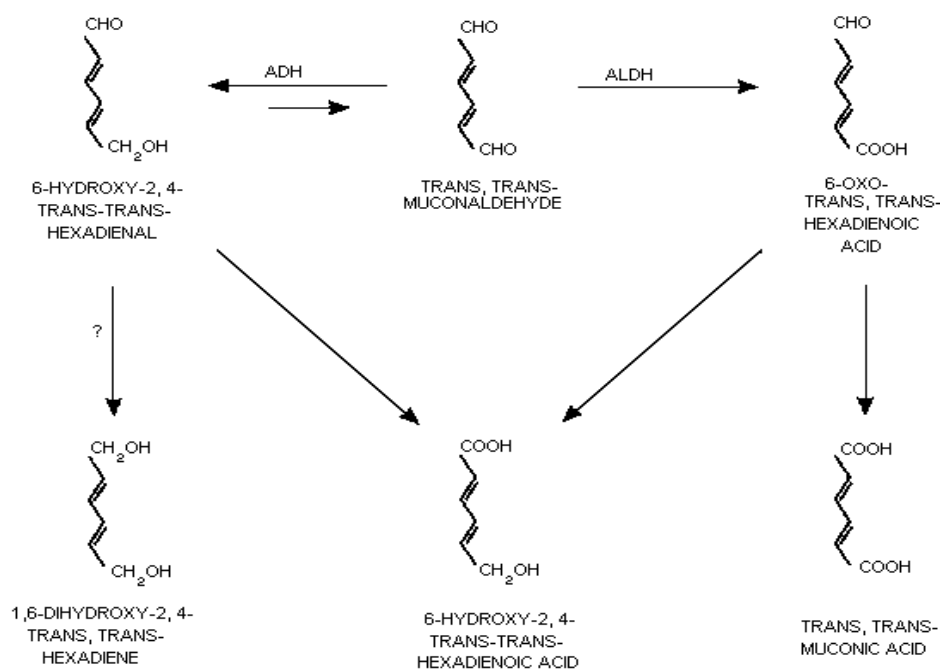


Figura N° 3. Metabolismo intermedio del muconaldehído.

3.10.6 Eliminación ⁽²³⁾.

En un estudio llevado a cabo en humanos, del 16 al 41% del benceno absorbido se eliminó a través de los pulmones, dentro las cinco a siete horas después de una exposición de dos a tres horas a una concentración de 47 a 110 ppm de benceno, y solamente del 0.07% al 0.2% del benceno remanente se excretó sin cambios en la orina.

En otra investigación, luego de una exposición de 63 a 405 mg/m³ de benceno por 1 a 5 horas, del 51 al 87% de benceno absorbido se excretó en la orina como fenol, luego de un período de 23 a 50 horas. En otro estudio en humanos, el 30% de benceno absorbido mediante aplicación dérmica se excretó como fenol en la orina. No hay datos de eliminación cuando la exposición ha sido oral.

3.11 Toxicodinamia del benceno

3.11.1 Mecanismo de acción del benceno ⁽²³⁾.

Una exposición aguda al benceno puede causar narcosis, esto es dolor de cabeza, mareos, somnolencia, confusión, temblores y pérdida del conocimiento. El consumo de alcohol aumenta el efecto tóxico. El benceno es un irritante ocular moderado y un irritante de la piel.

En exposiciones crónicas, los metabolitos del benceno son considerados los agentes tóxicos, y no el benceno en sí mismo.

La exposición crónica al benceno puede causar depresión de las células madre de la médula ósea, aparentemente a través de un efecto citotóxico sobre todas las líneas de células progenitoras hematopoyéticas, aunque existen evidencias de un mecanismo que involucra daño a los estromas celulares de la médula. Se ha demostrado que macrófagos de médula ósea metabolizan el fenol a compuestos reactivos que se unen irreversiblemente a las proteínas y al ADN. La hidroquinona y el fenol son conocidos por ser sustancias hematotóxicas.

3.11.2 Efectos sobre la salud por exposición a benceno ⁽²³⁾.

La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha clasificado al benceno como carcinógeno para los humanos, esto es, dentro del grupo 1.

La exposición por inhalación en ambientes con 20,000 ppm de benceno por un período de cinco a diez minutos puede ser fatal.

La exposición en ambientes con una concentración de benceno de 150 a 650 ppm por un período de 4 meses a 15 años, causa pancitopenia. La exposición crónica de más de ocho años a una concentración media de benceno de 75 ppm, ha sido asociada con el desarrollo de anemia y leucemia, pero tal asociación no se encontró a una exposición de concentración promedio de benceno de 15 a 20 ppm por más de 27 años.

La ingestión oral de más de 10.0 mL de benceno puede resultar letal.

Los efectos hematológicos de la intoxicación crónica con benceno en trabajadores expuestos, se pueden detectar mediante el monitoreo de recuentos sanguíneos a intervalos regulares. Por ejemplo, la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de los Estados Unidos, recomienda recuentos sanguíneos mensuales y trasladar a los trabajadores de las áreas con alta exposición a benceno a áreas sin exposición, si tienen recuentos de células blancas por debajo de 4,000/mm³ o recuento de eritrocitos inferiores a 4,000,000/mm³.

3.11.3 Carcinogenicidad (13, 23).

En estudios epidemiológicos, la exposición crónica al benceno se asoció con el desarrollo de leucemia mielógena aguda y sus variantes, incluyendo de la eritroleucemia. Otras formas de leucemia, incluyendo la anemia linfoblástica aguda, leucemia monocítica aguda, y preleucemia, también se han reportado después de exposiciones crónicas al benceno.

Otras neoplasias hematopoyéticas, se han descrito en asociación con la exposición al benceno, incluyendo linfoma maligno, metaplasia mieloide, y mieloma múltiple.

Hay un gran número de estudios de exposición ocupacional al benceno que demuestran un aumento en la incidencia de leucemia, luego de exposiciones crónicas.

3.11.4 Mutagenicidad ^(13, 23)

En estudios de exposición ocupacional, se encontró que el benceno causa cambios en los cromosomas en concentraciones que indujeron discrasias sanguíneas.

En un estudio se encontró, que a concentraciones inferiores a 31 ppm, trabajadores expuestos por un período de 10 a 26 años tuvieron significativamente más rupturas cromosómicas que los encontrados en los grupos control.

3.12 Límites de Exposición a Benceno.

En El Salvador y Centroamérica, no existe una normativa que regule específicamente la exposición al benceno, ni existen valores límites para este solvente o para sus metabolitos en el cuerpo. Es por esto que se tomarán como referencia los límites establecidos por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de América.

Según la OSHA los Límites de Exposición Permitidos para el benceno en áreas de trabajo son los siguientes ⁽¹⁾.

- 1 ppm para 8 horas diarias de exposición laboral.
- 5 ppm para exposiciones de corto plazo, máximo 15 minutos.

3.13 Datos Técnicos del fenol ⁽⁷⁾

El fenol pertenece al grupo de los alcoholes aromáticos.

Sinónimos: Benzafenol, fenol benceno, ácido carbólico, hidroxibenceno, monofenol, oxibenceno, ácido fénico, hidrato de fenilo, hidróxido de fenilo, ácido fenílico, alcohol fenílico.

Naturalmente se obtiene de la brea de alquitrán de hulla, o como producto de degradación del benceno. Sintéticamente se hace por fusión de bencenosulfonato de sodio con hidróxido de sodio, o por calentamiento de monoclorobenceno con hidróxido de sodio acuoso a alta presión.

Número de identificación CAS: 108-95-2.

Fórmula química: C_6H_6O .

Peso molecular: 94.11 g/mol.

3.14 Propiedades Físicas del Fenol ⁽⁷⁾.

Color: Transparente a blanco.

Forma cristalina: Cristales aciculares, o masa cristalina blanca.

pH: aproximadamente 6.0 en soluciones acuosas.

3.15 Usos del Fenol ⁽⁷⁾.

El uso principal del fenol, es como materia prima para la producción de resinas fenólicas. Se utiliza en la fabricación de muchos productos, como materiales aislantes, adhesivos, lacas, pinturas, caucho, tintas, colorantes, perfumes,

jabones y juguetes. También se utiliza en los procedimientos de embalsamamiento y en laboratorios de investigación.

Es un producto de la descomposición de materiales orgánicos, estiércol líquido, y de la degradación en la atmósfera del benceno.

Se encuentra en algunos desinfectantes comerciales, antisépticos, lociones y ungüentos.

El fenol es activo contra una amplia gama de microorganismos, y hay algunas aplicaciones médicas y farmacéuticas, que incluyen su uso como anestésico tópico y gotas para los oídos. También se utiliza en el tratamiento de las uñas encarnadas en el “método de fenolización matriz de la uña”. Otra aplicación médica del fenol es su uso como un agente neurolítico, aplicado con el fin de aliviar los espasmos y el dolor crónico. En dermatología se utiliza para la exfoliación química del rostro.

3.16 Toxicidad del fenol ⁽⁷⁾.

La ingestión de fenol genera una irritación gastrointestinal severa, problemas cardiovasculares, hipotermia y problemas en el sistema nervioso central y respiratorio. En intoxicaciones crónicas se ha observado excreción de orina color café o descolorida.

Una exposición oral repetida durante varias semanas (ingesta estimada de 10 a 240 mg / día) da lugar a lesiones en la boca, diarrea y orina oscura.

La inhalación no parece contribuir a generar efectos acumulativos en la salud derivados de la exposición crónica.

Exposiciones cutáneas a fenol a dosis prolongadas, pueden resultar en onicronosis (coloración amarillenta de la piel) y erupciones cutáneas.

En años anteriores, soluciones de 5 al 10% de fenol, se utilizaban como un desinfectante para la piel, dando lugar al “marasmo carbólico” caracterizado por la anorexia, dolor de cabeza, vértigo, salivación excesiva, orina oscura y el aumento de la pigmentación de la piel.

3.17 Límites de Exposición Laboral al Fenol ^(7, 23).

Según la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH), el Valor Umbral Límite para exposiciones laborales a fenol es menor de 5 ppm por 8 hora laborales.

Según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), el Límite de Exposición Relativo es de 20 mg/ m³ en lugares de trabajo.

3.18 Límites de concentración de fenol en orina

Según la Organización Mundial de la Salud, la concentración normal de fenol en orina humana es menor de 10 mg/L ⁽¹³⁾, en personas no expuestas a factores que incrementen esta concentración.

Según la Asociación Española de Toxicología, se considera que una persona ha estado expuesta a benceno, si su concentración de fenol en orina es mayor a 20 mg de fenol por litro de orina ⁽³⁾.

Según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), se considera una evidente intoxicación con benceno cuando la concentración de fenol en orina es igual o mayor de 75 mg/L ⁽¹⁾.

3.19 Marco Contextual

La Facultad de Química y Farmacia, es una de las 12 facultades que constituyen la Universidad de El Salvador. La facultad cuenta con 5 departamentos académicos, constituidos por 47 cátedras.

En la Facultad, solo 6 cátedras utilizan benceno para diferentes propósitos, estas son: Química Orgánica I, II y III, Química Analítica III, Química General I, Microbiología Aplicada.

En la cátedra de Química General I, se utiliza una vez al año, en una práctica de laboratorio y en poca cantidad, en la Cátedra de Química Analítica III, se utiliza solo en una práctica de laboratorio al año, en la Cátedra de Microbiología Aplicada, los laboratoristas utilizan pequeñas cantidades de benceno, para remover las manchas de tinta de plumón, hechas por los estudiantes en los tubos de ensayo, y que no salen con un lavado simple con agua y jabón, en la cátedra de Química orgánica I, se utiliza el benceno en una práctica de laboratorio denominada "Propiedades de Hidrocarburos", y en las tres cátedras de Química Orgánica es utilizado el benceno como medio de conservación del sodio metálico para evitar su rápida oxidación.

De estas cátedras, los trabajadores en mayor riesgo de exposición a benceno, son los laboratoristas de Química Orgánica, porque ellos manipulan benceno más frecuentemente.

El benceno usado en la facultad, es almacenado en la bodega de reactivos, en donde es dispensado para los diferentes laboratorios. Solo hay un trabajador encargado de esta bodega.

3.20 Prueba t de Student (2, 6, 11, 12)

La prueba “t” de Student, se utiliza para comparar los promedios de los datos de dos grupos independientes, cuando el tamaño de muestra es pequeño (menores de 30 valores), es decir, es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí, de manera significativa respecto de sus medias. Usualmente se toma como referencia el rango de datos en el que se concentra el 95% de la probabilidad. La región de aceptación corresponde por lo tanto a los valores centrales de la distribución para los que $p > 0.05$.

3.20.1 Prueba de comparación de los promedios de dos grupos independientes con varianzas heterogéneas (6, 8)

Esta variación de la prueba de comparación de dos promedios de datos, se aplica en diseños de investigación en los que se desea comparar dos series de valores de tipo cuantitativo continuo, que provienen cada uno de dos distintos grupos de individuos. Las varianzas de las dos series de datos pueden tener magnitudes diferentes, es decir, pueden ser heterogéneas. Los grupos pueden ser de diferente tamaño.

Esta prueba requiere que la variable dependiente sea cuantitativa continua con distribución semejante a la de la curva normal, tanto en uno como en otro grupo de estudio.

El propósito de la prueba es la evaluación de las siguientes hipótesis estadísticas:

- Hipótesis nula: $H_0 = \bar{X}_A = \bar{X}_B$
- Hipótesis alternativa: $H_1 = \bar{X}_A \neq \bar{X}_B$

Se trata de comparar dos grupos de datos. La hipótesis alternativa plantea que los grupos difieren significativamente entre sí y la hipótesis nula propone que los grupos no difieren significativamente entre sí.

La evaluación de las hipótesis requiere la determinación de un valor t calculada con los datos, que es comparado con un valor t crítico de la tabla. Este último se encuentra en alguna de la distribución t y debe corresponder a un valor de grados de libertad (G. L.) que esté de acuerdo con el número de individuos de uno y otro grupo.

