

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, LEÓN.**

**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS**

**MEDICINA**



**Tesis para optar al título de Doctor en medicina y cirugía**

*Relación entre la exposición a compuestos orgánicos volátiles (COVs) de la gasolina y el desempeño en pruebas de función nerviosa en los trabajadores de las gasolineras de la ciudad de León y Chinandega, Nicaragua.*

**AUTORES:**

*Br. Daniel Enrique Sorto Centeno.*

*Br. Wendeell Sebastián Sevilla Torrez.*

**TUTORES**

- *Dr. Luis Blanco*  
*PhD en Medicina Ocupacional y ambiental.*

*Profesor titular.*

- *Dra. Teresa Rodríguez*  
*PhD en Medicina Ocupacional y Ambiental.*

*Profesora titular.*

***León, Diciembre del 2020***

***¡A la libertad por la Universidad!***

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, LEÓN.  
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS**



**Tesis para optar al título de Doctor en medicina y cirugía**

*Relación entre la exposición a compuestos orgánicos volátiles (COVs) de la gasolina y el desempeño en pruebas de función nerviosa en los trabajadores de las gasolineras de la ciudad de León y Chinandega, Nicaragua.*

**AUTORES:**

*Br. Daniel Enrique Sorto Centeno.*

*Br. Wendeell Sebastián Sevilla Torrez.*

**TUTORES**

- *Dr. Luis Blanco*  
*PhD en Medicina Ocupacional y ambiental.*

*Profesor titular.*

- *Dra. Teresa Rodríguez*  
*PhD en Medicina Ocupacional y Ambiental.*

*Profesora titular.*

***León, Diciembre del 2020  
¡A la libertad por la Universidad!***

## Resumen

**Objetivo:** Determinar la relación entre la exposición a compuestos orgánicos volátiles de la gasolina y el desempeño de la función nerviosa entre los trabajadores de las gasolineras de la ciudad de León y Chinandega.

**Metodología:** Se realizó un estudio de corte transversal analítico en trabajadores de las gasolineras de las ciudades de León y Chinandega. Se aplicaron pruebas neuroconductuales para evaluar el dominio cognitivo, motor y sensorial de la población y un cuestionario subjetivo de toxicidad. También, se midieron los niveles de compuesto orgánicos volátiles totales (COVs) en las gasolineras.

**Resultado:** El 85% de la población es del sexo masculino, con nivel de educación de secundaria, el 45% es mayor de 30 años de edad y el 23% hace uso de sustancias psicoactivas. El 24% han trabajado más de 5 años, el 76% de los trabajadores labora de operador de bomba. Casi el 80% de los trabajadores de las gasolineras presentaron una exposición mayor de 1 ppm a COVs, los de mayor exposición presentaron un menor desempeño en la evaluación neurológica, la relación fue estadísticamente significativa en el área cognitiva (prueba de fluidez verbal NA  $P=0.05$ ; Palabras con F  $P=0.01$ ), Cognitiva – motor (Prueba de reacción simple  $P=0.03$ ) y dominio motor (fuerza de agarre  $P=0.03$ ). El 17% de los trabajadores presentaron síntomas subjetivos de toxicidad, del cual el 80% pertenece a los que laboran de operadores de bomba.

**Conclusión:** Existe correspondencia entre las alteraciones de la función nerviosa de los trabajadores y la exposición a los compuesto orgánicos volátiles de la gasolina. Los trabajadores con mayor exposición a COVs presentaron menor desempeño en la evaluación neurológica. Los operadores de bomba son los más afectados respecto a los del personal administrativos.

**Palabras claves:** COVs, efectos cognitivos, efectos motores, efectos neurológicos, trabajadores de gasolineras.

## **Dedicatoria**

*Dedico este trabajo investigativo muy especialmente a:*

*A Dios, por iluminarnos y brindarnos sabiduría en todo nuestro camino de formación como profesionales.*

*A nuestros padres, por su apoyo incondicional durante toda nuestra carrera y durante la realización de este trabajo.*

## **Agradecimiento**

- ❖ *Al doctor Luis Blanco, por su docencia, apoyo metodológico y tutoría de este trabajo.*
- ❖ *A la Dra. Teresa Rodríguez, por su docencia, apoyo metodológico/clínico y tutoría de este trabajo.*
- ❖ *Al personal laboral de las distintas gasolineras, por su colaboración, al ser parte de nuestro estudio.*

### ***Muy especialmente a:***

- ❖ *Al Centro de Investigación en Salud, Trabajo y Ambiente, CISTA, de la Facultad de Ciencias Médicas, UNAN – León, por facilitar el acceso del equipo, que fue requerido en tiempo y forma, para la realización de nuestro trabajo.*

## **Índice:**

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Introducción.....                | 1 |
| Antecedentes .....               | 2 |
| Planteamiento del Problema ..... | 4 |
| Justificación.....               | 5 |
| Hipótesis .....                  | 6 |
| Objetivos .....                  | 7 |

## **Marco Teórico:**

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| • Gasolina.....                  | 8  |
| • Componente de la gasolina..... | 9  |
| • Benceno, tolueno y xileno..... | 10 |
| • Daños a la salud.....          | 11 |
| • Valores de exposición .....    | 12 |
| • Sistema nervioso central.....  | 19 |
| • Neurotoxicidad.....            | 20 |
| • Pruebas neuroconductuales..... | 21 |
| Diseño metodológico.....         | 22 |
| Resultados.....                  | 28 |
| Discusión.....                   | 33 |
| Conclusión.....                  | 36 |
| Recomendaciones.....             | 37 |
| Bibliografía .....               | 38 |

## **Anexos:**

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| • Cuestionario de datos básicos.....       | 43 |
| • Prueba del domino cognitivo.....         | 45 |
| • Prueba del dominio cognitivo-motor.....  | 46 |
| • Prueba del dominio motor.....            | 47 |
| • Cuestionario subjetivo de toxicidad..... | 48 |
| • Consentimiento informado.....            | 50 |

## Introducción

La gasolina figura en la Lista de sustancias peligrosas del Derecho a Saber y en la lista de sustancias extremadamente perjudiciales para la salud<sup>(1)</sup>. Dentro de sus componentes figuran: hidrocarburos como la parafina, cicloparafinas, Ciclopentano, ciclohexano y ciclobencénicos (tolueno, dimetilbenceno y xileno), metilísimo (CH<sub>3</sub>) y en algunos casos plomo. El estudio de la exposición laboral de los trabajadores de estaciones de servicio a compuestos orgánicos volátiles se basa principalmente en el control del tiempo y cantidad de inhalación de vapores de gasolina.<sup>(2)</sup>

Los daños que la gasolina puede producir en la salud personal al inhalarla y al pasar a través de la piel o mucosas pueden ser: daño ocular, efectos en el sistema respiratorio, efectos en el sistema nervioso y es considerada un carcinógeno; representa también un riesgo en la salud reproductiva ya que puede dañar al feto en desarrollo y afectar la fertilidad femenina; el contacto puede irritar y quemar la piel. Uno de los componentes como es el benceno tiene una repercusión en el sistema nervioso, pues la inhalación de altas concentraciones de este puede tener un efecto de estimulación inicial, seguido por un periodo de depresión, o fatiga, sensación de opresión torácica, y en última instancia causa pérdida de conciencia.<sup>(1)</sup>

La exposición a diferentes agentes neurotóxicos puede provocar la aparición de síntomas neurovegetativos y del comportamiento antes de que exista algún signo de disfunción detectable con métodos objetivos. Los trabajadores expuestos a sustancia neurotóxicas principalmente los de países subdesarrollados tienen un alto riesgo de exposición, debido al bajo desarrollo y deficiencia del conocimiento del riesgo involucrado.<sup>(2)</sup>

Con este estudio se determinó la relación entre la exposición constante a compuesto orgánicos volátiles de la gasolina y las alteraciones en la función nerviosa de los trabajadores de las gasolineras de las ciudades de León y Chinandega.

## Antecedentes

Decenas de trabajadores están expuestos a la contaminación ocasionada por neurotóxicos en países en vías de desarrollo. En Nicaragua están particularmente expuestos a alto riesgo debido al bajo desarrollo tecnológico y deficiencia del conocimiento del riesgo involucrado.<sup>(2)</sup> El problema se agrava debido, por una parte, a la falta de información sobre los riesgos que presentan estas sustancias y las medidas de seguridad que deben adoptarse durante su uso, y por otro lado al exceso de confianza, que hace abstracción del peligro cuando se trata de exposiciones a pequeñas dosis de tóxico.<sup>(3)</sup>

En un estudio en trabajadores expuestos a tolueno en una empresa mexicana de autopartes, participaron 20 trabajadores de una empresa dedicada a la fabricación y venta de empaques para motores (10 expuestos y 10 no expuestos). Todos los trabajadores estudiados fueron del sexo masculino, con un promedio de edad de 32,3 años. Se utilizó el cuestionario de síntomas subjetivos de toxicidad. Los expuestos tenían un tiempo promedio de exposición de 6,6 años. En los resultados se obtuvo que el 40% de los expuestos fueron detectados por el PSICOTOX como tipo 4, es decir con patología asociada a neurotóxicos y que la población expuesta a neurotóxicos tiene mucho mayores efectos negativos que la no expuesta.<sup>(3)</sup>

Se realizó un estudio en Ecuador con la finalidad de evaluar el riesgo para salud asociado a la exposición a BTEX (Benceno; Tolueno; etilbenceno y xileno) en 17 de las 80 gasolineras urbanas de Quito. Se registró una concentración en aire de 117.2 $\mu\text{m}/\text{m}^3$  de benceno, 97 $\mu\text{m}/\text{m}^3$  de tolueno y 27.9 $\mu\text{m}/\text{m}^3$  de etilbenceno. Las concentraciones promedio de las estaciones de servicio comerciales fueron de 13.4 $\mu\text{m}/\text{m}^3$  de benceno, 23.7 $\mu\text{m}/\text{m}^3$  de Tolueno y 7.8 $\mu\text{m}/\text{m}^3$  de etilbenceno. -El Benceno representó un 76% de peligrosidad para causar efectos adversos (principalmente cancerígenos) para la salud. El riesgo es de 4 a 15 veces superior al admisible, (1 entre 1mill) en las estaciones comerciales y de 26 a 80 veces superior al admisible en la estación industrial.<sup>(4)</sup>



Un estudio realizado en 2016 en una fábrica de calzado de León, Nicaragua. Se determinó que los trabajadores con más exposición a los BTX presentaron menor desempeño en las pruebas neuroconductuales. Las pruebas de alteración neuroconductual más afectadas fueron las de dominio cognitivo y velocidad motora-concentración (tiempo de reacción simple). Ninguno de los trabajadores usaba equipo de protección. <sup>(5)</sup>

Una encuesta por entrevista basado en la sección transversal en 11 estaciones de servicio en Bangkok, Tailandia de 145 trabajadores de gasolineras, 83 hombres y 42 mujeres, mayores de 18 años, con el fin de determinar los niveles de benceno en sangre y los riesgos que esto provoca en la salud, donde los síntomas más frecuentes fueron dolor de cabeza, mareos y fatiga en 33,7 %, 24,6 % y 19,5 %, respectivamente. Lo que representa un daño a nivel del sistema nervioso central. <sup>(6)</sup>

En el 2014, se llevó a cabo un estudio donde participaron industrias dedicadas a actividades relacionadas a la pintura, metalmecánica y laboratorio farmacéutico; algunos de los trabajadores refirieron tener contacto con sustancias como la gasolina en algunas ocasiones. Dentro del grupo se evaluaron las medidas de higiene encontrándose los siguientes resultados: 93.33% hace uso de uniforme, un 38.33% ingiere alimentos en el área de trabajo, el 81.67% no se ducha al finalizar la jornada de trabajo, un 88.33% hace uso de guantes. En relación a las manifestaciones neurológicas presentaban alteración en un 81.67% de la población. Se evaluó el valor de ácido hipúrico y se encontró que tan sólo 1 trabajador (1.7%) sobrepasaba el valor permisible post exposición. <sup>(7)</sup>

En un estudio realizado en el 2010 en Paris, Francia, se determinó la asociación del escaso rendimiento cognitivo y la exposición ocupacional a largo plazo a los disolventes. Dicho estudio reveló, que hay un mayor riesgo de tener un pobre rendimiento cognitivo en las personas con exposición alta al benceno. Estos resultados sugieren que la exposición ocupacional a disolventes orgánicos puede asociarse más tarde en la vida del trabajador a deterioro cognitivo, incluso después de tomar en cuenta los efectos de la educación, grado del empleo y numerosos factores de salud. <sup>(8)</sup>

## Planteamiento del problema

La gasolina puede afectar al cuerpo humano al ser inhalada o al contacto con la piel, su exposición alta o continua puede ocasionar problemas en los pulmones y las vías respiratorias, en la piel, en el sistema nervioso central, en los riñones y un aumento en el riesgo a desarrollar cáncer. <sup>(9)</sup>

El riesgo intrínseco de la gasolina para la salud humana es alto debido a su gran volatilidad. La vía de entrada inhalatoria es la más importante en la exposición laboral, siendo la población más expuesta los operadores de bombas que laboran en las gasolineras, ya que el tiempo de exposición es largo y continuo, y puede producir afectaciones respiratorias, de la piel y sobre todo en el sistema nervioso central. La exposición de esta sustancia por parte de las personas que laboran en las bombas de las gasolineras es alta y continua, y debería ser evaluada constantemente para identificar los daños orgánicos que detectándose a tiempo se pueden revertir o preferiblemente prevenir. <sup>(2)</sup>

La falta de información con respecto a las repercusiones en la salud ocasionadas por la gasolina es el principal motivo por el cual tanto los trabajadores como los empleadores de las gasolineras no ven necesario el uso de medidas preventivas ni chequeos mensuales que eviten la aparición de enfermedades. Es por esto por lo que es de interés darnos cuenta del efecto que está causando la inhalación de gasolina en esta población ya que con el conocimiento podemos provocar una reflexión que los conduzca a tomar medidas que disminuyan la exposición. <sup>(2,9)</sup>

Por lo cual nos hemos plantado la siguiente pregunta:

¿Cuál es la relación entre la exposición a gasolina y la función nerviosa en los trabajadores de las gasolineras de la ciudad de León y Chinandega?

## **Justificación**

En nuestro país no existen evidencias de que se haga de forma rutinaria los controles mensuales para evaluar la salud de los operadores de bombas de las gasolineras, ya que se desconoce sus repercusiones; teniendo en cuenta que algunas de estas sustancias pueden entrar en contacto directo con los seres humanos al disolverse en el aire, estas representan un riesgo potencial que amenaza el bienestar físico y mental de los trabajadores.