La fórmula que se utiliza para determinar el valor t calculado es la siguiente:

$$t = \frac{\sum d}{\sqrt{\frac{n \sum d^2 - (\sum d)^2}{n-1}}}$$

Si el valor t calculado es mayor al valor t crítico, se procede a rechazar la Hipótesis nula ($H_0 = \bar{X}_A = \bar{X}_B$).

3.21 Fundamento del Método de Banfi y Marenzi ⁽²⁴⁾

Los fenoles presentes en la orina se determinan cuantificando el complejo rojo-naranja, formado por la reacción de la para-nitroanilina diazotada con los fenoles en medio alcalino.

El complejo coloreado formado, se determina espectrofotométricamente en el espectro de luz visible, a una longitud de onda de 525 nm.

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo de estudio de la investigación

4.1.1 Estudio Experimental.

Se realizó un análisis químico en muestras de orina de Trabajadores Expuestos a benceno y en muestras de orina de un Grupo Control, con el objetivo de cuantificar la concentración de fenol en las muestras de orina.

4.1.2 Estudio Transversal.

La investigación se llevó a cabo en el período comprendido entre junio y octubre de 2014, en ese lapso de tiempo se realizó el análisis químico de las muestras y la interpretación de los datos cuantitativos obtenidos.

4.2 Investigación bibliográfica.

Para sustentar teóricamente el problema investigado, se obtuvo información bibliográfica en:

Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia, “Dr. Benjamín Orozco”.

Biblioteca Central de la Universidad Evangélica de El Salvador.

Biblioteca de la Universidad José Simeón Cañas, “Padre Florentino Idoate, S. J.”.

Biblioteca de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer.

Biblioteca de la Universidad Dr. José Matías Delgado, “Biblioteca Central Hugo Lindo”.

Internet.

4.3 Investigación de Campo

4.3.1 Universo.

El universo lo constituyeron 15 trabajadores de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, que incluyó a los 14 laboratoristas de la Facultad y al encargado de la Bodega de Reactivos.

Se identificó que estos trabajadores permanecen durante su jornada laboral dentro de las instalaciones de los laboratorios, aumentando su riesgo de exposición a sustancias químicas peligrosas como el benceno, ya que las instalaciones de los laboratorios funcionan tanto para la realización de las prácticas de laboratorio como de bodegas de reactivos de cada cátedra.

Se establecieron los siguientes criterios de inclusión para la selección de los trabajadores:

- Ser trabajador de la Facultad de Química y Farmacia.
- Ser laboratorista de cualquiera de las diferentes áreas y/o responsables de la Bodega de Reactivos.

4.3.2 Muestra

Se analizaron muestras de orina de 3 trabajadores expuestos a benceno en su jornada laboral. Para la selección de estos trabajadores se establecieron los siguientes criterios:

- Manipular benceno en su jornada laboral.
- No ser fumador.

La muestra incluyó a los 2 Laboratoristas de Química Orgánica y al Responsable de la Bodega de Reactivos de la Facultad de Química y Farmacia.

4.3.3 Grupo Control.

El grupo control lo constituyeron muestras de orina de 3 trabajadores no expuestos ocupacionalmente a benceno.

Se establecieron los siguientes criterios para la selección de estos trabajadores:

- No manipular benceno ni fenol en su jornada laboral.
- No ser fumador.
- Que el número de individuos seleccionados sea igual que el de la muestra.
- Ser de género masculino.

El Grupo Control incluyó muestras de orina de los laboratoristas de las cátedras de: Tecnología Farmacéutica, Química Analítica III y de Microbiología Aplicada.

4.3.4 Recolección de datos.

Una vez que los trabajadores aceptaron participar voluntariamente en la investigación firmando una Carta Compromiso (Ver anexo N° 4), al Grupo Expuesto se le realizó una encuesta (Ver Anexo N° 8), en la que se recolectó información como la edad, sexo, actividades en las que manipulan benceno y equipo de seguridad que utilizan, etc., al Grupo Control no se le encuestó ya que ellos no manipulan benceno.

Además, se verificó por medio de una lista de chequeo (Ver Anexo N° 3), si los trabajadores utilizaban equipo de protección mientras manipulaban el benceno.

4.4 Parte Experimental

Se les solicitó a los trabajadores que integraron la muestra, que los días 23 y 25 de junio de 2014, realizaran la actividad en la que se exponen a benceno, aplicando las medidas de protección y cuidados que suelen tener cuando realizan esa actividad.

Durante el diagnóstico del problema, los laboratoristas de Química Orgánica, manifestaron que su contacto más frecuente con el benceno ocurría cuando manipulaban sodio metálico, ya que éste se conserva en benceno para evitar su rápida oxidación. Antes de cada práctica de laboratorio, usando una espátula metálica pequeña sacan fragmentos de sodio metálico, de un frasco de boca ancha tipo “gerber” en el que es almacenado y que además contiene benceno, el sodio metálico es colocado sobre papel glassin, y con una cuchilla le retiran las superficies oxidadas, colocándolo de nuevo en el frasco, dejándolo así listo para ser usado por los estudiantes. Esta es la actividad que fue realizada por los laboratoristas de Química Orgánica en los dos días de muestreo (23 y 25 de junio de 2014). Manipularon alrededor de 50 mL de benceno durante la actividad en cada día de muestreo, la exposición duró en promedio 6 minutos.

También manifestaron que manipulan benceno en la realización de la práctica de laboratorio denominada: “Propiedades de Hidrocarburos”, perteneciente a la cátedra de Química Orgánica II. Esta actividad no fue realizada porque solo la llevan a cabo una vez al año.

El encargado de la Bodega de reactivos de la Facultad de Química y Farmacia, manifestó durante el diagnóstico del problema, que su contacto con el benceno ocurría cuando alguna cátedra le solicitaba este reactivo. Cuando esto sucede, toma un frasco del reactivo y una probeta de 1000.0 mL, mide la cantidad deseada, que generalmente son 500.0 mL y lo trasiega a otro frasco. Esta es la

actividad que fue llevada a cabo por el encargado de la bodega de reactivos, manipuló alrededor de 500 mL de benceno cada día de muestreo, la exposición duró en promedio 9 minutos.

En ambos días de muestreo, las actividades fueron realizadas por la mañana y los investigadores estuvieron presentes observando el procedimiento, sus observaciones están consignadas en listas de chequeo (Ver Anexo N° 3). Los trabajadores se expusieron a benceno un promedio de siete minutos (Ver Anexo N° 3).

Así mismo, a los trabajadores expuestos se les realizó una encuesta (Ver Anexo N° 3) en el primer día de muestreo, con el objetivo de recolectar información relevante para realizar una correcta interpretación de los resultados.

Se acordó con los Trabajadores Expuestos a benceno y Grupo Control, mediante una carta compromiso (Ver Anexo N° 2) firmada por ellos, que los días de muestreo (23 y 25 de junio de 2014), se les buscaría en sus puestos de trabajo al inicio y al final de sus jornadas laborales, para entregarles un frasco de plástico boca ancha (Ver Anexo N° 4) y una bolsa oscura, para que proporcionaran la muestra, cuando regresaban el frasco con la muestra, se identificaba con una viñeta (Ver Anexo N° 4).

Se recolectaron un total de 24 muestras, que fueron mantenidas en refrigeración entre 4°C y 8°C, las muestras se analizaron dentro de las 72 horas luego de haber sido recolectadas. Además, con el objetivo de corregir la concentración de fenol, a cada muestra se le determinó la densidad, aplicando la siguiente técnica:

Técnica para determinar la densidad de las muestras de orina ⁽⁵⁾

1. Rotular un vaso de precipitado de 10.0 mL con el código de identificación de la muestra.
2. En una balanza semi analítica, tarar el vaso de precipitado.
3. Medir con un pipeta volumétrica, exactamente 1.0 mL de la muestra de orina.
4. Colocar el mL de orina en el vaso de precipitado.
5. Anotar el peso.

Luego de obtenidos los pesos de cada muestra de orina, se procede a calcular la densidad, con la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad}_{\text{Muestra}} = \frac{p}{v}$$

Donde:

Densidad _{Muestra} = densidad calculada de la muestra.

p= Peso de la muestra.

v= Volumen de la muestra.

Los resultados obtenidos de los cálculos se presentan en la tabla N° 2.

Antes de aplicar el método de Banfi y Marenzi, se prepararon las soluciones necesarias, los procedimientos y materiales utilizados están descritos en el Anexo N° 2. Luego se preparó la curva de calibración, aplicando los procedimientos siguientes:

Preparación de la solución stock de fenol ⁽⁵⁾. (Ver Anexo N° 5)

1. Pesar exactamente 0.0101 g de fenol estándar en un vaso de precipitado con capacidad para 25.0 mL.

2. Solubilizar con 10.0 mL de agua desmineralizada y por agitación mecánica el fenol estándar.
3. Transferir esta solución a un balón volumétrico de 100.0 mL, previamente rotulado como “Solución Stock de Fenol”, haciendo lavados del vaso de precipitado con agua desmineralizada.
4. Aforar con agua desmineralizada.
5. Tapar el balón volumétrico y homogenizar la solución.

Preparación de las soluciones estándar de fenol⁽⁵⁾. (Ver Anexo N° 5)

1. Rotular 6 balones volumétricos de 10.0 mL, con las concentraciones siguientes: 1.0 mg/mL, 2.0 mg/mL, 3.0 mg/mL, 4.0 mg/mL, 5.0 mg/mL y 6.0 mg/mL.
2. A cada balón, agregar las siguientes alícuotas de solución stock de fenol: 1.0 mL, 2.0 mL, 3.0 mL, 4.0 mL, 5.0 mL y 6.0 mL.
3. Aforar cada uno de los balones con agua desmineralizada.
4. Tapar y homogenizar la solución.

Preparación de la curva de calibración^(5, 16)

1. Medir 5.0 mL de cada una de las soluciones estándar de fenol, y transferirlo a cada uno de los 6 tubos de ensayo previamente rotulados.
2. Para la preparación del blanco, tomar 5.0 mL de agua destilada y colocarlo en un séptimo tubo de ensayo, previamente rotulado como “Blanco” y proseguir de la misma manera que las soluciones estándar.
3. Agregar a cada tubo, 0.5 mL de solución goma arábica al 1.0%.
4. Homogenizar la solución con agitador.
5. Agregar a cada tubo 0.5 mL de solución de acetato de sodio al 50.0%.
6. Homogenizar la solución con agitador.

7. Agregar a cada tubo 0.5 mL de p-nitroanilina diazotada.
8. Homogenizar la solución con agitador.
9. Dejar en reposo todos los tubos por 1 minuto.
10. Agregar a cada tubo, 1.0 mL de solución de carbonato de sodio al 20.0%.
11. Homogenizar la solución con agitador.
12. Verificar alcalinidad con un papel pH.
13. Dejar en reposo por 20 minutos.
14. Realizar la medición de la absorbancia de cada una de las soluciones en un espectrofotómetro Spectronic 830 PLUS, a una longitud de onda de 525 nm.

Luego de preparada la curva de calibración, se procedió a determinar las absorbancias de las muestras de orina de los trabajadores, aplicando el Método de Banfi y Marenzi ⁽⁵⁾, usando la siguiente técnica: (Ver Anexo N° 5)

1. En un balón volumétrico de 10.0 mL, debidamente rotulado, colocar 1.0 mL de la muestra de orina a analizar.
2. Aforar con agua desmineralizada.
3. Tapar y homogenizar.
4. Colocar la solución en un vaso de precipitado de 25.0 mL, previamente rotulado.
5. Agregar a la solución 0.1 g de diatomita.
6. Tapar el vaso de precipitado con papel parafilm.
7. Agitar suavemente sobre una superficie plana en forma circular, por 10 minutos.
8. Filtrar la solución, recibéndola en un vaso de precipitado de 25.0 mL.
9. Tomar 5.0 mL de la solución filtrada y colocarla en el tubo de ensayo debidamente rotulado.
10. Agregar a esta solución, 0.5 mL de solución de goma arábiga al 1.0%.

11. Homogenizar con agitador.
12. Agregar a esta solución, 0.5 mL de solución de acetato de sodio al 50.0%.
13. Homogenizar con agitador.
14. Agregar a esta solución, 0.5 mL de para-nitroanilina diazotada.
15. Homogenizar con agitador.
16. Dejar en reposo por 1 minuto.
17. Agregar a esta solución, 1.0 mL de solución de carbonato de sodio al 20.0%.
18. Homogenizar con agitador.
19. Verificar alcalinidad con papel pH.
20. Dejar en reposo por 20 minutos.
21. Realizar la medición de la absorbancia de cada una de las muestras en un espectrofotómetro Spectronic 830 PLUS, a una longitud de onda de 525 nm.

Las muestras se codificaron por medio de un número y una letra (Ver anexo N° 4). Luego de obtenidas las absorbancias de las muestras de orina, se procedió a calcular la concentración de fenol en cada muestra de orina (Ver Anexo N° 6).

Para calcular la concentración de fenol en cada muestra de orina, se hizo una interpolación lineal, utilizando dos coordenadas de la curva estándar (Ver Tabla N° 1), una coordenada superior y una inferior, con respecto a la absorbancia obtenida de la muestra, para encontrar su concentración. La ecuación aplicada es la siguiente ⁽¹⁰⁾:

$$X_x = X_0 + (X_1 - X_0) \left(\frac{Y_x - Y_0}{Y_1 - Y_0} \right)$$

Donde:

X_x = Concentración de la muestra.

X_0 = Concentración de la coordenada inferior del estándar.

X_1 = Concentración de la coordenada superior del estándar.

Y_x = Absorbancia de la muestra.

Y_0 = Absorbancia de la coordenada inferior del estándar.

Y_1 = Absorbancia de la coordenada superior del estándar.

A continuación se presenta, un ejemplo de cómo se aplicó la ecuación a cada muestra.