Con nuestro estudio se evaluó si esta exposición está afectando la función nerviosa de esta población, con la intención de que conociendo el problema se tomen las medidas necesarias de prevención, evitando así que esta parte de la población siga sufriendo los efectos nocivos que esta puede ocasionarles.

Del mismo modo, conocer los factores determinantes de la exposición es útil para promover las prácticas positivas (que disminuyen la exposición) y establecer estrategias para controlar las negativas (que aumentan la exposición).

## **Hipótesis**

- Cuanto mayor sea la actividad laboral, mayor es el número de alteración en la función nerviosa de los trabajadores.
- A mayor exposición de compuestos orgánicos volátiles en el aire, menor será el desempeño en las pruebas cognitivas y motoras, y mayor será la frecuencia de síntomas subjetivos de neurotoxicidad.

# **Objetivos**

## **Objetivo General**

Determinar la relación entre la exposición a compuestos orgánicos volátiles de la gasolina y el desempeño de la función nerviosa entre los trabajadores de las gasolineras de la ciudad de León y Chinandega.

## **Objetivos específicos**

1. Describir a la población de estudio en base a los datos sociodemográficos y la historia laboral.
2. Estimar los niveles de exposición a los compuestos orgánicos volátiles de la gasolina.
3. Evaluar las dimensiones cognitivas, motora y afectiva de la función nerviosa entre los sujetos de estudio.
4. Establecer la relación entre la historia de exposición laboral a los vapores de gasolina y el desempeño en las pruebas de función nerviosa.

## Marco teórico

### 1. Gasolina

#### 1.1 Definición:

La gasolina es una mezcla de hidrocarburos líquidos transparente con olores característicos, inflamables y volátiles con un intervalo de ebullición de 100 a 150 predominando las parafinas (hidrocarburos alifáticos). Tiene una densidad de 680 g/L, un litro de gasolina, tiene una energía de 34.78 megajulios, aproximadamente un 10% menos que el gasoil. La gasolina a menudo tiene plomo y benceno se emplea como combustibles motores de combustión interna, por compresión y disolvente.<sup>(10)</sup>

#### 1.2 Clasificación de la gasolina según el proceso de elaboración:

**Gasolina regular:** gasolina que entre otras características el número de octanos por el método pesquisa (RON) es 88/91 como mínimo y además no contiene plomo como aditivo para aumentar esta propiedad, pero contiene cantidades inherentes de plomo en un máximo de 0,013 g Pb/L de combustible.

**Gasolina superior:** gasolina que entre otras características el número de octanos por el método pesquisa (RON) es 95 como mínimo y además no contiene plomo como aditivo para aumentar esta propiedad, pero contiene cantidades inherentes de plomo en un máximo de 0,013 g Pb/L de combustible<sup>(12)</sup>.

#### 1.3 Componentes de la gasolina:

Los principales componentes son un amplio grupo de compuestos hidrocarbonados, cuyas cadenas contiene 10 a 11 átomos de carbono (C10-C11). Podemos encontrar casi todos los compuestos hidrocarbonados que sean teóricamente posibles, como parafínicos, naftenos, aromáticos y olefinicos) al menos en pequeños porcentajes.

La fracción principal, sin embargo, va a estar formada por pocos componentes y con muchas ramificaciones, que son los que van a aumentar el octanaje. <sup>(12)</sup> Tienen componentes hidrocarbonados de C4 a C10 y una temperatura de destilación de entre 30 y 200°C. De C5 a C9 predominan las 2 metilisómero (CH3) como sustituyente. La gasolina contiene más de 150 sustancias químicas incluyendo pequeñas cantidades de benceno, tolueno, xileno y, en ocasiones, plomo; se evapora rápidamente y forma mezclas explosivas con el aire. <sup>(13)</sup>

Existen, sin embargo, una serie de reglas generales:

Dentro de una fracción gasolina, los 4 tipos de componentes que pueden estar presentes son:

- Parafinas normales o ramificadas
- Ciclopentano
- Ciclohexano
- Benceno y sus derivados

Los agentes químicos de mayor interés toxicológico procedentes de la composición de los carburantes son: Benceno, Tolueno, Xilenos, n-hexano. Otros agentes químicos que pueden estar presentes son los procedentes de la combustión: monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre. Estos se consideran de poca relevancia en esta situación de trabajo. <sup>(14)</sup>

#### **1.4 Usos del benceno, tolueno y xileno:**

El benceno se usa ampliamente en la industria, en la producción de compuestos químicos como el etilbenceno, ciclohexano, nitrobenceno; producción de medicinas, derivados como la anilina y el fenol; usado en las industrias de pinturas y barnices; como disolvente de gomas, hules; en la mezcla de combustibles para motores, en la extracción de grasas y aceites. <sup>(15)</sup>

En muchos de los usos del benceno, incluyendo su manufactura, la oportunidad de un escape como vapor sólo debe ser el resultado de un accidente, y en estos casos, cuando la exposición es severa, se puede producir una intoxicación aguda por benceno. <sup>(16)</sup>

Cuando el benceno se emplea como disolvente, en líquidos para lavado en seco, o como vehículo para pinturas, se permite que este hidrocarburo se evapore en la atmósfera del local de trabajo. Si es inadecuada la ventilación del local, la inhalación continua o repetida de los vapores de benceno puede conducir a una intoxicación crónica. <sup>(15,16)</sup>

La exposición laboral a benceno ha quedado actualmente restringida a los procesos químicos en los que el benceno se utiliza como reactivo, a ciertas operaciones en refinerías y a los trabajadores de gasolineras en las que no se aplican medidas de protección a la exposición durante la carga del carburante. Sin embargo, la exposición ambiental al mismo se puede considerar importante, dada su relativamente elevada presencia residual en el aire urbano, proveniente de otras fuentes. <sup>(17)</sup>

El benceno fue descubierto y producido a partir del alquitrán en el siglo XIX. En la actualidad la fuente de producción de éste es a partir del petróleo, sin embargo, podemos encontrar otras fuentes como son las emisiones volcánicas, los incendios forestales, la gasolina y el humo de los cigarrillos; contribuyendo todos ellos a la presencia de benceno en el medio ambiente. Así como se puede encontrar en el agua también puede hacerlo en el suelo, pero no tiene característica de acumularse en las plantas ni en los animales. <sup>(15,16)</sup>

Las concentraciones a las cuales el benceno puede ser detectado por una persona son:

| En el aire                                                              | En el agua     |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 60 ppm*                                                                 | 0.5 y 4.5 ppm* |
| <b>*ppm: 1 parte por millón, es equivalente a 1 gota en 40 galones.</b> |                |

Se reconocen como principales fuentes de benceno en el ambiente aquellas de origen industrial, de esta manera se puede encontrar que los niveles de benceno en el aire podrían verse aumentados por las emisiones generadas por la combustión de carbón y petróleo, estando así involucrados las emisiones de los tubos de escape de los automóviles y la evaporación de gasolina en las estaciones de servicio. <sup>(15)</sup>



El tolueno es utilizado en la fabricación de pintura, diluyentes de pintura, barnices de uñas, lacas, adhesivos, y gomas. También se le puede encontrar en ciertos procesos de imprenta y curtido de cuero. <sup>(18)</sup>

Los usos del xileno corresponden a los siguientes: como disolvente en la imprenta, industrias de caucho y cuero, se usa como agente de limpieza, diluyente de pintura, y en pequeñas cantidades se encuentra en el combustible de aviones y en la gasolina. <sup>(19)</sup>

## **2. Daños para la salud de la gasolina.**

### **A nivel general:**

#### **En el sistema respiratorio:**

Irritación de vías respiratorias y pulmonares si hay una exposición prolongada, tos.

#### **En el sistema nervioso:**

Mareo, cefaleas, náuseas, somnolencia, visión borrosa y confusión mental. Se pueden dar neuropatías debidas al n-hexano posiblemente potenciado por los hidrocarburos.

#### **En la piel:**

Irritación por contacto breve. Deshidratación, eritema y dermatosis por contacto repetido y prolongado.

#### **En los ojos:**

Pequeñas irritaciones y escozor/dolor por los gases o salpicaduras. <sup>(18)</sup>

El efecto producido por la exposición va en dependencia del tiempo durante el cual se ha expuesto la persona, en los casos de exposición aguda, por lo general en aquellos donde se exponen a altos niveles de benceno debido a un accidente laboral, se ha descrito que se produce alteración a nivel del sistema nervioso central caracterizado en primer lugar por una excitación que posteriormente pasa a depresión determinada por cefalea, fatiga, parestesia de las manos y los pies, vértigo y afasia. <sup>(16,17)</sup>

El siguiente cuadro da una referencia del daño que puede generarse a nivel sistémico en relación con la cantidad de benceno en el ambiente o a la que se expone la persona, así como al tiempo de exposición: <sup>(18)</sup>

| <b>Concentración de Benceno</b>                           | <b>Efecto</b>                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4,8-15 mg/m <sup>3</sup><br><b>(1,5-4,7 ppm)</b>          | Detección de olor (La alerta por el olor es insuficiente).                                                |
| 160-479 mg/m <sup>3</sup><br><b>(50-150 ppm)</b>          | Exposiciones de 5 horas a esta concentración pueden causar dolor de cabeza, desfallecimiento y debilidad. |
| 1597 mg/m <sup>3</sup><br><b>(500 ppm)</b>                | Exposiciones de 60 minutos a esta concentración pueden conducir a síntomas de enfermedad.                 |
| 2236-9583 mg/m <sup>3</sup><br><b>(700-3000 ppm)</b>      | Puede causar somnolencia, mareos, taquicardia, dolor de cabeza, temblores, confusión e inconsciencia.     |
| A partir de 9583 mg/m <sup>3</sup><br><b>(3000 ppm)</b>   | Puede provocar envenenamiento agudo, caracterizado por la acción narcótica del benceno en el SNC.         |
| 23957 mg/m <sup>3</sup><br><b>(7500 ppm)</b>              | Exposiciones de 30 minutos a esta concentración pueden ser fatales.                                       |
| 31943-63886 mg/m <sup>3</sup><br><b>(10000-20000 ppm)</b> | Exposiciones de 5 a 10 minutos a esta concentración puede provocar la muerte.                             |

En cuanto a la intoxicación crónica, se caracteriza por afectación de la médula ósea, viéndose así alterada la hematopoyesis expresándose como pancitopenia, anemia aplásica y en última instancia se encuentra la leucemia; por esta última el benceno ha sido clasificado como cancerígeno de primera categoría, esto a partir de datos epidemiológicos encontrados. <sup>(17,18)</sup>

De manera general esta familia de compuestos (BTEX) se conoce son agentes neurotóxicos, cuando hay una exposición elevada a dichos compuestos se puede llegar a producir encefalopatía tóxica, clasificada de la siguiente manera: <sup>(19,20)</sup>

- ❖ I: síntomas difusos.
- ❖ IIa: alteraciones persistentes de la personalidad o en el estado emotivo.
- ❖ IIb: alteraciones de las funciones neuroconductuales.
- ❖ III: en casos severos se asocia a marcado deterioro de las funciones intelectuales y de la memoria.

### **2.1 Cuadro clínico por exposición ocupacional:**

Los hidrocarburos aromáticos son conocidos bajo la denominación BTX. Son un conjunto de moléculas formado por el benceno, tolueno y xileno:

#### **Benceno:**

**Locales:** Se produce irritación primaria de ojos, piel y vías respiratorias superiores; en periodos más prolongados puede producirse edema pulmonar y hemorragia, dermatológicamente existe presencia de eritema, dermatitis y vesiculación. <sup>(21)</sup>

**Sistémico:** Se trata de un agente mielotóxico, por lo que estará expresado como un problema a nivel hematológico, el síndrome denominado hemopatía bencénica está caracterizado por:

- ❖ **Fase temprana:** Anorexia, cefalea, astenia, pérdida de peso, irritabilidad, náusea, mareos, hemorragias retinales y menorragia.
- ❖ **Fase avanzada:** la hemopatía bencénica inicialmente hiperplásica y posteriormente hipoplásica, puede afectar a cualquiera de las tres series sanguíneas.

Se caracteriza por:

- 1) Anemia, leuconeutropenia, trombocitopenia.
- 2) Mielodisplasia con hiperleucocitosis.
- 3) Síndrome mieloproliferativo.
- 4) Leucemias. <sup>(22)</sup>

### **Tolueno:**

Los síntomas que se presentan según el tipo de exposición son los siguientes:

- ❖ **Inhalación:** tos, dolor de garganta, vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náuseas, pérdida de conocimiento.
- ❖ **Contacto dérmico:** piel seca, enrojecimiento.
- ❖ **Contacto con los ojos:** dolor, enrojecimiento.
- ❖ **Ingestión:** sensación de quemazón, dolor abdominal. <sup>(18)</sup>

### **Xileno:**

Los niveles que se encuentran en el ambiente por lo general no causan efectos nocivos. Sin embargo, en los casos de exposición a niveles altos en periodos breves o prolongados pueden provocar dolor de cabeza, falta de coordinación muscular, mareo, confusión y alteración del equilibrio. <sup>(20)</sup>

Así mismo puede producirse irritación cutánea, ocular, dificultad para respirar, alteración de la memoria, malestar estomacal. Cuando hay exposición a niveles muy altos esto puede provocar pérdida del conocimiento y la muerte. <sup>(21,22)</sup>

## **2.3 Factores de riesgo más importante:**

Los factores de riesgo más importantes, que aumentan la probabilidad de que se materialicen los daños para la salud derivados de la exposición a las gasolinas y gasóleos de automoción, son:

**El tipo de combustible:**

La gasolina por sus características produce mayores emisiones de vapores que el gasóleo y sus efectos sobre la salud son más graves. Las emisiones se producen básicamente por dos procesos: desplazamiento de vapores del depósito del automóvil al cargarlo y por derrames (en menor proporción).

**Las características de la pistola de suministro y el surtidor:**

Un deficiente ajuste de la boca de la pistola o boquerel y la ausencia de sistemas recuperadores de vapores aumentan la exposición.

**Las condiciones ambientales:**

Especialmente la temperatura y por tanto la época del año. A mayor temperatura más volatilidad y por ello más vapores desplazados desde el depósito del automóvil. El viento: velocidad y dirección. Alta velocidad y dirección hacia el trabajador, más exposición.

**La cantidad dispensada/tiempo de exposición:**

Es decir, el volumen o la cantidad de combustible dispensado por el trabajador en el turno. Mayor volumen dispensado, más posibilidad de exposición.