Código de muestra: e01

Absorbancia: 0.072 Densidad: 1.009 g/mL

$$X_x = X_0 + (X_1 - X_0) \left(\frac{Y_x - Y_0}{Y_1 - Y_0} \right)$$

Al sustituir:

$$X_{e01} = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.01 - 0.0) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.072 - 0.0}{0.075 - 0.0} \right) = 0.0096 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{e01} = 9.6 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Luego del cálculo de la concentración de fenol en la muestra de orina, se corrigió la concentración obtenida con respecto a una densidad relativa de 1.024⁽¹⁾, ya que todas las muestras tienen densidades diferentes.

$$\text{Concentración corregida}_{e01} = 9.6 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.009 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 9.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Los cálculos para cada muestra de orina se presentan en el Anexo N° 6.

CAPITULO V
RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Para interpretar los resultados de los análisis químicos de las muestras de orina, se preparó una curva de calibración. Los datos obtenidos de la curva se presentan en la tabla N° 1.

Tabla N° 1. Concentraciones de las soluciones de fenol estándar (Ver Anexo N° 7) con su absorbancia.

Concentración (mg/L)	Absorbancia
0.00	0.000
0.01	0.075
0.02	0.145
0.03	0.227
0.04	0.286
0.05	0.364
0.06	0.457

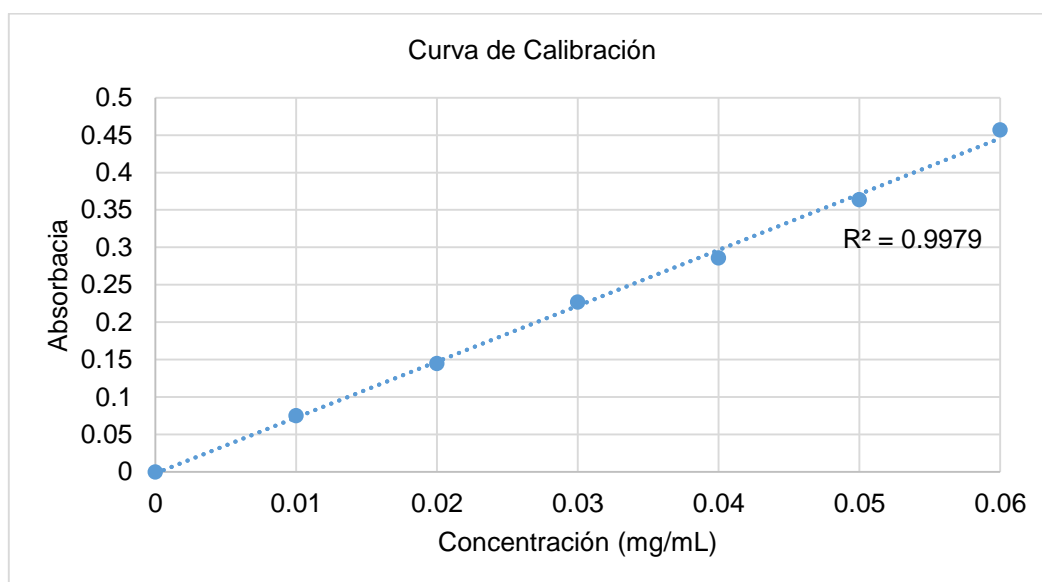


Figura N° 4. Curva de calibración usada para el cálculo de las concentraciones de fenol en las muestras de orina.

En la Figura N° 4, se representa gráficamente la relación absorbancia versus concentración, de las soluciones estándar preparadas (Ver Anexo N° 1), se aprecia una relación directamente proporcional entre ambas con un R^2 igual a 0.9979, cercano a valor ideal que es 1, por tanto, la curva de calibración es aceptable para ser usada para los cálculos de las concentraciones de fenol en las muestras de orina.

Luego de preparada la curva de calibración, se procedió a determinar las absorbancias de las muestras de orina de los trabajadores, aplicando el Método de Banfi y Marenzi. Los datos obtenidos se presentan en la tabla N°2.

Tabla N° 2. Datos de absorbancia y densidad de las muestras de orina de cada trabajador.

		Código	Primer día de muestreo		Segundo día de muestreo	
			Absorbancia	Densidad (g/mL)	Absorbancia	Densidad (g/mL)
Inicio de la Jornada	Expuestos	e01*	0.072	1.009	0.080	1.009
		e02*	0.065	1.006	0.069	1.006
		e03**	0.085	1.018	0.072	1.018
	Control	c01	0.083	1.013	0.068	0.998
		c02	0.072	1.014	0.056	1.014
		c03	0.064	1.002	0.050	1.001
Final de la Jornada	Expuestos	e01*	0.199	1.014	0.151	1.009
		e02*	0.159	1.011	0.180	1.006
		e03**	0.241	1.019	0.284	1.008
	Control	c01	0.077	1.009	0.060	1.013
		c02	0.069	1.002	0.053	1.014
		c03	0.058	0.998	0.042	0.967

*Laboratorista de Química Orgánica ** Responsable de la Bodega de Reactivos

Luego de obtenidas las absorbancias, se procedió a calcular la concentración de fenol en cada muestra de orina (Ver Anexo N° 6). Los resultados de los cálculos se presentan en la tabla N° 3.

Tabla N° 3. Concentraciones corregidas de fenol en las muestras de orina de cada trabajador.

			Primer día de muestreo	Segundo día de muestreo	
		Código	Concentración de fenol corregida (mg/L)	Concentración de fenol corregida (mg/L)	Promedios (mg/L)
Inicio de la Jornada	Expuestos	e01*	9.6	10.9	10.25
		e02*	8.8	9.4	9.1
		e03**	11.5	9.7	10.6
	Control	c01	11.3	9.1	10.2
		c02	9.7	7.5	8.6
		c03	8.7	6.8	7.75
Final de la Jornada	Expuestos	e01*	26.8	21.1	23.95
		e02*	22.0	24.7	23.35
		e03**	32.6	40.3	36.45
	Control	c01	10.4	8.0	9.2
		c02	9.4	6.7	8.05
		c03	8.0	6.0	7.0

*Laboratorista de Química Orgánica ** Responsable de la Bodega de Reactivos

En la Tabla N° 3, se agrupan los datos obtenidos de los cálculos de la concentración fenol en cada muestra de orina, tanto del Grupo Expuesto como del Grupo Control, recolectadas los dos días de muestreo al inicio y al final de la jornada laboral.

Al inicio de la jornada laboral, las concentraciones promedio de fenol en orina del Grupo Expuesto (10.25 mg/L, 9.1 mg/L y 10.6 mg/L) fueron similares a las concentraciones de fenol en orina del Grupo Control (10.2 mg/L, 8.6 mg/L y 7.75

mg/L), estos valores son tomados como las concentraciones basales de fenol en orina de los individuos en ambos grupos, ya que en ese momento no han estado expuestos directamente a benceno o fenol.

Se observa que para el final de la jornada laboral, hay un aumento en la concentración de fenol en la orina de los trabajadores expuestos (23.95 mg/L, 23.35 mg/L y 36.45 mg/L) con respecto a las concentraciones de fenol urinario del mismo grupo al inicio de la jornada laboral y con respecto a las concentraciones de fenol en orina al final de la jornada laboral del Grupo Control (9.2 mg/L, 8.07 mg/L y 7.0 mg/L).

El aumento de la concentración de fenol en la orina de los trabajadores del Grupo Expuesto, al final de la jornada laboral, puede deberse a su exposición al benceno.

Se realizaron comparaciones estadísticas de las concentraciones promedio de fenol en orina obtenidas del Grupo Expuesto, con respecto a las concentraciones promedio de fenol urinario del Grupo Control al final de la jornada laboral de los dos días de muestreo; únicamente se compararon los datos del final de la jornada laboral porque es donde se esperaban encontrar diferencias en las concentraciones de fenol urinario en ambos grupos.

Para esto se utilizó la prueba t de Student, con el objetivo de descartar que las diferencias observadas en los resultados (Ver Tabla N° 2), fueran casuales. Esta prueba implica el planteamiento y comprobación de hipótesis nulas y alternativas.

Estas hipótesis se plantearon de la siguiente forma:

- Hipótesis Nula (H_0): Si las concentraciones de fenol en orina del Grupo Expuesto no presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto a las concentraciones de fenol en orina del Grupo Control, es decir, $t_{calculada}$ menor a $t_{crítica}$, indica que los trabajadores que manipularon benceno no presentaron absorción del mismo.

$$H_0 = \text{Grupo EXPUESTO} = \text{Grupo CONTROL}$$

- Hipótesis Alternativa (H_1): Si las concentraciones de fenol en orina del Grupo Expuesto presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto a las concentraciones de fenol en orina del Grupo Control, es decir, $t_{calculada}$ mayor a $t_{crítica}$, indica que los trabajadores que manipularon benceno presentaron absorción del mismo.

$$H_1: \text{Grupo EXPUESTO} \neq \text{Grupo CONTROL}$$

Luego de planteadas las hipótesis se procedió a realizar los cálculos necesarios para aplicar la prueba t de Student.

Como primer paso, se determinó la Varianza de los promedios de las concentraciones de fenol en las muestras de orina de los trabajadores del Grupo Expuesto (Ver Tabla N° 3), por medio de la siguiente ecuación ^(8, 11):

$$S_1^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X}_1)^2}{n-1}$$

Dónde:

$$S_1^2 = \text{Varianza}$$

X_i = Valores de cada concentración de fenol

\bar{X}_1 = Promedio de las concentraciones de fenol

$n-1$ = Total de valores de concentración de fenol menos 1

Para esto se calculó la media aritmética (\bar{X}_1) de las concentraciones de fenol en orina usando la ecuación de la media aritmética ^(17, 28)

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum X_i}{n}$$

Dónde:

\bar{X}_1 = Media aritmética de las concentraciones de fenol

X_i = Valores de cada concentración de fenol

n = Total de valores de concentración de fenol

Sustituyendo:

$$\bar{X}_1 = \frac{23.95 + 23.35 + 36.45}{3}$$

$$\bar{X}_1 = 27.92$$

Luego se calculó la diferencia de cada concentración de fenol menos la media aritmética, elevado al cuadrado $(x_i - \bar{X}_1)^2$, expresándose los resultados en la tabla N° 4.

Tabla N° 4. Resultados de los cálculos para obtener la varianza del promedio de las concentraciones de fenol urinario del Grupo Expuesto, de los dos días de muestreo al final de la jornada laboral.

GRUPO EXPUESTO		
CODIGO	CONCENTRACION (mg/L)	$(X_i - \bar{X}_1)^2$
e01	23.95	15.761
e02	23.35	20.885
e03	36.45	72.761
	$\bar{X}_1 = 27.92$	$\Sigma = 109.41$

Luego se procedió a hacer el cálculo de la Varianza:

$$S_1^2 = \frac{109.41}{2}$$

$$S_1^2 = 54.71$$

Como segundo paso, se determinó la Varianza de los promedios de las concentraciones de fenol en las muestras de orina de los trabajadores del Grupo Control (Ver Tabla N° 3), siguiendo el mismo procedimiento anteriormente descrito.

Tabla N° 5. Resultados de los cálculos para obtener la varianza del promedio de las concentraciones de fenol urinario del Grupo Control, de los dos días de muestreo al final de la jornada laboral.

GRUPO CONTROL		
CODIGO	CONCENTRACION (mg/L)	$(X_i - \bar{X}_2)^2$
c01	9.20	1.254
c02	8.05	0.001
c03	7.00	1.166
	$\bar{X}_2 = 8.08$	$\Sigma = 2.421$

Calculo de la Varianza del Grupo Control

$$S_2^2 = \frac{2.42}{2}$$

$$S_2^2 = 1.21$$

Obtenidas las varianzas de los promedios de las concentraciones de fenol urinario de ambos grupos, se procedió a calcular la t de Student, usando la siguiente ecuación ^(8,11):

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n} + \frac{S_2^2}{n}}}$$

Donde:

t = Valor de t calculada para los grupos de datos

\bar{X}_1 = Promedio de las concentraciones de fenol urinario del Grupo Expuesto

\bar{X}_2 = Promedio de las concentraciones de fenol urinario del Grupo Control

S_1^2 = Varianza de las concentraciones de fenol urinario del Grupo Expuesto

S_2^2 = Varianza de las concentraciones de fenol urinario del Grupo Control

n = número de valores de concentración de fenol urinario de cada grupo

Sustituyendo en la ecuación, se tiene:

$$t = \frac{(27.92 - 8.08)}{\sqrt{\frac{(54.71 + 1.21)}{3}}}$$

t calculada = 4.59

A continuación se calcularon los grados de libertad, utilizando la ecuación siguiente ⁽¹¹⁾:

$$G.L.=(n_1+ n_2)-2$$

Donde:

G.L= Grados de libertad calculados

n_1 = número de valores de concentración de fenol urinario del Grupo
Expuesto

n_2 = número de valores de concentración de fenol urinario del Grupo Control

Sustituyendo en la ecuación, se tiene:

$$G.L.= (3+ 3)-2$$

$$G.L.= 4$$

Al buscar en la tabla t de Student (Ver Anexo N° 8), se encontró que la **t** crítica para 4 grados de libertad y un nivel de confianza de 0.025 es de 2.7765.

Por tanto, ya que el valor de la t calculada (4.59) es mayor que el valor de la t crítica (2.7765), se rechaza la hipótesis nula (H_0). Es decir, que para el final de la jornada laboral de ambos días de muestreo, los promedios de concentración de fenol urinario de los dos grupos de muestras analizadas, presentan diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%, esto indica, que el Grupo Expuesto excretó mayor cantidad de fenol en orina que el Grupo Control.

En la figura N°5 se comparan las concentraciones promedio de fenol en orina al final de la jornada laboral, de los dos grupos de trabajadores (Ver tabla N° 3), en

esa figura se observa claramente la diferencia en los promedio de concentración de fenol urinario.