**La ubicación:**

Urbana / No urbana. Por su influencia en la contaminación de fondo debida a la industria y el tráfico. Los valores de benceno, tolueno y xilenos en zonas urbanas, con frecuencia dan una contaminación de fondo significativa.<sup>(14)</sup>

**Personal expuesto:**

Se trata de un contaminante ambiental, sin embargo, existen grupos los cuales ya sea por su ocupación o lugar de residencia aumenta el riesgo a exposición de mayores niveles de BTEX. Dentro de estos grupos encontramos: trabajadores de petroquímicas, gasolineras, talleres mecánicos, fumadores, personas que residen cerca de gasolineras o zonas de mucho tráfico.<sup>(17,23)</sup>

Se conoce que la gasolina está compuesta en un 18% por BTEX, dándose la exposición por inhalación mientras se bombea la gasolina, y la exposición por absorción puede ocurrir por derrame de ésta. <sup>(18)</sup>

## **2.4 Valores límites de exposición en áreas de trabajo:**

Los límites de exposición profesional (LEP) son valores de referencia que permiten la evaluación y control de riesgo relacionados a la exposición a un determinado agente químico, en el área de trabajo. Tomando así en cuenta parámetros que contribuyan a proteger la salud del trabajador. <sup>(17,23)</sup>

La exposición se define de dos maneras:

- ❖ Exposición diaria (ED): corresponde a la concentración media del químico en el área de trabajo, calculada a partir del tiempo de la jornada laboral real del trabajador y referida a una jornada estándar de 8 horas al día. <sup>(17,23)</sup>
- ❖ Exposición de corta duración (EC): corresponde a la concentración media del químico en el área de trabajo, calculada en un período de 15 minutos en el transcurso de la jornada laboral. <sup>(17,23)</sup>

Otro término de gran importancia es el indicador biológico (IB), éste se refiere a un parámetro apropiado en un medio biológico del trabajador, el cual es medido en un tiempo determinado y se asocia, directa o indirectamente, con la exposición global. El medir el indicador biológico nos puede contribuir a relacionarlo con la intensidad de una exposición reciente, la exposición promedio diaria o la cantidad total de la agente acumulada en el organismo. Ejemplos de medios biológicos son: aire, orina, sangre, etc. <sup>(17,23)</sup>

Existen 2 tipos de indicador biológico:

- ❖ Indicador biológico de dosis: este parámetro mide la concentración del químico o de alguno de sus metabolitos en un medio biológico, del trabajador que ha sido expuesto.
- ❖ Indicador biológico de efecto: este parámetro permite identificar las alteraciones bioquímicas reversibles, inducidas de modo característico por el agente químico al que se encuentra expuesto el trabajador.

Cuando hablamos de valores límites ambientales (VLA) se hace referencia a las concentraciones del agente químico en el aire a las cuales se puede exponer un trabajador por el resto de su vida, día con día, en el área laboral, sin que sufra repercusiones sobre su salud. <sup>(17,23)</sup>

#### **Tipos de valores límites ambientales:**

- ❖ Valor límite ambiental – exposición diaria (VLA – ED): determina la cantidad del agente químico a la cual se puede exponer un trabajador 8 horas diarias, 40 horas a la semana, durante toda su vida laboral, sin que se produzcan efectos a la salud. <sup>(17,23)</sup>
- ❖ Valor límite ambiental – exposición de corta duración (VLA – EC): es el valor de referencia al cual se puede exponer el trabajador en un período de corto tiempo, 15 minutos, como se hizo referencia anteriormente. <sup>(17,23)</sup>

La American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, USA, 1998) refiere los siguientes valores en cuanto al benceno: <sup>(21)</sup>

VLA – ED = 0.5 ppm (1.6 mg/ m<sup>3</sup>).

VLA – EC = 2.5 ppm (8 mg/m<sup>3</sup>)

IB = 25 mg/g de creatinina de ácido S- fenilmercaptúrico en orina al final del turno.

En el caso del ácido hipúrico la cantidad típica de excreción, en individuos expuestos, al final de la jornada de trabajo es de 1.6 g/g de creatinina de ácido hipúrico.

La Unión Europea por medio de la Directiva 99/38/CE expone como valor límite biológico (VLB) en periodos de 8 horas laborales diarias (5 días a la semana) = 1 ppm (3.25 ml/m<sup>3</sup>).

(19)

Límites de exposición profesional establecidos por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) para el tolueno son:

VLA - ED = 50 ppm (192 mg/m<sup>3</sup>)

VLA – EC= 100 ppm (384 mg/m<sup>3</sup>)

VLB: 0,5 mg/L en orina de o-cresol; 1,6 g/g creatinina en orina de ácido hipúrico; 0,05 mg/L en sangre. (24)

En cuanto al xileno los límites de exposición profesional establecidos (INSHT 2011) son:

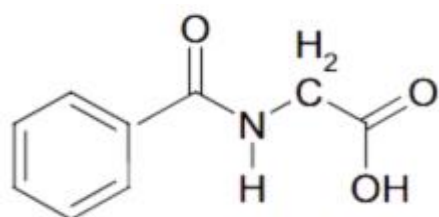
VLA-ED: 50 ppm; 221 mg/m<sup>3</sup>

VLA-EC: 100 ppm; 442 mg/m<sup>3</sup>

VLB: 1,5 mg/g creatinina en orina de ácidos metilhipúricos. (25,26)

La administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un valor límite biológico de 100 ppm de aire del trabajo durante una jornada de 8 horas, para un total de 40 horas semanales. (19)

### Ácido hipúrico:



ÁCIDO HIPÚRICO

Se tiene conocimiento que el benceno es metabolizado a ácido benzoico, cuando hablamos de ácido hipúrico nos referimos al producto de la biosíntesis de la glicina, ácido benzoico y acetilcoenzima A (CoA). (26)

El ácido hipúrico se excreta por la orina y por medio de su determinación se evalúa la cantidad promedio de compuestos aromáticos (benceno, tolueno, xileno; BTX) al que se expone el trabajador, siendo así un principal indicador de exposición a tolueno. (26)



Hay que tener presente que el tolueno se añade junto con el benceno y el xileno a la gasolina, éste compuesto se encuentra de manera natural en el petróleo crudo. De manera que las personas que se desempeñan en áreas de trabajo relacionadas a exposición a gasolina aumentan su riesgo de exposición a grandes cantidades de estos distintos compuestos. <sup>(26,27)</sup>

### **3. Efecto de la gasolina sobre el sistema nervioso central:**

Estos disolventes son capaces de ocasionar alteraciones neurológicas en el ser humano, con efectos inmediatos (agudos) y a largo plazo (crónicos). Los efectos agudos reflejan la respuesta inmediata del organismo, por exposiciones a corto plazo a los BTX. La gravedad depende del nivel de exposición y la cantidad que llegue al sistema nervioso. Con exposiciones leves, los efectos agudos son mínimos y transitorios y desaparecen al cesar la exposición. Cuando la exposición se repite día tras día, los síntomas son recurrentes. A dosis elevadas, la persona expuesta puede sufrir secuelas neurológicas importantes y permanentes. <sup>(27,28)</sup>

#### **3.1 Neurotoxicidad:**

Se define como neurotoxicidad a un cambio adverso en el sistema nervioso, este cambio se da luego de la exposición a una sustancia, esta es conocida como neurotóxico. El neurotóxico afecta al sistema nervioso siempre que hay una exposición, esto se manifiesta con signos y síntomas dependiendo de la naturaleza y características del producto químico, del tiempo y cantidad de la exposición y de las características intrínsecas de la persona expuesta. Una exposición por poco tiempo y a dosis baja puede causar síntomas como cefaleas y mareos; aunque el efecto generalmente es reversible. Si la dosis y el tiempo de exposición aumentan ya se pueden producir alteraciones en la estructura que no son reversibles. Debe considerarse que el tiempo actúa como variable ya que hay que observar la exposición en una jornada laboral o en un día y considerar el tiempo acumulado, o sea el que sucede día a día. Para que una sustancia sea considerada neurotóxica la alteración que produce en el sistema nervioso debe ser constante. <sup>(29)</sup>

**Efectos cognitivos:**

Dificultad en la concentración, fatiga, problemas de memoria, confusión, trastornos del aprendizaje y del lenguaje, lentitud mental, falta de iniciativa, delirio y alucinaciones.

**Efectos motores:**

Convulsiones, debilidad, parestesias, temblores, contracciones, falta de coordinación y anomalías de los reflejos.

**Efectos sensitivos:**

Deterioro de la visión de los colores, ceguera nocturna, trastornos del dolor y del tacto, hormigueo, entumecimiento, aumento de la sensibilidad al frío, elevación del umbral olfativo y auditivo; zumbidos de oídos, tinnitus, alteraciones del equilibrio y vértigo. <sup>(16)</sup>

**4. Pruebas validadas por la OMS, para evaluar las alteraciones neuroconductuales.****Prueba de fluidez verbal:**

A como su nombre lo indica esta prueba neuroconductual evalúa la fluidez verbal del sujeto en estudio. Esta parte de la evaluación neuropsicológica se ha empleado también para identificar áreas deficientes luego de traumatismos craneoencefálicos. Esta prueba se hace en forma verbal y requiere preferiblemente de una grabadora. Consta de dos partes, las que se ejecutan cada una en 60 segundos. En la primera etapa la persona debe enunciar todos los nombres de animales que conozca y en la segunda debe mencionar todas las palabras que conozca que empiecen por “F”. Se debe tener en cuenta que las personas enuncien un promedio de 15 palabras en cada etapa de la prueba. Si es menos de ocho pueden existir problemas serios. <sup>(24)</sup>

**Tiempo de reacción simple:**

La medición del tiempo de respuesta es una medida clásica utilizada en psicometría, para medir el tiempo de respuesta o reacción a estímulos. Esta prueba mide la rapidez de reacción de una persona a estímulos visuales o auditivos. Se debe determinar la mano dominante de la persona y requiere de mucha concentración. Los estímulos visuales son producidos por un equipo que tiene un botón que la persona examinada presiona al prenderse una luz. El aparato mide automáticamente el tiempo que la persona toma en responder a cada estímulo. La persona debe oprimir el botón que se encuentra en el equipo lo más rápidamente posible. Los estímulos visuales repetitivos se presentan con intervalos al azar de 1.0 a 10.0 segundos. La persona recibe 64 estímulos. <sup>(24)</sup>

**Dominio motor:**

Fuerza de agarre en manos: Para esta prueba se utiliza un dinamómetro de agarre. La persona de apretar este equipo en la posición que se le indica para obtener un registro directo. Se realizan dos intentos y se calcula para cada mano el promedio de los dos intentos. <sup>(24)</sup>

## **Diseño metodológico**

### **Tipo de estudio.**

El presente es un estudio de corte transversal analítico realizado en los trabajadores de las gasolineras de la ciudad de León y Chinandega. Se realizó una exploración neurológica mediante pruebas neuroconductuales para evaluar el dominio cognitivo, motor, sensorial y afectivo de la población a estudio en un único momento; también se aplicó un cuestionario subjetivo de toxicidad y, por último, se midieron los niveles de compuesto orgánicos volátiles totales (COVs) en las gasolineras.

### **Área de estudio**

Tres gasolineras de la Ciudad de León.

Dos gasolineras de la ciudad de Chinandega.

### **Población de estudio**

Todos los operadores de bombas y personal administrativo (trabajadores que laboran en las tiendas de convivencia de las gasolineras, gerencia y mantenimiento).

### **Criterios de Exclusión:**

- ✓ Poseer antecedentes de trastornos neurológicos y antecedentes de trauma craneoencefálico crítico.

### **Fuente de datos:**

Primaria: los datos se obtuvieron a través del llenado de una encuesta a cada trabajador con el fin de valorar síntomas neurológicos, así mismo se realizó la medición de compuestos orgánicos volátiles de la gasolina.

### **Instrumento de recolección de datos:**

Se utilizó un cuestionario preparado por los autores para la recolección de características generales, antecedentes laborales, antecedentes personales patológicos y no patológicos y los resultado de las mediciones de compuestos orgánicos volátiles totales. También se utilizó el cuestionario de Síntomas subjetivos de toxicidad y pruebas neuroconductuales. (ver anexos)

### **Procedimiento de recolección de datos:**

Se realizó una reunión con los gerentes de las gasolineras, donde se acordó los días en los que se llenaran los cuestionario, la aplicación de las pruebas de alteración neuroconductual y, por último, la medición de Compuestos Orgánicos volátiles (COVs).

- A) A cada persona seleccionada se le aplicó el cuestionario de datos generales en un lugar privado, dentro de la empresa, con todas las condiciones (buena iluminación, ventilación y sin ruido) para la mayor comodidad del trabajador y para disminuir los factores externos que puedan alterar los resultados de las pruebas.
- B) A continuación, en el mismo lugar se aplicaron las pruebas de alteración neuroconductual de manera secuencial: primero, las pruebas que valoran el deterioro cognitivo y luego, las que valoran el deterioro conductual.

#### **C) Medición de niveles de compuestos orgánicos volátiles de la gasolina:**

Se recolectó mediante un detector de gas digital portátil para medición de compuestos orgánicos volátiles totales (COVs PCE-VOC 1); Las mediciones se realizaron en periodos de 15 minutos durante 8 horas en cada gasolinera. Las mediciones se hicieron a una distancia de 1 metro de gasolina y 5 metros de los dispensadores, de acuerdo a lo especificado en el protocolo de uso del equipo. Estas mediciones se analizaron para obtener un valor promedio de exposición por cada gasolinera.

- **Pruebas validadas por la OMS, para evaluar las alteraciones neuroconductuales:**

#### **Dominio cognitivo:**

Fluidez verbal: Esta prueba se hace de forma verbal y requiere preferiblemente de una grabadora. Consta de dos partes, las que se ejecutan cada una en 6 segundos. En la primera etapa la persona debe enunciar todos los nombres de animales que conozca y en la segunda debe mencionar todas las palabras que conozcan que empiecen con “F” excluyendo nombres propios.

#### **Dominio Cognitivo-motor:**

Determinación del tiempo de reacción simple con el equipo Terry 84.

Velocidad motora-concentración: Los estímulos visuales son producidos por un equipo que tiene un botón que la persona examinada presiona al encenderse una luz. El aparato mide automáticamente el tiempo que la persona toma en responder a cada estímulo. La persona debe oprimir el botón lo más rápido posible. Los estímulos visuales repetitivos se presentan con intervalos al azar de 1 a 10 segundos. La persona recibe 64 estímulos.

#### **Dominio motor:**

Fuerza de agarre en manos: Para esta prueba se utiliza un dinamómetro de agarre. La persona de apretar este equipo en la posición que se le indica para obtener un registro directo. Se realizan dos intentos y se calcula para cada mano el promedio de los dos intentos.