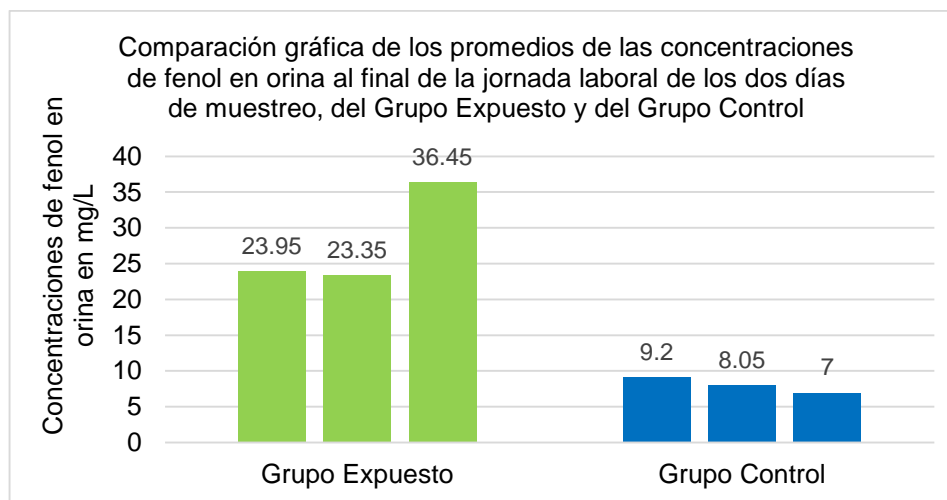


Figura N° 5 Comparación gráfica de los promedios de las concentraciones de fenol en orina al final de la jornada laboral de los dos días de muestreo, del Grupo Expuesto con el Grupo Control.

Luego de realizada la comparación de los resultados de las concentraciones urinarias de fenol del Grupo Expuesto con respecto al Grupo Control, se procedió a realizar una comparación gráfica de las concentraciones de fenol urinario de los trabajadores expuestos a benceno con 75 mg/L ⁽¹⁾, que es el límite de fenol en orina establecido por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de los Estados Unidos de América.

Se realizó esta comparación para determinar si los trabajadores habían presentado intoxicación aguda producto de la manipulación que hicieron del benceno.

Tabla N° 6. Concentraciones de fenol en orina de los trabajadores del Grupo Expuesto, al final de la jornada laboral de los dos días de muestreo.

	Código	Primer día de muestreo	Segundo día de muestreo	Promedio
		Concentración corregida de fenol (mg/L)	Concentración corregida de fenol (mg/L)	
Final de la jornada	e01	26.8	21.1	23.95
	e02	22.0	24.7	23.35
	e03	32.6	40.3	36.45

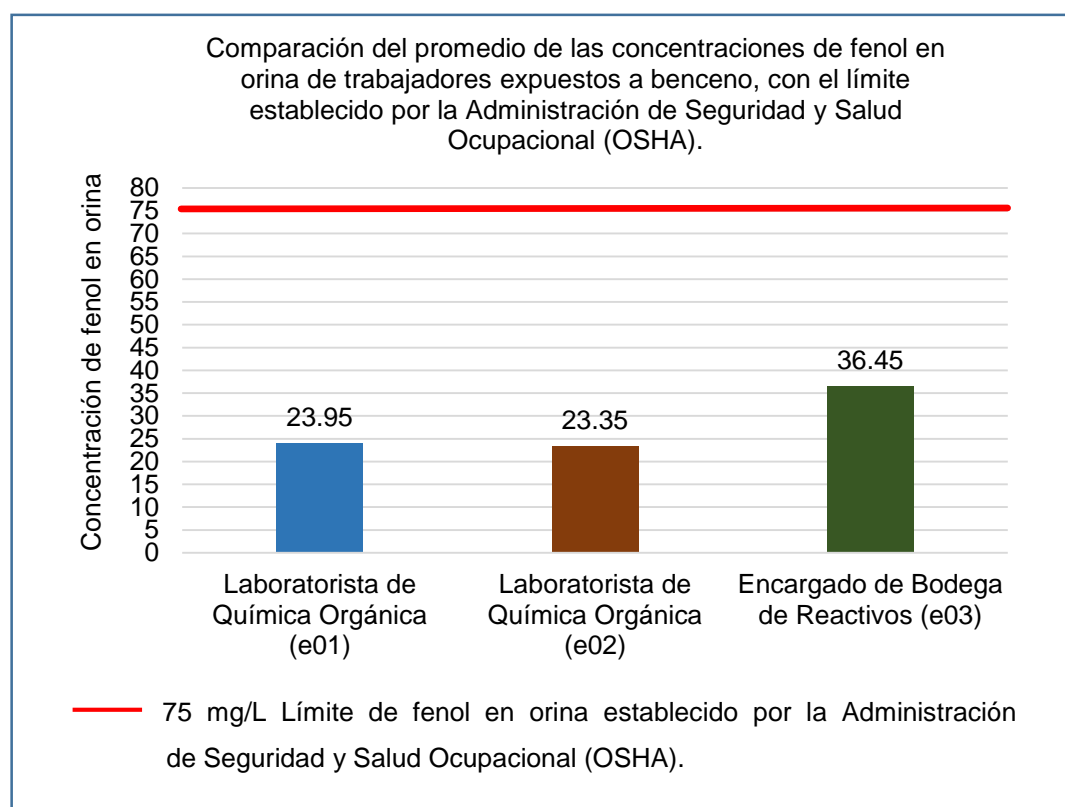


Figura N° 6. Comparación de las concentraciones promedio de fenol en orina de los trabajadores de Grupo Expuesto con el límite de fenol en orina establecido por la OSHA.

En la Figura N° 6 se representan los promedios de las concentraciones corregidas de fenol urinario (Ver Tabla N° 5), al final de la jornada laboral de

ambos días de muestreo (23 y 25 de junio de 2014), indicando además el área de trabajo de cada trabajador, comparadas con 75 mg/L ⁽¹⁾, que es el límite de fenol en orina establecido por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). Para esta comparación se utilizaron los promedios de las concentraciones de fenol (Ver Tabla N° 5), debido a que los resultados en los dos días de muestreo fueron similares, y además permite interpretarlos de forma global.

Se observa que los promedios de concentración de fenol en las muestras de orina, están por debajo de 75 mg/L, lo que según la OSHA significa que no es necesario que el empleador le ordene a los trabajadores realizarse estudios clínicos, para determinar posibles daños en la médula ósea producto de la exposición aguda a benceno.

Según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), el Límite de Exposición Permitido para el benceno en áreas de trabajo, es el siguiente:

- 5 ppm para exposiciones de corto plazo, máximo 15 minutos ⁽¹⁾.

Entonces, los datos de las concentraciones de fenol en orina al final de la jornada laboral, de los trabajadores expuestos, indican que estos no estuvieron expuestos a concentraciones de benceno mayores a 5 ppm durante las manipulaciones del mismo, que duraron en promedio 7 minutos. Por lo tanto, según la OSHA, los Trabajadores Expuestos a benceno no sufrieron intoxicación. Pero tomando en cuenta que las concentraciones de fenol urinario en los trabajadores del Grupo Expuesto presentaron un incremento al final de la jornada laboral con respecto al inicio de la jornada y con respecto a las concentraciones de fenol urinario del Grupo Control (Ver Tabla N° 2), se sospecha que si hubo absorción de benceno durante la exposición.

Para confirmar si las concentraciones de fenol urinario obtenidas en el Grupo Expuesto, indican que hubo absorción de benceno, se usaron dos valores de referencia adicionales.

Las concentraciones de fenol en orina del grupo expuesto, fueron comparadas con la concentración normal de fenol en orina establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que dice, que el fenol en orina debe ser menor o igual que 10 mg/L ⁽²⁰⁾. Este valor es la concentración basal ideal de fenol en orina en personas no expuestas a benceno o fenol. Pero la concentración basal de fenol en orina puede variar de persona a persona debido a factores diversos ⁽²⁾ como la dieta, ser fumador, tomar analgésicos como la aspirina, problemas gastrointestinales y en los riñones, etc., esto quiere decir, que la excreción de fenol en la orina podría ser mayor a 10 mg/L. Debido a esto, en esta investigación se hicieron muestreos al inicio de la jornada laboral para conocer las concentraciones basales de fenol en orina de los trabajadores.

El otro valor de referencia usado, es el límite dado por la Asociación Española de Toxicología (AETOX), que considera, que si la concentración de fenol en orina supera los 20 mg/L ⁽³⁾ al final del turno de trabajo, indica que los trabajadores han estado expuestos a Benceno.

En la Figura N° 7, se presenta la comparación del promedio de las concentraciones de fenol en orina de los dos días de muestreo del Grupo Expuesto, con el valor normal de fenol en orina establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y con el límite dado por la Asociación Española de Toxicología.

Tabla N° 7. Concentraciones de fenol en orina del Grupo Expuesto.

		Primer día de muestreo	Segundo día de muestreo		
		Código	Concentración corregida de fenol (mg/L)	Concentración corregida de fenol (mg/L)	Promedio (mg/L)
Inicio Jornada	e01*	9.6	10.9	10.25	
	e02*	8.8	9.4	9.1	
	e03**	11.5	9.7	10.6	
Final Jornada	e01*	26.8	21.1	23.95	
	e02*	22.0	24.7	23.35	
	e03**	32.6	40.3	36.45	

*Laboratorista de Química Orgánica ** Responsable de la Bodega de Reactivos.

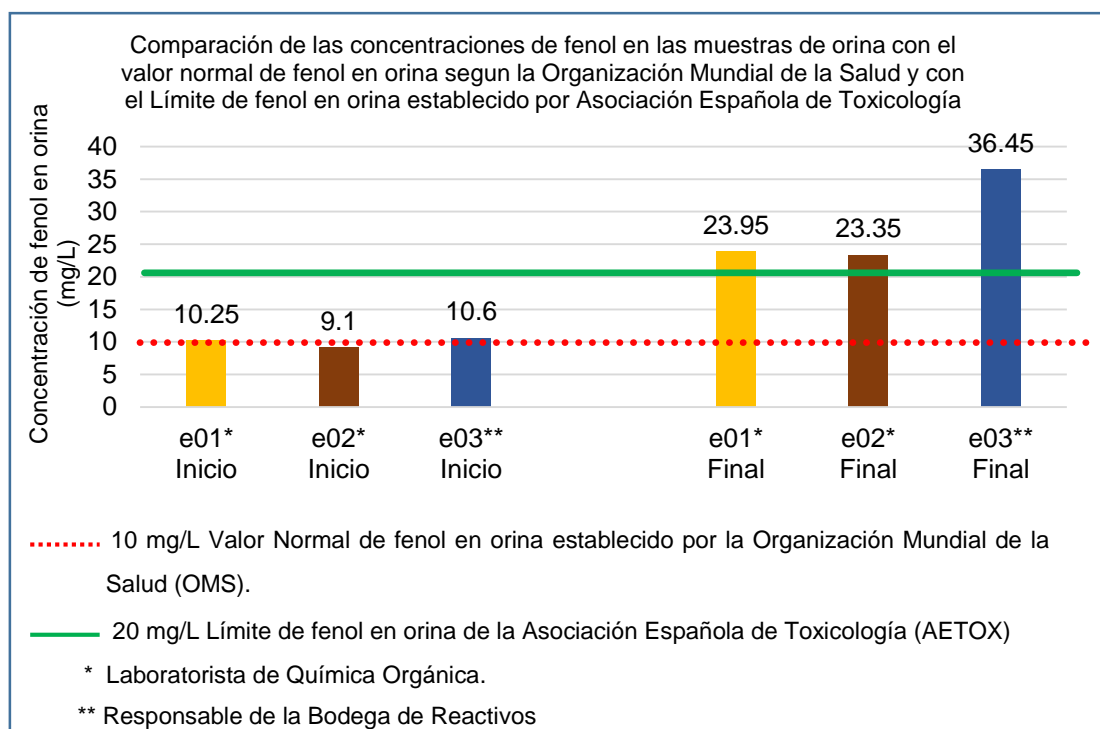


Figura N° 7. Comparación de los promedios de las concentraciones de fenol urinario del Grupo Expuesto, al inicio y al final de la jornada laboral de los dos días de muestreo, con el valor normal de fenol establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y valor de referencia de la Asociación Española de Toxicología (AETOX).

En la Figura N° 7 se observa que al inicio de la jornada laboral dos trabajadores (e01 y e03) presentaron concentraciones de fenol ligeramente superiores (10.25 mg/L y 10.6 mg/L, respectivamente) al valor normal de fenol en orina establecido por la Organización Mundial de la Salud (10 mg/L o menos), ya que la diferencia es pequeña, esta pudo ser influenciada por factores ajenos al lugar de trabajo, mientras el otro trabajador (e02) presentó una concentración ligeramente inferior (9.1 mg/L) a ese valor, lo que indica que presentó concentraciones basales de fenol normales. Por tanto, los trabajadores del Grupo Expuesto presentaron concentraciones normales de fenol antes de iniciar la jornada laboral.

Al final de la jornada laboral, el Grupo Expuesto presentó incrementos en la concentración de fenol urinario con respecto al inicio de la jornada laboral y con respecto al valor normal de fenol en orina establecido por la Organización Mundial de la Salud (10 mg/L o menos), y además superó el límite de fenol en orina establecido por la Asociación Española de Toxicología (20 mg/L).

Este incremento en las concentraciones de fenol en orina, sugiere que los trabajadores sufrieron absorción de benceno durante la manipulación que hicieron del mismo.

Dentro de este grupo de trabajadores, el encargado de la bodega de reactivos (e03), presentó el mayor incremento de fenol urinario (36.45 mg/L) al final de la jornada laboral, mientras los laboratoristas de Química Orgánica (e01 y e02) presentaron concentraciones similares (23.95 mg/L y 23.35 mg/L, respectivamente). Esto muestra que la actividad (trasiego de fenol) llevada a cabo por el encargado de la bodega de reactivos, incrementa el riesgo de absorción de benceno.

Mientras los trabajadores manipulaban el benceno, se llenaron listas de chequeo (Ver anexo N° 3), para verificar el equipo de protección usado por los trabajadores durante las exposiciones a benceno; los resultados de las observaciones se consignan en la tabla N° 8.

Tabla N° 8 Equipo utilizado por los trabajadores del Grupo Expuesto, durante la manipulación del benceno, por día de muestreo.