- **Cuestionario de Síntomas Subjetivos de Toxicidad (Hänninen y Lindstrom).**

El cuestionario de síntomas subjetivos de toxicidad (Hänninen y Lindstrom), fue desarrollado en el Instituto de Salud Ocupacional de Helsinki, Finlandia, 1979, versión 3, Almirall y Hurtado, 1983.

Este se agrupa en cuatro escalas: Labilidad general (dificultades en el control de la afectividad, las emociones, la atención y los procesos de pensamiento), fatiga general

con síntomas somáticos, disminución de la sociabilidad o de la extroversión y neuroticismo. Este cuestionario tiene 47 ítems, y son utilizado para evaluar trabajadores expuestos a sustancias neurotóxicas. Se evalúa la sintomatología asociada a exposición a neurotóxicos considerando que hay sintomatología asociada a la exposición laboral a neurotóxicos si la puntuación es 85 o mayor. <sup>(30)</sup>

| <b>Operacionalización de Variables</b> |                                          |                                                                                      |                                              |                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>N.º</b>                             | <b>Variable</b>                          | <b>Definición</b>                                                                    | <b>Indicador</b>                             | <b>Valores o categorías</b>                                                                                                                                                |
| 1                                      | Edad                                     | Años cumplidos al momento de la encuesta                                             | Fecha de nacimiento                          | 16-30 años<br>31-40 años<br>41-50 años<br>51-60 años<br>60- más                                                                                                            |
| 2                                      | Sexo                                     | Condición orgánica o biológica que distingue al hombre de la mujer en este estudio.  |                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masculino</li> <li>• Femenino</li> </ul>                                                                                          |
| 3                                      | Escolaridad                              | Educación formal que los sujetos de estudio han experimentado a lo largo de su vida. | Años finalizados en el sistema de educación. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analfabeta</li> <li>• Alfabetizado</li> <li>• Primaria</li> <li>• Secundaria</li> <li>• Técnico</li> <li>• Universidad</li> </ul> |
| 4                                      | Procedencia                              | Lugar de origen del entrevistado.                                                    |                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Urbano</li> <li>• Rural</li> </ul>                                                                                                |
|                                        | <b>Datos sobre la exposición laboral</b> |                                                                                      |                                              |                                                                                                                                                                            |
| 5                                      | Tiempo antigüedad laboral                | Es el tiempo en años que cada trabajador dedica a la ejecución del trabajo.          |                                              | < 5 años<br>5 – 10 años<br>10 – 15 años<br>>20 años                                                                                                                        |
| 6                                      | Ocupación                                | Conjunto de funciones, obligaciones y tareas que desempeñan.                         |                                              | Operador de bomba<br>Cajeros<br>Despachadores                                                                                                                              |

|                                                    |                                     |                                                                                                          |                                  |                                                                              |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 7                                                  | Carga horaria laboral               | Horas laborales diarias de un trabajador                                                                 |                                  | < 8 horas.<br>8 – 12 horas.<br>>12 horas.                                    |
| 8                                                  | Días laborales                      | Días de la semana en los que trabaja.                                                                    |                                  | 1 – 3 Días.<br>3 – 6 Días.<br>7 Días.                                        |
| 9                                                  | Ingesta de sustancia psicoactiva.   | Sustancia que producen alteraciones en el SNC                                                            |                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si ¿Cuál?</li> <li>• No.</li> </ul> |
| 10                                                 | Medida de prevención.               | Medidas de prevención contra riesgo específico por la exposición a gasolina.                             | Mascarilla<br>Lentes<br>Chalecos | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si ¿Cuál?</li> <li>• No.</li> </ul> |
| 11                                                 | Antecedentes patológicos personales | Problema de salud presentado en el pasado o en el momento del estudio                                    | DM<br>IRC<br>HTA                 | Respuesta abierta.                                                           |
| 12                                                 | Ingesta de fármacos                 | Uso de medicamentos que tengan o no carácter neurotóxico.                                                |                                  | Respuesta abierta.                                                           |
| 13                                                 | Nivel mínimo de exposición de COV   | Nivel mínimo de exposición a COV en 8 horas.                                                             |                                  | Cuantitativo PPM                                                             |
| 14                                                 | Nivel máximo de exposición a COV    | Nivel máximo indicador de exposición a COV en 8 horas.                                                   |                                  | Cuantitativo PPM                                                             |
| <b>Datos sobre la valoración neuroconductuales</b> |                                     |                                                                                                          |                                  |                                                                              |
| 15                                                 | Dominio afectivo                    | Prueba neuroconductual para evaluar síntomas neuropsicológico y neuropsiquiátrico al momento del estudio | Resultados del cuestionario Q16. | Si<br>No                                                                     |
| 16                                                 | Dominio Cognitivo                   | Prueba neuroconductual para evaluar el estado cognitivo al momento del estudio.                          | Prueba de fluidez verbal.        | Adecuado.<br>Inadecuado.                                                     |
| 17                                                 | Dominio cognitivo-motor             | Prueba neuroconductual para evaluar la velocidad motora-concentración al momento del estudio.            | Respuesta motora.                | Adecuado<br>Inadecuado                                                       |

### Consideraciones éticas:

Previo a la aplicación del cuestionario se les explicó a los participantes el objetivo y finalidades del estudio, la ausencia de daños o molestias por los métodos a emplear, el



compromiso de explicarles los resultados y de remitirlos al médico si fuera necesario. Además, se les hizo saber que los datos obtenidos se mantendrán en completa confidencialidad y anonimato. También se les entregó copia del consentimiento informado por escrito (ver anexos), donde se describe todo lo anterior. Se les respondieron y explicaron las preguntas y/o dudas en un lenguaje sencillo.

También se les brindó la información de contacto de uno de los investigadores, en caso de que los participantes desearan comunicarse para aclarar dudas o retirarse del estudio.

### **Análisis de los datos**

El análisis de datos se realizó mediante el programa IBM-SPSS® para Windows versión 22. Se realizó un análisis descriptivo de las variables de estudio: a las variables categóricas se les calculó frecuencia absoluta y porcentaje, a las variables cuantitativas se les calculó la medida de tendencia central y de dispersión acorde con el tipo de distribución (normal o no paramétrica).

Se establecieron los siguientes grupos de comparación:

- En base al puesto de trabajo se dividieron en operadores de bomba y trabajadores administrativos.
- En base a la concentración de COV se dividieron en más expuestos ( $\geq 1$ ppm, el límite de exposición laboral) y menos expuestos ( $< 1$ ppm).

Para comparar el desempeño en las diferentes pruebas neuroconductuales entre el grupo de los despachadores de bomba y el personal administrativo, se realizó una comparación de media para muestra independiente usando la prueba de T de student asumiéndola significativa si  $P < 0.05$ . La asociación entre la exposición y la función nerviosa se estableció mediante la prueba  $\chi^2$ , siendo significativo si  $p < 0.05$  con un intervalo de confianza del 95%.