Equipo de seguridad	Primer día de muestreo			Segundo día de muestreo		
	e1	e2	e3	e1	e2	e3
Mascarilla de gases y vapores	-	-	X	-	-	-
Guantes impermeables	X	-	-	-	-	-
Lentes de seguridad	-	-	-	-	-	-
Gabacha	X	-	X	X	X	-
Calzado cerrado	X	X	X	X	X	X
Cámara extractora de gases	-	-	-	-	-	-

Durante la manipulación del benceno en el primer día de muestreo, los trabajadores solo aplicaron algunas medidas de protección, según consta en las listas de chequeo llenadas por los investigadores (Ver Anexo N° 3), solo un trabajador utilizó mascarilla de gases durante la manipulación (e3), solo uno utilizó guantes de látex (e1), ningún trabajador utilizó lentes de seguridad, dos trabajadores (e1 y e3) usaron gabacha de tela manga corta y todos usaron calzado cerrado de tela o cuero, y ningún trabajador utilizó cámara extractora de gases, pero cabe mencionar que un trabajador (e3), utilizó un ventilador extractor de aire empotrado en la pared durante la manipulación del benceno.

En el segundo día de muestreo, los trabajadores aplicaron de nuevo solo algunas medidas de protección, ningún trabajador utilizó mascarilla de gases, ni guantes de látex, ni lentes de seguridad durante la manipulación, dos trabajadores (e1 y

e2) utilizaron gabacha de tela manga corta y todos utilizaron calzado cerrado de tela o cuero, y ningún trabajador utilizó cámara extractora de gases, pero cabe mencionar que un trabajador (e3), utilizó un ventilador extractor de aire empotrado en la pared durante la manipulación del benceno.

En la entrevista realizada a los trabajadores (Ver Anexo N° 3), estos manifestaron que cuentan con el equipo de seguridad mencionado en la Tabla N° 7, pero la mayoría manifestó que solo a veces lo utilizan cuando manipulan benceno, debido a que según lo que manifestaron, es incómodo. En la misma entrevista manifestaron que durante los días de muestreo, estaban consumiendo los siguientes medicamentos: clorhidrato de atorvastatina, levotiroxina, enalapril y diclofenac, estos medicamentos no se excretan como fenol en la orina, también manifestaron que no son fumadores, por tanto se descartan estos factores como causantes del aumento de la concentración de fenol en la orina.

Por tanto, la falta de utilización del equipo de protección adecuado, durante las manipulaciones del benceno, provocó que los trabajadores sufrieran absorción del mismo, lo que se tradujo en un incremento en la excreción de fenol urinario al final de la jornada laboral.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

5.0 CONCLUSIONES

1. Los trabajadores expuestos a benceno excretaron mayor cantidad de fenol en orina (23.95 mg/L, 23.35 mg/L y 36.46 mg/L) que los trabajadores del grupo control (9.2 mg/L, 8.05 mg/L, 7.0 mg/L), al final de la jornada laboral de los dos días de muestreo, estas diferencias son estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%, esto indica, que los trabajadores expuestos a benceno experimentaron absorción del mismo durante su manipulación, comprobándose la hipótesis alternativa de la investigación.
2. Los trabajadores que manipularon benceno no experimentaron intoxicación aguda, ya que los promedios de la concentraciones de fenol en orina (23.95 mg/L, 23.35 mg/L y 36.46 mg/L) al final de la jornada laboral de los dos días de muestreo, son inferiores a 75 mg/L que es el límite de la concentración de fenol por litro de orina establecido por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA).
3. Los trabajadores expuestos a benceno experimentaron absorción del mismo durante su manipulación, ya que los promedios de las concentraciones fenol en orina (23.95 mg/L, 23.35 mg/L y 36.46 mg/L) al final de la jornada laboral de los dos días de muestreo, son superiores a 10 mg de fenol por litro de orina que es el valor normal de fenol en orina establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y a 20 mg de fenol por litro de orina que el límite de fenol en orina establecido por la Asociación Española de Toxicología.

4. El encargado de la Bodega de Reactivos presentó la concentración promedio de fenol en orina más alta (36.45 mg/L) al final de la jornada laboral en los dos días de muestreo, comparada con las concentraciones de fenol en orina de los otros dos trabajadores (23.95 mg/L y 23.35 mg/L), esto se debió a que este trabajador manipuló mayor cantidad de benceno que los otros dos trabajadores.
5. La razón principal por la que los trabajadores expuestos a benceno, sufrieron absorción del mismo, es porque no utilizaron todo el equipo de protección con el que cuentan durante la manipulación del benceno.
6. Se descarta que factores externos como el consumo de vino, el smog, el humo de cigarros, o la ingesta de medicamentos, hayan provocado un aumento en la concentración de fenol en orina en los trabajadores expuestos a benceno, en los dos días de muestreo.
7. Algunos trabajadores de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, muestran desinterés en seguir una cultura de seguridad en sus lugares de trabajo, esto se evidencia, por la falta de utilización de su equipo de protección.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

1. A las autoridades de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, promover la sustitución del benceno por otras sustancias menos tóxicas, en las prácticas de laboratorio en las que se utiliza este reactivo.
2. A las autoridades de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, gestionar mejoras en la ventilación y sistemas de extracción de gases y vapores en las instalaciones de los laboratorios y bodega de reactivos de la Facultad.
3. A la Comisión de Seguridad e Higiene Ocupacional de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, realizar inducciones a los trabajadores, docentes y alumnos sobre el uso de las medidas de protección personal siempre que se manipulen sustancias tóxicas.
4. A la Comisión de Seguridad e Higiene Ocupacional de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, hacer monitoreos frecuentes a los trabajadores, docentes y alumnos, del cumplimiento de los criterios de seguridad establecidos por la Facultad.
5. Realizar nuevas investigaciones en gasolineras, talleres de pintura automotriz, talleres mecánicos, y otros, en los que los trabajadores manipulen productos en los que el benceno es uno de sus componentes.

BIBLIOGRAFIA

1. Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA); Sustancias Tóxicas y Peligrosas: Benceno; [Internet] [Consultado 18/08/2014]. Disponible en: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_id=10042&p_table=standards
2. Anderson, D. R.; Sweeney, D. J., Williams, T. A. (1999). Estadística para Administración y Economía. México. Internacional Thomson Editores.
3. Asociación Española de Toxicología; Benceno. [Internet] [Consultado 21/09/2014] Disponible en: <http://www.aetox.es/wp-content/uploads/2009/04/Benceno.pdf>
4. Berenson, M. L.; Levine, D. M.; Krehbiel, T. C. Estadística para Administración. México. Pearson Educación. 2001.
5. Brizuela, J.; Jiménez, Y. (2010). Niveles urinarios de fenol y ácido hipúrico en trabajadores de una empresa de pintura automotriz. [Internet] [Consultado 13/09/2014] Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1315-01382010000200003&script=sci_arttext
6. Canavos, G. C. Virginia Commonwealth University. Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y Métodos. [Internet] [Consultado: 13/08/14]. Disponible en: <https://estadisticaunicaes.files.wordpress.com/2012/05/george-canavos-probabilidad-y-estadistica-aplicaciones-y-metodos.pdf>
7. Departamento de Salud de Pensilvania; Fenol; [Internet] [Consultado 22/09/2014] Disponible en: <https://www.google.com/sv/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCUQFjAB&url=https%3A%2F%2Fwww.portal.state.pa.us%2Fportal%2Fserver.pt%2F>

document%2F1299262%2Ffact_sheet_-_phenol_final_110712_
pdf&ei=Y1tYVJ6ZPIqjgwTt5YPQDA&usg=AFQjCNHwM-7-zr1eu3e1
jQPrtvOQ-8Jw2A&bvm=bv.78677474,d.eXY

8. Dirección Nacional de Innovación Académica, Universidad Nacional de Colombia; Comparación de dos grupos de datos paramétricos usando pruebas F y t; [Internet] [Consultado 13/09/2014]. Disponible en: [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/odontologia/2002890/lecciones/preu
bat/pruebat.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/odontologia/2002890/lecciones/preu
bat/pruebat.htm)
9. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional del Litoral; Interpolación Lineal; [Internet] [Consultado 18/08/2014]. Disponible en: [http://www.google.com.sv/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5
&ved=0CDgQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.fce.unl.edu.ar%2Fcatedra
s%2Fbackend%2Fmateriales%2F561.doc&ei=J75ZVNvSEsGoNq7zgLA
D&usg=AFQjCNH_64XWHK9NsYoEMO-TLz-ZC5cf9w&bv
m=bv.78677474,d.eXY](http://www.google.com.sv/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5
&ved=0CDgQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.fce.unl.edu.ar%2Fcatedra
s%2Fbackend%2Fmateriales%2F561.doc&ei=J75ZVNvSEsGoNq7zgLA
D&usg=AFQjCNH_64XWHK9NsYoEMO-TLz-ZC5cf9w&bv
m=bv.78677474,d.eXY)
10. Franco Baires, G. R. y Meléndez Ramírez, E. M. (2003). Elaboración de una Guía práctica para la preparación de Reactivos químicos y estándares de uso frecuente en el análisis químico. Tesis de Licenciatura. Universidad de El Salvador. Facultad de Química y Farmacia. El Salvador.
11. Reynaga Obregón, J. Prueba de Comparación de los promedios de dos grupos independientes con varianzas heterogéneas. [Internet] [Consultado: 23/09/14]. Disponible en: <http://www.facmed.unam.mx/deptos/salud/censenanza/planunico/spii/antologia2012/11.pdf>

12. Maronna, R. A. (1995). Probabilidad y Estadística Elementales para Estudiantes de Ciencias. (1° Edición). Facultad de Ciencias Exactas. Universidad de la Plata.
13. Ministerio de Salud del Perú; Enfermedades Ocupacionales por Solventes Orgánicos; [Internet] [Consultado 22/09/2014] Disponible en: <ftp://ftp2.minsa.gob.pe/docconsulta/documentos/CT/nuevaversion/parte12.pdf>
14. MSc. y Licda. Lemus, S. M.; MAE Torres de Portillo, M. A.; Dr. Torres, D. F.; Licda. Ayala de Soriano, A. (2011). Manual de Laboratorio de la Cátedra de Química Orgánica III de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
15. OMS, (2003): Zinc in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud (WHO/SDE/WSH/03.04/17).
16. Operational Manual. Spectrophotometer (2004). Copyright © Meterteche Inc.
17. Ordoñez Huamán, J. L., Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Agraria "La Molina"; Estadística descriptiva; [Internet] [Consultado 05/09/2014]. Disponible en: <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~arrubio/Parte%202.pdf>
18. Organización Internacional del Trabajo (OIT). Seguridad y Salud en el Trabajo. [Internet] [Consultado 03/09/2014]. Disponible en: <http://ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang-es/index.htm>

19. Organización Internacional del Trabajo (OIT) (2003). La Seguridad en cifras (1° edición). [Internet] [Consultado: 03/09/2014]. Disponible en: http://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/worldday/report_esp.pdf

20. Organización Mundial de la Salud (OMS). Definición de Salud Ocupacional según la OMS (07/07/2011). [Internet] [Consultado: 23/08/2014] Disponible en: <http://www.enfoqueocupacional.com/2011/07/definicion-de-salud-ocupacional-segun.html>

21. Programa Internacional sobre Seguridad Química. Organización Mundial de la Salud; Monografías – Información analítica y toxicológica (6.79 – 6.113); [Internet] [Consultado 20/09/2014] Disponible en: http://www.who.int/ipcs/publications/training_poisons/basic_analytical_tox/en/index11.html

22. Real Academia Española (2014). Diccionario de la Lengua Española (DRAE) (23° edición) [Internet] [Consultado: 21/03/2015] Disponible en: http://www.who.int/ipcs/publications/training_poisons/basic_analytical_tox/end/index11.html

23. Rothman, N., Bechtold, W. E., Yin, S-N, Dosemeci, M., Li, G-L, Wang, Y-Z, Griffith, W. C., Smith, M. T., Hayes, R. B. (1998), Urinary excretion of phenol, catechol, hydroquinone, and muconic acid by workers occupationally exposed to benzene. [Internet] [Consultado 18/03/2014]. Disponible en: <http://oem.bmj.com/content/55/10/705.full.pdf>

24. Salinas, D. E.; Rodríguez Minaya, Y. E. (2007). Determinación de fenoles y ácido hipúrico en orina como indicadores de exposición al Benceno y tolueno en trabajadores de confección y reparación de calzados del Mercado Virrey Amat del distrito del Rímac. [Internet] [Consultado 17/03/2014]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/215206850/101552072-Determinacion-de-Fenol-y-Ac-Hipurico-en-Orina>
25. Sánchez Carrión, J. J. (2005) Manual de Análisis de los Datos (2a edición). Madrid, España. Alianza Editorial.
26. Slorach, Stuart A., Departamento de Ecología Global. Universidad de Stanford; Indicadores de Exposición a sustancias químicas; [Internet] [Consultado 04/09/2014] Disponible en: http://dge.stanford.edu/SCOPE/SCOPE_46/SCOPE_46_2.16_Slorach_323-330.pdf
27. Universidad de Navarra. Diccionario de la Clínica. [Internet] [Consultado 21/03/2015] Disponible en: <http://www.cun.es/diccionario-medico>
28. Universidad Nebrija; Estadística Aplicada. [Internet] [Consultado 23/09/2014]. Disponible en: <http://www.nebrija.es/~ralvarez/textos/ESTADISTICA/ApuntesContraste.pdf>

GLOSARIO

GLOSARIO (17, 22, 27)

- 1 **Hidrocarburo:** Compuesto resultante de la combinación del carbono con el hidrógeno.
- 2 **Trasegar:** Mudar las cosas de un lugar a otro, y en especial un líquido de una vasija a otra.
- 3 **Presión de vapor:** Propiedad de un sólido de poder pasar al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido (proceso denominado sublimación).
- 4 **Tejido Diana:** La parte del cuerpo en la que una sustancia química origina efectos adversos, puede ser un órgano íntegro, un tejido, una célula o tan solo un componente subcelular.
- 5 **Glutación:** Tripéptido no proteínico que se deriva de los aminoácidos.
- 6 **Células progenitoras hematopoyéticas:** Células encargadas de la producción de sangre, por tener la capacidad de renovarse y crear células idénticas a ellas.
- 7 **Estromas celulares:** Trama o armazón de un tejido, que sirve para sostener entre sus mallas los elementos celulares.
- 8 **Pancitopenia:** Enfermedad en la que hay una reducción en el número de glóbulos rojos, glóbulos blancos, así como, de plaquetas en la sangre.
- 9 **Leucemia:** Enfermedad neoplásica de los órganos formadores de células sanguíneas, caracterizada por la proliferación maligna de leucocitos.

- 10 **Leucemia mielógena aguda:** Es un cáncer que comienza dentro de la médula ósea, el tejido blando en el interior de los huesos que ayuda a formar las células sanguíneas. El cáncer crece a partir de las células que normalmente se convertirían en glóbulos blancos siendo que se desarrolla rápidamente y por lo regular tiene un curso agresivo.
- 11 **Anemia linfoblástica:** Es un cáncer de la sangre y la médula ósea.
- 12 **Leucemia monocítica aguda:** Tipo de cáncer producido en las células de la línea mieloide de los leucocitos, caracterizado por la rápida proliferación de células anormales que se acumulan en la médula ósea e interfieren en la producción de glóbulos rojos normales.
- 13 **Neoplasias hamatopoyéticas:** Multiplicación o crecimiento anormal de células hamatopoyéticas, en los tejidos del organismo.
- 14 **Linfoma maligno:** Tumor canceroso de los tejidos linfoides, que evoluciona de modo desfavorable.
- 15 **Metaplasia mieloide:** Síndrome que se caracteriza por presentar alteraciones derivadas de una proliferación maligna de la médula ósea que afecta a todas las series hamatopoyéticas.

- 16 **Mieloma múltiple:** El mieloma múltiple es una enfermedad frecuente que consiste en la proliferación atípica de las células plasmáticas.
- 17 **Discrasia sanguínea:** Anomalía cuantitativa o cualitativa de cualquiera de los elementos de la sangre.
- 18 **Prueba t de student:** Distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño
- 19 **Nivel de confianza:** Un par o varios pares de números entre los cuales se estima que estará cierto valor desconocido con una determinada probabilidad de acierto.
- 20 **Grados de libertad:** Número de valores que podemos elegir libremente dentro de una muestra de distribución t.
- 21 **R²:** Coeficiente de determinación.
- 22 **Intoxicación aguda:** Reacción del organismo ante la exposición reciente a cualquier sustancia tóxica.

ANEXOS

ANEXO N° 1. CONSTANCIA DE ENTREGA DE INFORME

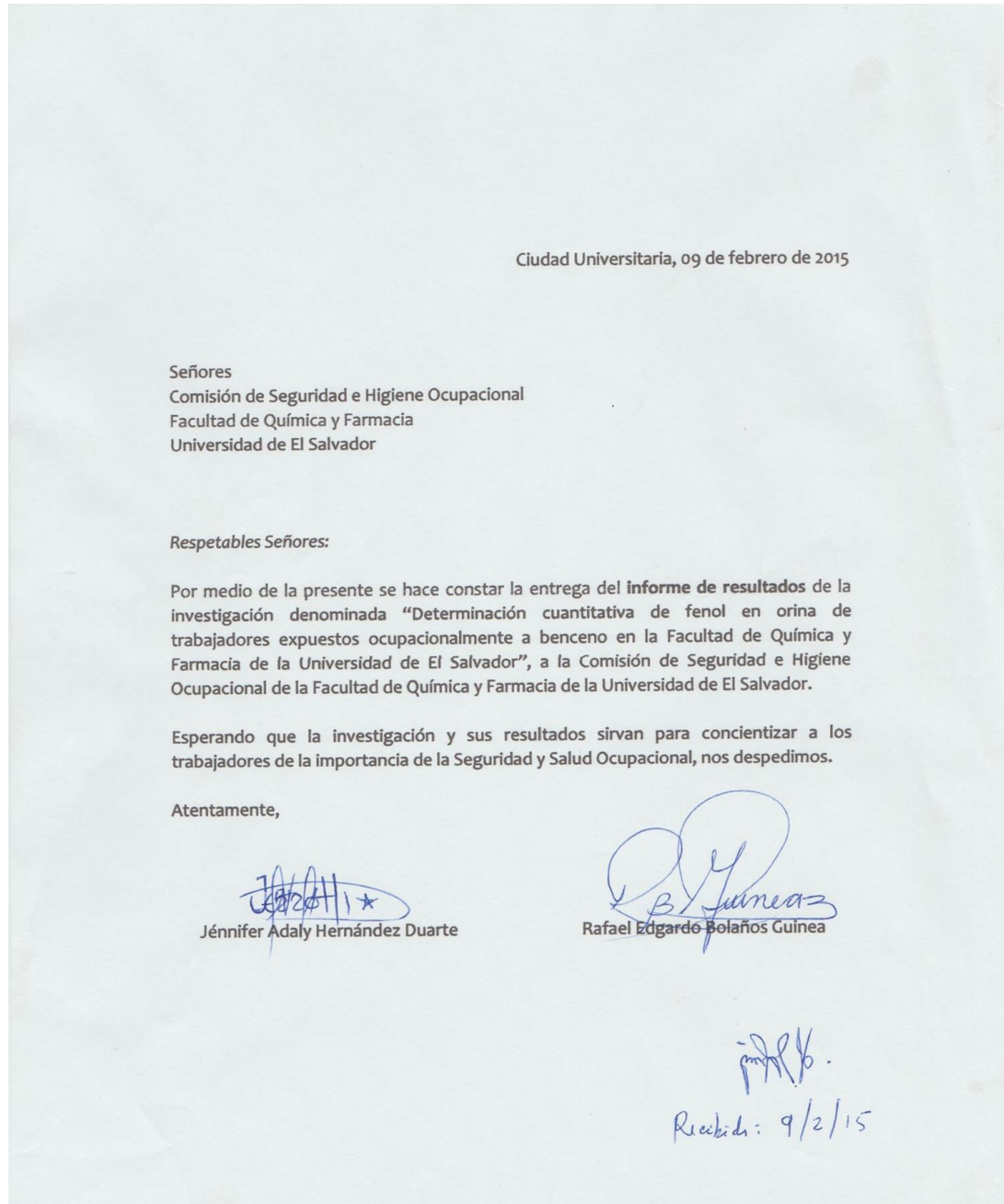


Figura N° 8. Carta de Constancia de entrega de informe a la Comisión de Seguridad e Higiene Ocupacional de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

ANEXO N° 2. CARTA COMPROMISO

Ciudad Universitaria, 19 de junio de 2014.

Por este medio, me comprometo de manera voluntaria a proveer un total de 4 muestras de orina entre los días 23 y 25 de junio de 2014, al inicio y final de mi jornada laboral. Además, doy mi consentimiento para que dichas muestras sean utilizadas para cuantificar su contenido de fenol y que los resultados sean utilizados para la investigación denominada “Determinación cuantitativa de los niveles de fenol urinario en trabajadores expuestos ocupacionalmente a Benceno en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador”. Estoy de acuerdo, que estos datos sean publicados en dicho trabajo de investigación, guardando confidencialidad de mi identidad.

Sin otro particular, me suscribo atentamente,

Nombre y firma

ANEXO N° 3.

INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS:
ENCUESTAS Y LISTAS DE CHEQUEO

Universidad de El Salvador
Facultad de Química y Farmacia

Encuesta dirigida a trabajadores expuestos ocupacionalmente a benceno.

Código: e01

Tema de la investigación: Determinación cuantitativa de fenol en orina de trabajadores expuestos ocupacionalmente a benceno en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Objetivo: Recolectar información relevante de los trabajadores en estudio, para realizar una correcta interpretación de los datos analíticos que arrojen las pruebas químicas.

Instrucciones: Lea detenidamente cada una de las interrogantes y conteste SUBRAYANDO, MARCANDO CON UNA "X" o COMPLETANDO cada una de la preguntas.

Cuestionario

1. Edad: 52 Sexo: masculino

2. Indique cuál de los siguientes equipos de protección utiliza cuando manipula benceno:

Mascarilla _x_ ¿De qué tipo de mascarilla? De gases

Guantes _x_ ¿De qué material? látex

Lentes de seguridad _x_

Gabacha _x_ Manga larga Manga corta _x_

Zapato cerrado _x_ ¿De qué material? cuero

Cámara extractora (gas) _x_

Otros: Ventilador extractor de gases

3. ¿Con qué frecuencia usa su equipo de protección cuando manipula benceno?

Siempre

A veces

Nunca

4. ¿Qué cantidad de benceno manipula aproximadamente?

Conservación de sodio: 50 mL, Práctica de laboratorio: 200 mL

5. ¿Consume algún medicamento?

Sí

No

Mencione los nombres de los medicamentos:

Atorvastatina, Levotiroxina

6. ¿Es usted fumador? Sí

No

Universidad de El Salvador
Facultad de Química y Farmacia

Código: e01

Fecha: 23/06/2014

Lista de Chequeo del equipo de protección utilizado por los trabajadores que manipulan benceno.

Equipo de seguridad	NO	SI
Mascarilla de gases o vapores	x	
Guantes impermeables		x
Lentes de seguridad	x	
Gabacha		x
Calzado cerrado		x
Cámara extractora de gases	x	

Observaciones: La gabacha es de tela, manga corta y los zapatos de cuero.

Universidad de El Salvador
Facultad de Química y Farmacia

Código: e02

Fecha: 23/06/2014

Lista de Chequeo del equipo de protección utilizado por los trabajadores que manipulan benceno.

Equipo de seguridad	NO	SI
Mascarilla de gases o vapores	x	
Guantes impermeables	x	
Lentes de seguridad	x	
Gabacha	x	
Calzado cerrado		x
Cámara extractora de gases	x	

Observaciones: Los zapatos son de cuero.

Universidad de El Salvador
Facultad de Química y Farmacia

Código: e03

Fecha: 23/06/2014

Lista de Chequeo del equipo de protección utilizado por los trabajadores que manipulan benceno.

Equipo de seguridad	NO	SI
Mascarilla de gases o vapores		x
Guantes impermeables	X	
Lentes de seguridad	X	
Gabacha		X
Calzado cerrado		X
Cámara extractora de gases	X	

Observaciones: La mascarilla utilizada es de gases, la gabacha es de tela, manga corta y los zapatos deportivos tipo tenis. Además de lo descrito, utilizó un ventilador empotrado en la pared extractor de aire.

Universidad de El Salvador
Facultad de Química y Farmacia

Código: e01

Fecha: 25/06/2014

Lista de Chequeo del equipo de protección utilizado por los trabajadores que manipulan benceno.

Equipo de seguridad	NO	SI
Mascarilla de gases o vapores	X	
Guantes impermeables	X	
Lentes de seguridad	X	
Gabacha		X
Calzado cerrado		X
Cámara extractora de gases	X	

Observaciones: La gabacha es de tela, manga corta y los zapatos de cuero.

Universidad de El Salvador
Facultad de Química y Farmacia

Código: e02

Fecha: 25/06/2014

Lista de Chequeo del equipo de protección utilizado por los trabajadores que manipulan benceno.

Equipo de seguridad	NO	SI
Mascarilla de gases o vapores	X	
Guantes impermeables	X	
Lentes de seguridad	X	
Gabacha		X
Calzado cerrado		X
Cámara extractora de gases	X	

Observaciones: La gabacha es de tela, manga corta y los zapatos de cuero.

Universidad de El Salvador
Facultad de Química y Farmacia

Código: e03

Fecha: 25/06/2014

Lista de Chequeo del equipo de protección utilizado por los trabajadores que manipulan benceno.

Equipo de seguridad	NO	SI
Mascarilla de gases o vapores	X	
Guantes impermeables	X	
Lentes de seguridad	X	
Gabacha	X	
Calzado cerrado		X
Cámara extractora de gases	X	

Observaciones: Zapatos deportivos tipo tenis. Además utilizó un ventilador empotrado en la pared extractor de aire.

ANEXO N° 4. FRASCO RECOLECTOR Y VIÑETA



Figura N° 9. Ejemplo del frasco usado para recolectar las muestras de orina.

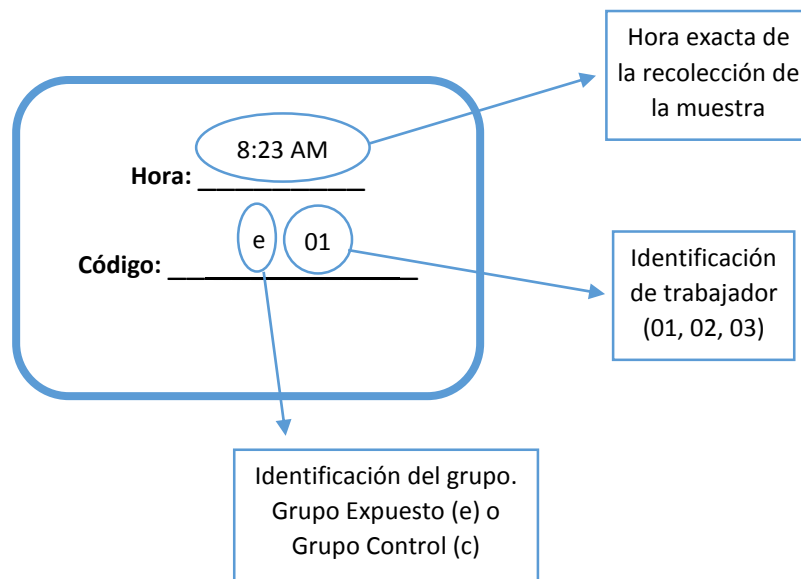


Figura N° 10. Ejemplo de la viñeta usada para identificar las muestras de orina, con la explicación de su nomenclatura.

ANEXO N° 5

ESQUEMA DEL METODO DE BANFI Y MARENZI Y DE LA DILUCIÓN
DE LAS SOLUCIONES ESTANDAR.

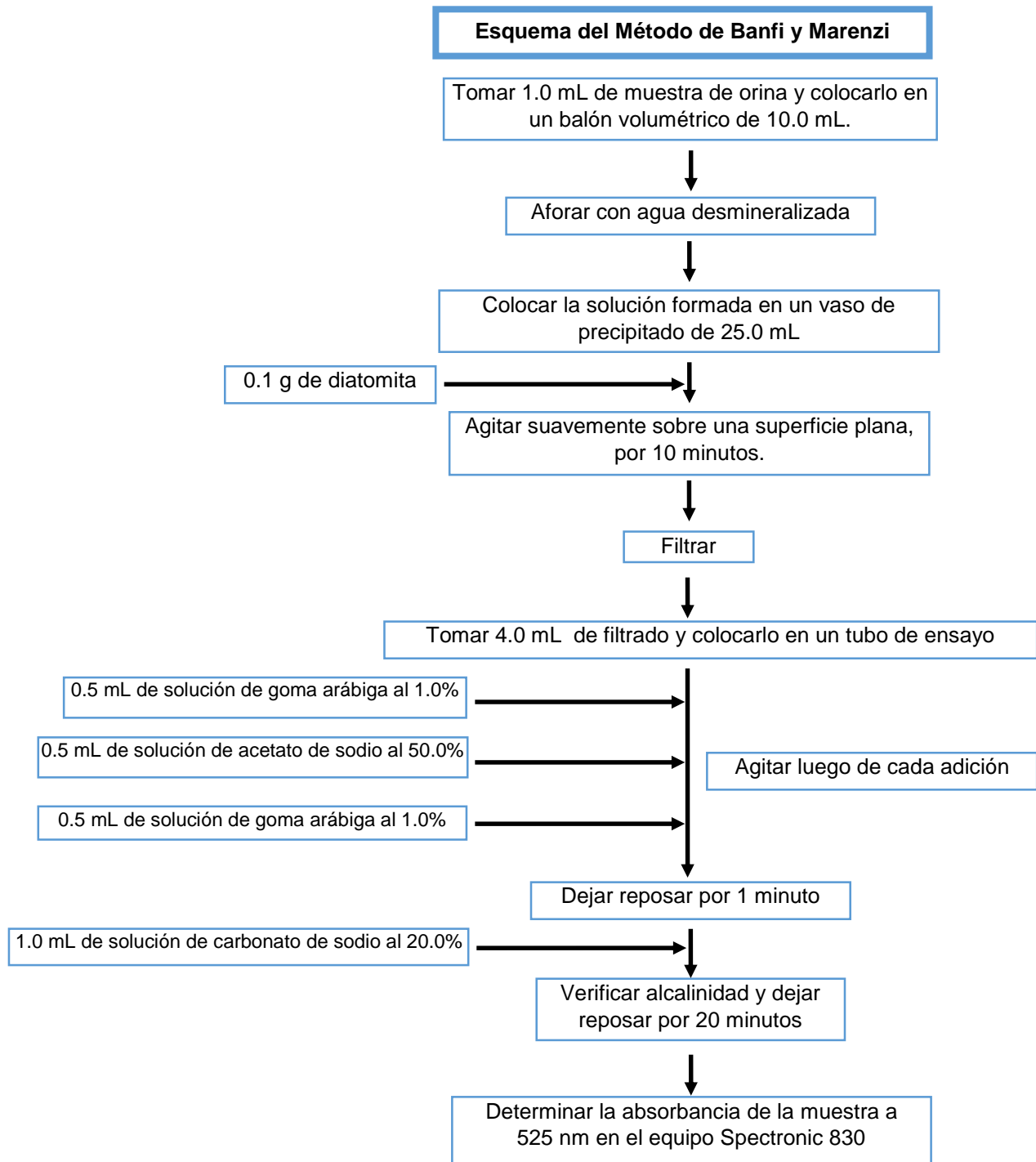


Figura N° 11. Esquema del método de Banfi y Marenzi.

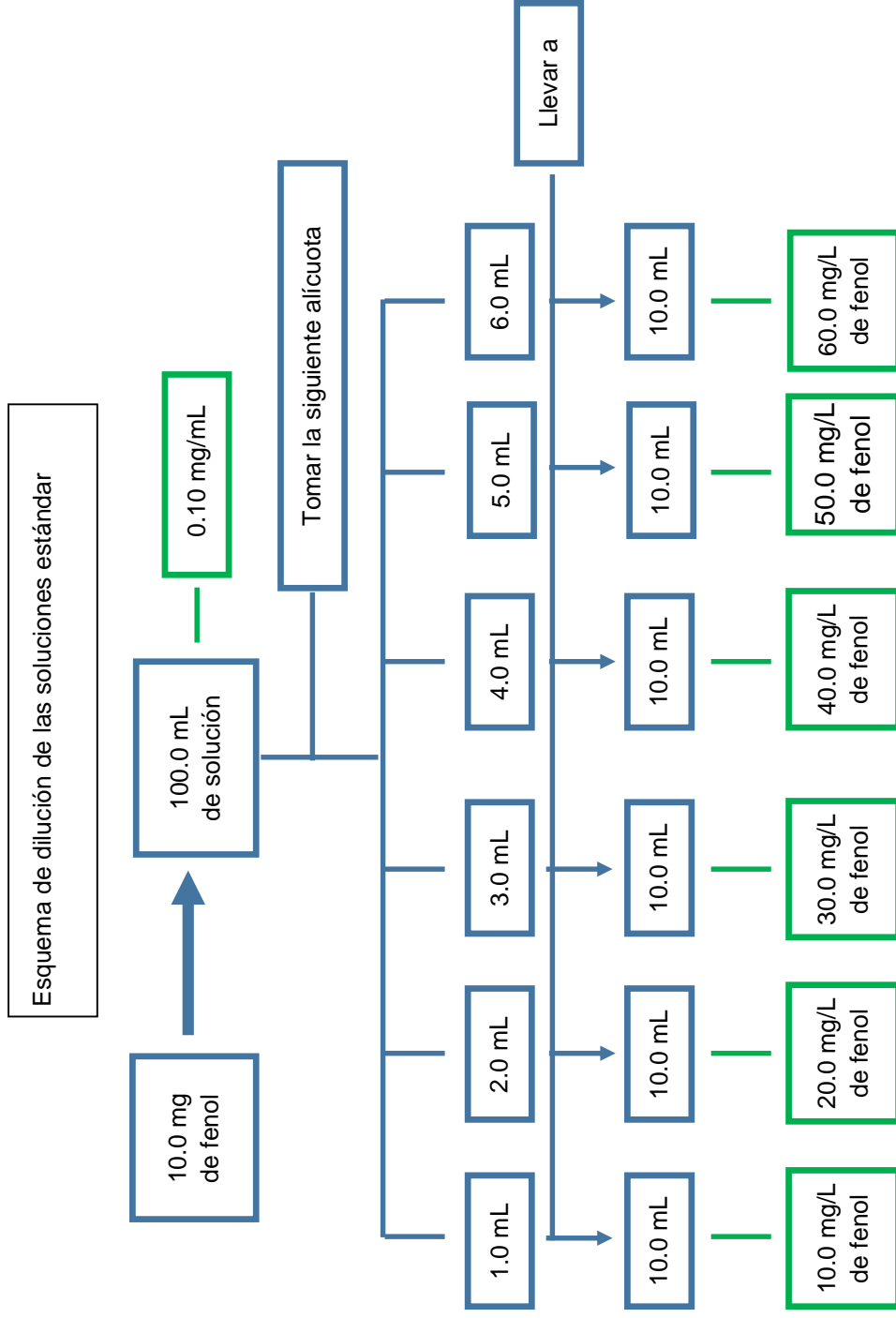


Figura N° 12. Esquema de dilución de las soluciones estándar.

ANEXO N° 6

CALCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE FENOL EN CADA
MUESTRA DE ORINA

PRIMER DIA DE MUESTREO

- INICIO DE LA JORNADA LABORAL

Código de muestra: e01

Absorbancia: 0.072 Densidad: 1.009 g/mL

$$X_{e01} = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.01 - 0.0) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.072 - 0.0}{0.075 - 0.0} \right) = 0.0096 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{e01} = 9.6 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{e01} = 9.6 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.009 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 9.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: e02

Absorbancia: 0.065 Densidad: 1.006 g/mL

$$X_{e02} = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.01 - 0.0) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.065 - 0.0}{0.075 - 0.0} \right) = 0.0087 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{e02} = 8.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{e02} = 8.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.006 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 8.8 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: e03

Absorbancia: 0.085 Densidad: 1.018 g/mL

$$X_{e03} = 0.01 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.02 - 0.01) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.085 - 0.075}{0.145 - 0.075} \right) = 0.0115 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{e03} = 11.5 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{e03} = 11.5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.018 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 11.5 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: c01

Absorbancia: 0.083 Densidad: 1.013 g/mL

$$X_{c01} = 0.01 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.02 - 0.01) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.083 - 0.075}{0.145 - 0.075} \right) = 0.0112 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{c01} = 11.2 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{c01} = 11.2 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.013 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 11.3 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: c02

Absorbancia: 0.072 Densidad: 1.014 g/mL

$$X_{c02} = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.01 - 0.0) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.0712 - 0.0}{0.075 - 0.0} \right) = 0.0097 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{c02} = 9.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{c02} = 9.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.014 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 9.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: c03

Absorbancia: 0.064 Densidad: 1.002 g/mL

$$X_{c03} = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.01 - 0.0) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.064 - 0.0}{0.075 - 0.0} \right) = 0.0086 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{c03} = 8.6 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{e03} = 8.6 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.002 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 8.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

- **FINAL DE LA JORNADA LABORAL**

Código de muestra: e01

Absorbancia: 0.199 Densidad: 1.014 g/mL

$$X_{e01} = 0.02 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.03 - 0.02) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.199 - 0.145}{0.227 - 0.145} \right) = 0.0266 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{e01} = 26.6 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{e01} = 26.6 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.014 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 26.8 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: e02

Absorbancia: 0.159 Densidad: 1.011 g/mL

$$X_{e02} = 0.02 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.03 - 0.02) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.159 - 0.145}{0.227 - 0.145} \right) = 0.0218 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{e02} = 21.8 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{e02} = 21.8 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.011 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 22.0 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: e03

Absorbancia: 0.241 Densidad: 1.019 g/mL

$$X_{e03} = 0.03 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.04 - 0.03) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.241 - 0.227}{0.286 - 0.227} \right) = 0.0325 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{e03} = 32.5 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{e03} = 32.5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.019 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 32.6 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: c01

Absorbancia: 0.077 Densidad: 1.009 g/mL

$$X_{c01} = 0.01 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.02 - 0.01) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.077 - 0.075}{0.145 - 0.075} \right) = 0.0103 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{c01} = 10.3 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{c01} = 10.3 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.009 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 10.4 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: c02

Absorbancia: 0.069 Densidad: 1.002 g/mL

$$X_{c02} = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.01 - 0.0) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.069 - 0.0}{0.075 - 0.0} \right) = 0.0092 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{c02} = 9.2 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{c02} = 9.2 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.002 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 9.4 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: c03

Absorbancia: 0.058 Densidad: 0.998 g/mL

$$X_{c03} = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.01 - 0.0) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.058 - 0.0}{0.075 - 0.0} \right) = 0.0078 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{c03} = 7.8 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{c03} = 7.8 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{0.998 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 8.0 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

SEGUNDO DÍA DE MUESTREO

- INICIO DE LA JORNADA LABORAL

Código de muestra: e01

Absorbancia: 0.080 Densidad: 1.009 g/mL

$$X_{e01} = 0.01 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.02 - 0.01) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.080 - 0.075}{0.145 - 0.075} \right) = 0.0108 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{e01} = 10.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{e01} = 10.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.009 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 10.9 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: e02

Absorbancia: 0.069 Densidad: 1.006 g/mL

$$X_{e02} = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.01 - 0.0) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.069 - 0.0}{0.075 - 0.0} \right) = 0.0093 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{e02} = 9.3 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{e02} = 9.3 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.006 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 9.4 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: e03

Absorbancia: 0.072 Densidad: 1.018 g/mL

$$X_{e03} = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.01 - 0.0) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.072 - 0.0}{0.075 - 0.0} \right) = 0.0097 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{e03} = 9.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{e03} = 9.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.018 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 9.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: c01

Absorbancia: 0.068 Densidad: 0.998 g/mL

$$X_{c01} = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.01 - 0.0) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.068 - 0.0}{0.075 - 0.0} \right) = 0.0091 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{c01} = 9.1 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{c01} = 9.1 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.013 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 9.1 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: c02

Absorbancia: 0.056 Densidad: 1.014 g/mL

$$X_{c02} = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.01 - 0.0) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.056 - 0.0}{0.075 - 0.0} \right) = 0.0075 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{c02} = 7.5 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{c02} = 7.5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.014 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 7.5 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: c03

Absorbancia: 0.050 Densidad: 1.001 g/mL

$$X_{c03} = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.01 - 0.0) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.050 - 0.0}{0.075 - 0.0} \right) = 0.0067 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{c03} = 6.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{c03} = 6.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.001 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 6.8 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

- FINAL DE LA JORNADA LABORAL

Código de muestra: e01

Absorbancia: 0.151 Densidad: 1.009 g/mL

$$X_{e03} = 0.02 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.03 - 0.02) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.151 - 0.145}{0.227 - 0.145} \right) = 0.0208 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{e03} = 20.8 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{e01} = 20.8 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.009 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 21.1 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: e02

Absorbancia: 0.180 Densidad: 1.006 g/mL

$$X_{e02} = 0.02 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.03 - 0.02) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.180 - 0.145}{0.227 - 0.145} \right) = 0.0243 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{e02} = 24.3 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{e02} = 24.3 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.006 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 24.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: e03

Absorbancia: 0.284 Densidad: 1.008 g/mL

$$X_{e03} = 0.03 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.04 - 0.03) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.284 - 0.227}{0.286 - 0.227} \right) = 0.0397 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{e03} = 39.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{e03} = 39.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.008 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 40.3 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: c01

Absorbancia: 0.060 Densidad: 1.013 g/mL

$$X_{c01} = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.01 - 0.0) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.060 - 0.0}{0.075 - 0.0} \right) = 0.0080 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{c01} = 8.0 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{c01} = 8.0 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.013 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 8.0 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: c02

Absorbancia: 0.053 Densidad: 1.014 g/mL

$$X_{c02} = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.01 - 0.0) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.053 - 0.0}{0.075 - 0.0} \right) = 0.0071 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{c02} = 7.1 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{c02} = 6.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1.014 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 6.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Código de muestra: c03

Absorbancia: 0.042 Densidad: 0.967 g/mL

$$X_{c02} = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} + (0.01 - 0.0) \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \left(\frac{0.042 - 0.0}{0.075 - 0.0} \right) = 0.0057 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$X_{c02} = 5.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Corrección de la concentración obtenida de fenol a una densidad relativa de 1.024 g/mL.

$$\text{Concentración corregida}_{c03} = 5.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1.024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{0.967 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 6.0 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Los resultados de todos los cálculos se presentan en el Tabla N° 3.

ANEXO N° 7

CERTIFICADO DE ANALISIS DEL FENOL ESTANDAR



**DROGUERIA
CAPITOL**

PRODUCTO: FENOL (ACIDO FENICO)

CAS: 108-95-2

LOTE: 0260/14

CERTIFICADO DE ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADO
Riqueza (C6H6O)	99,0 %
Punto de congelación (s.p.s.)	>= 39,5 °C
Aspecto de la solución	Conforme ensayo
Residuo fijo	0,05 %
Cloruro	0,005 %
Metales residuales (Pt, Pd)	10 ppm
Agua (H2O)	0,5 %

Los datos del presente certificado de análisis fueron proporcionados por nuestro proveedor.



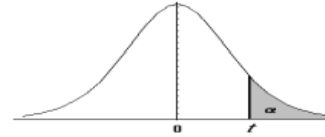
**DROGUERIA
CAPITOL**

Figura N° 13. Certificado de Análisis del fenol estándar utilizado para la preparación de la curva de calibración.

ANEXO N° 8. TABLA DE LA T DE STUDENT

Tabla de la t de Student.

Contiene los valores t tales que $p[T > t] = \alpha$,
donde n son los grados de libertad.



$n \setminus \alpha$	0,30	0,25	0,20	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0025	0,001	0,0005
1	0,7265	1,0000	1,3764	3,0777	6,3137	12,7062	31,8210	63,6559	127,3213	318,3088	636,6192
2	0,6172	0,8165	1,0607	1,8856	2,9200	4,3027	6,9645	9,9250	14,0890	22,3271	31,5991
3	0,5844	0,7649	0,9785	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8408	7,4533	10,2145	12,9240
4	0,5686	0,7407	0,9410	1,5332	2,1318	2,7765	3,7469	4,6041	5,5976	7,1732	8,6103
5	0,5594	0,7267	0,9195	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321	4,7733	5,8934	6,8688
6	0,5534	0,7176	0,9057	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074	4,3168	5,2076	5,9588
7	0,5491	0,7111	0,8960	1,4149	1,8946	2,3646	2,9979	3,4995	4,0293	4,7853	5,4079
8	0,5459	0,7064	0,8889	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554	3,8325	4,5008	5,0413
9	0,5435	0,7027	0,8834	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498	3,6897	4,2968	4,7809
10	0,5415	0,6998	0,8791	1,3722	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693	3,5814	4,1437	4,5869
11	0,5399	0,6974	0,8755	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058	3,4966	4,0247	4,4370
12	0,5386	0,6955	0,8726	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545	3,4284	3,9296	4,3178
13	0,5375	0,6938	0,8702	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123	3,3725	3,8520	4,2208
14	0,5366	0,6924	0,8681	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768	3,3257	3,7874	4,1405
15	0,5357	0,6912	0,8662	1,3406	1,7531	2,1315	2,6025	2,9467	3,2860	3,7328	4,0728
16	0,5350	0,6901	0,8647	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208	3,2520	3,6862	4,0150
17	0,5344	0,6892	0,8633	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982	3,2224	3,6458	3,9651
18	0,5338	0,6884	0,8620	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784	3,1966	3,6105	3,9216
19	0,5333	0,6876	0,8610	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609	3,1737	3,5794	3,8834
20	0,5329	0,6870	0,8600	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453	3,1534	3,5518	3,8495
21	0,5325	0,6864	0,8591	1,3232	1,7207	2,0796	2,5176	2,8314	3,1352	3,5272	3,8193
22	0,5321	0,6858	0,8583	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188	3,1188	3,5050	3,7921
23	0,5317	0,6853	0,8575	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073	3,1040	3,4850	3,7676
24	0,5314	0,6848	0,8569	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7970	3,0905	3,4668	3,7454
25	0,5312	0,6844	0,8562	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874	3,0782	3,4502	3,7251
26	0,5309	0,6840	0,8557	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787	3,0669	3,4350	3,7066
27	0,5306	0,6837	0,8551	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707	3,0565	3,4210	3,6896
28	0,5304	0,6834	0,8546	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633	3,0469	3,4082	3,6739
29	0,5302	0,6830	0,8542	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564	3,0380	3,3962	3,6594
30	0,5300	0,6828	0,8538	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500	3,0298	3,3852	3,6460
40	0,5286	0,6807	0,8507	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045	2,9712	3,3069	3,5510
80	0,5265	0,6776	0,8461	1,2922	1,6641	1,9901	2,3739	2,6387	2,8870	3,1953	3,4163
120	0,5258	0,6765	0,8446	1,2886	1,6576	1,9799	2,3578	2,6174	2,8599	3,1595	3,3735
∞	0,5244	0,6745	0,8416	1,2816	1,6449	1,9600	2,3263	2,5758	2,8070	3,0902	3,2905

Figura N° 14. Tabla de la t de Student ⁽²⁸⁾

ANEXO N° 9
PREPARACION DE SOLUCIONES,
CRISTALERIA, MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPO UTILIZADO

Solución de Goma arábica al 1.0% (p/p) ⁽¹⁰⁾

Procedimiento para la preparación de 70.0 g de solución:

1. Rotular un vaso de precipitado con capacidad de 100.0 mL.
2. Pesar exactamente 0.7 g de Goma Arábica en papel glassin de tamaño adecuado.
3. Pesar 69.3 g de Agua desmineralizada en otro vaso de precipitado, previamente rotulado.
4. Agregar al vaso de precipitado de 100.0 mL, previamente rotulado en el paso 1, aproximadamente 50.0 mL del Agua desmineralizada ya pesada.
5. Añadir al vaso de precipitado la cantidad pesada de goma arábica, poco a poco y con agitación mecánica constante.
6. Agitar mecánicamente hasta la incorporación completa del soluto.
7. Agregar el remanente de Agua desmineralizada pesada.
8. Agitar de forma mecánica para la homogenización de la solución.
9. Envasar esta solución en el frasco donde de almacenamiento, previamente rotulado.
10. Tapar el frasco.
11. Almacenar esta solución en un ambiente fresco.
12. Homogenizar esta solución antes de cada uso.

Solución de Acetato de sodio al 50.0% (p/p) ⁽¹⁰⁾

Procedimiento para la preparación de 70.0 g de solución:

1. Pesar exactamente 35.0 g de Acetato de Sodio en un vaso de precipitado de 100.0 mL, previamente rotulado.

2. Pesar 35.0 g de Agua desmineralizada en un vaso de precipitado de 50.0 mL, previamente rotulado.
3. Agregar al vaso de precipitado donde se pesó la sal, poco a poco y con agitación mecánica, la cantidad de Agua desmineralizada necesaria para su disolución.
4. Homogenizar, mezclando mecánicamente.
5. Envasar esta solución en el frasco de almacenamiento, previamente rotulado.
6. Tapar el frasco.
7. Almacenar esta solución en un ambiente fresco.
8. Homogenizar esta solución antes de cada uso.

Solución de p-nitroanilina diazotada ⁽¹⁴⁾.

Procedimiento para la preparación de 5.0 mL de solución:

1. Rotular un vaso de precipitado de 10.0 mL como "A".
2. Colocar 0.038 g de para nitro anilina en el vaso de precipitado "A".
3. Agregar 1.25 mL de agua desmineralizada en el vaso "A".
4. Agitar mecánicamente hasta homogenizar.
5. Agregar 5 gotas de ácido sulfúrico concentrado al vaso "A".
6. Agitar mecánicamente de manera suave, hasta homogenizar.
7. Colocar el vaso "A" en baño de hielo.
8. En un vaso de precipitado de 10.0 mL rotulado como "B", colocar 1.25 mL de solución de nitrito de sodio al 10%.
9. Colocar el vaso "B" en baño de hielo.
10. En un tercer vaso de precipitado de 10.0 mL rotulado como "C", pesar 0.125 g de β -naftol.
11. Agregar al vaso "C" 2.5 mL de solución de hidróxido de sodio al 10%.

12. Agitar mecánicamente hasta homogenizar la solución.
13. Colocar el vaso "C" en baño de hielo.
14. Mantener los vasos de precipitado en baños de hielo por 5 minutos.
15. Agregar lentamente y con agitación mecánica constante, el contenido del vaso "B" al contenido del vaso "A".
16. Agregar lentamente y con agitación mecánica constante la solución del vaso "C" al contenido del vaso "A".
17. Mantener la solución formada en baño de hielo.

Solución de Nitrito de Sodio al 10% (p/p) ⁽¹⁰⁾.

Procedimiento para la preparación de 25.0 g de solución.

1. Pesar exactamente 2.5 g de Nitrito de Sodio en un vaso de precipitado de 30.0 mL, previamente rotulado.
2. Pesar 33.5 g de Agua desmineralizada en un vaso de precipitado de 30.0 mL previamente rotulado.
3. Agregar al vaso de precipitado donde se encuentra pesada la sal, poco a poco y con agitación mecánica, el agua desmineralizada pesada.
4. Agitar mecánicamente hasta la completa incorporación.
5. Envasar esta solución en el frasco de almacenamiento, previamente rotulado.
6. Tapar el frasco.
7. Almacenar la solución en un ambiente fresco.
8. Homogenizar la solución antes de cada uso.

Solución de Carbonato de sodio al 20.0% (p/p) ⁽¹⁰⁾.

Procedimiento para la preparación de 150.00 g de solución.

1. Pesar exactamente 30.0 g de Carbonato de Sodio (Hacer la compensación de pureza de ser necesario), en un vaso de precipitado de 250.0 mL, previamente rotulado.
2. Pesar 120.0 g de Agua desmineralizada en un vaso de precipitado de 250.0 mL previamente rotulado.
3. Agregar al vaso de precipitado que contiene la sal, poco a poco y con agitación mecánica, una cantidad de agua desmineraliza necesaria para disolver el soluto.
4. Agitar mecánicamente hasta la completa incorporación.
5. Agregar el remanente de agua pesada.
6. Homogenizar, mezclando mecánicamente.
7. Envasar esta solución en el frasco de almacenamiento previamente rotulado.
8. Tapar el frasco.
9. Almacenar esta solución en un ambiente fresco.
10. Homogenizar esta solución antes de cada uso.

Solución de Hidróxido de sodio al 10% (p/p) ⁽¹⁰⁾.

Procedimiento para la preparación de 50.0 g de solución:

1. Pesar exactamente 5.0 g de Hidróxido de Sodio en perlas, en un vaso de precipitado de plástico de 50.0 mL, previamente rotulado.
2. Pesar 45.0 g de Agua desmineralizada libre de CO₂ en un vaso de precipitado de 50.0 mL, previamente rotulado.

3. Agregar al vaso de precipitado donde se encuentra pesada la sal, poco a poco y con agitación mecánica, la cantidad de Agua desmineralizada pesada.
4. Agitar mecánicamente hasta la completa incorporación.
5. Envasar esta solución en el frasco de almacenamiento de plástico, previamente rotulado.
6. Tapar el frasco.
7. Almacenar esta solución en un ambiente fresco.
8. Homogenizar esta solución antes de cada uso.

NOTA: la preparación del Agua desmineralizada libre de CO₂ se realiza hirviendo por 5 minutos y dejando enfriar en un sistema cerrado.

Cristalería, materiales, reactivos y equipo utilizado para el tratamiento de las muestras ⁽⁵⁾.

Cristalería

Balones volumétricos de 10.0 mL.

Piseta con agua desmineralizada.

Pipeta volumétrica de 1.0 mL.

Vaso de precipitado de 25.0 mL

Agitadores de vidrio.

Tubos de ensayo.

Pipeta volumétrica de 5.0 mL.

Pipetas Mohr de 1.0 mL.

Embudo pequeño.

Materiales

Viñetas.

Rotulador.

Papel glassin.

Papel parafilm.

Cronómetro.

Papel filtro poro fino.

Gradilla para tubos.

Reactivos.

1.0 mL de muestra de orina.

Agua desmineralizada.

0.1 g de Diatomita.

0.5 mL de Goma arábica al 1.0%

0.5 mL de Acetato de sodio al 50.0%

0.5 mL de para nitro anilina diazotada.

1.0 mL de carbonato de sodio al 20.0%.

Equipo

Balanza semi analítica.

Spectronic 830 PLUS.

Cristalería, materiales, reactivos y equipo utilizado para la preparación de la curva estándar ⁽⁵⁾.

Cristalería

Vaso de precipitado de 25.0 mL.

Agitador de vidrio.

Balón volumétrico de 100.0 mL.

Balones volumétricos de 10.0 mL
Pipetas volumétricas de 1.0, 2.0 y 5.0 mL
7 tubos de ensayo.
Pipetas Mohr de 1.0 mL.

Materiales

Viñetas.
Rotulador.
Papel glassin.
Papel parafilm.
Cronómetro.
Papel filtro de poro fino.
Gradilla para tubos.

Reactivos.

Fenol estándar.
Agua desmineralizada.
3.5 mL de Goma arábica al 1.0%
3.5 mL de Acetato de sodio al 50.0%
3.5 mL de para nitro anilina diazotada.
7.0 mL de carbonato de sodio al 20.0%.

Equipo

Balanza semi analítica.
Spectronic 830 PLUS.