## Resultados

Participaron 68 trabajadores, los cuales son relativamente jóvenes con una mediana de 30 (rangos mínimos 19 y máximo 49), con predominio del sexo masculino (85%), la escolaridad secundaria incompleta y nivel universitario, del 54% y 31% respectivamente. El 98.5% pertenece al área urbana, y el 36 % de la población son solteros. El 24% han trabajado más de 5 años, el 76% de los trabajadores labora de operador de bomba. El 45 % labora durante más de 12 horas diarias y un 48.5% lo labora por más de 3 días a la semana (Ver tabla 1 y 2).

| Tabla 1. Distribución de frecuencias de las características demográficas de los Trabajadores de las estaciones de gasolineras de León y Chinandega. |                         |    |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----|--------------|
| Variable                                                                                                                                            | Frecuencia (n=68)       |    | Porcentaje % |
| Edad                                                                                                                                                | Menor o igual a 30      | 39 | 57           |
|                                                                                                                                                     | Mayor a 30              | 29 | 43           |
| Sexo                                                                                                                                                | Femenino                | 10 | 15           |
|                                                                                                                                                     | Masculino               | 58 | 85           |
| Escolaridad                                                                                                                                         | Alfabetizado            | 1  | 1.5          |
|                                                                                                                                                     | Primaria completa       | 1  | 1.5          |
|                                                                                                                                                     | Secundaria incompleta   | 37 | 54           |
|                                                                                                                                                     | Secundaria completa     | 1  | 1.5          |
|                                                                                                                                                     | Técnico Medio           | 1  | 1.5          |
|                                                                                                                                                     | Universitario           | 21 | 31           |
| Procedencia                                                                                                                                         | Urbano                  | 67 | 98.5         |
|                                                                                                                                                     | Rural                   | 1  | 1.5          |
| Estado Civil                                                                                                                                        | Soltero                 | 24 | 36           |
|                                                                                                                                                     | Unión estable           | 22 | 32           |
|                                                                                                                                                     | Casado                  | 22 | 32           |
| Antigüedad laboral                                                                                                                                  | Mayor de 5 años         | 16 | 24           |
|                                                                                                                                                     | Menor o igual de 5      | 52 | 76           |
| Horas trabajadas al día                                                                                                                             | 8 horas                 | 12 | 17           |
|                                                                                                                                                     | 12 horas                | 31 | 45           |
|                                                                                                                                                     | 24 horas                | 25 | 38           |
| Días laborales a la semana                                                                                                                          | Mas de 3 días           | 33 | 48.5         |
|                                                                                                                                                     | Igual o menor a 3 días  | 35 | 51.5         |
| Ocupación                                                                                                                                           | Operador de bomba       | 45 | 76           |
|                                                                                                                                                     | Personal administrativo | 23 | 24           |

| Tabla 2. Estadística descriptiva de las variables demográficas cuantitativas de los Trabajadores de las estaciones de gasolineras de León y Chinandega. N = (68) |         |        |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|--------|
|                                                                                                                                                                  | Mediana | Mínimo | Máximo |
| Edad                                                                                                                                                             | 30      | 19     | 49     |
| Ambigüedad laboral                                                                                                                                               | 4       | 1      | 17     |
| Horas al día trabajadas                                                                                                                                          | 12      | 8      | 24     |
| Día a la semana laborales                                                                                                                                        | 3       | 3      | 7      |

Aproximadamente el 23% de los participantes hace uso de sustancias psicoactivas con un predominio del alcohol en un 12%. Además, el 3% posee enfermedad concomitante y el 5% de la población hace uso de fármacos. Ver tabla 3

| Tabla 3. Análisis descriptivo de los estilo de vida de los trabajadores de las estaciones de gasolineras de León y Chinandega. |                  |            |                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|----------------|
| Estilo de Vida                                                                                                                 |                  | N= 68      |                |
|                                                                                                                                |                  | Frecuencia | Porcentaje (%) |
| Uso de sustancia psicoactiva                                                                                                   | Si               | 16         | 23             |
|                                                                                                                                | No               | 53         | 77             |
| ¿Cuál?                                                                                                                         | Alcohol          | 8          | 12             |
|                                                                                                                                | Café             | 1          | 1.5            |
|                                                                                                                                | Energizante      | 7          | 10             |
| Medida de protección en el trabajo                                                                                             | Si               | 5          | 7              |
|                                                                                                                                | No               | 63         | 93             |
| ¿Cuál?                                                                                                                         | Mascarilla       | 5          | 7              |
| Padece de alguna enfermedad                                                                                                    | Si               | 2          | 3              |
|                                                                                                                                | No               | 66         | 97             |
| ¿Cuál?                                                                                                                         | Alergia          | 1          | 1.5            |
|                                                                                                                                | HTA              | 1          | 1.5            |
| Utiliza Fármaco                                                                                                                | Si               | 3          | 5              |
|                                                                                                                                | No               | 65         | 95             |
| ¿Cuál?                                                                                                                         | Antihistamínicos | 1          | 1.5            |
|                                                                                                                                | AINES            | 1          | 1.5            |
|                                                                                                                                | ARA II           | 1          | 1.5            |

En las pruebas de fluidez verbal, se observó un menor desempeño en los operadores de bomba respecto al desempeño en el personal administrativo, aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa. No hubo diferencias en el desempeño en las pruebas del dominio motor.

Los análisis se estratificaron por sexo, pero debido a que no hubo diferencias en los resultados obtenidos entre hombres y mujeres, los resultados no se reportaron por separado.

| Tabla 4. Relación de las pruebas neuroconductuales con la ocupación de los trabajadores de las estaciones de gasolineras de León y Chinandega. |                      |                           |                                 |       |        |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------------|-------|--------|--------|
| Prueba neuroconductual                                                                                                                         |                      | Puesto de trabajo         |                                 | P     | IC 95% |        |
|                                                                                                                                                |                      | Operador de bomba (Media) | Personal administrativo (Media) |       | Mínimo | Máximo |
| Fluidez verbal                                                                                                                                 | Nombres de animales  | 13.93                     | 15.83                           | 0.08  | -4.09  | 0.291  |
|                                                                                                                                                | Palabras con F       | 9.20                      | 11.08                           | 0.12  | -4.27  | 0.515  |
| Tiempo de reacción simple                                                                                                                      | Numero de respuesta  | 0.28                      | 0.30                            | 0.946 | -0.538 | 0.576  |
|                                                                                                                                                | Promedio de reacción | 0.66                      | 0.59                            | 0.342 | -0.067 | 0.193  |
|                                                                                                                                                | Reacción más rápida  | 0.34                      | 0.32                            | 0.888 | -0.209 | 0.241  |
|                                                                                                                                                | Reacción más lenta   | 0.89                      | 0.77                            | 0.286 | -0.099 | 0.330  |
| Fuerza de agarre                                                                                                                               | Mano dominante       | 60.31                     | 54.97                           | 0.064 | -0.319 | 10.99  |
|                                                                                                                                                | Mano no dominante    | 51.06                     | 46.62                           | 0.064 | -0.269 | 9.156  |

La cuantificación de los niveles de los compuestos orgánicos volátiles de las diferentes gasolineras demostró que en casi un 80% los niveles fueron mayores a 1 ppm y un 20% por debajo de 1 ppm (Ver tabla 5). Por observación se identificaron como posibles fuentes: la bomba de dispensación del combustible, los motores de los vehículos que permanecen encendidos en el área de dispensación mientras esperan turno para ser atendidos, trapos húmedos de combustible con los que los trabajadores secan la boquilla del dispensador o limpian los tapones de los tanques de combustible.

| Tabla 5. Niveles de Compuesto orgánicos volátiles en las gasolineras (COVs) |         |            |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------|------------|------------|
|                                                                             |         | Frecuencia | Porcentaje |
| Válido                                                                      | < 1 ppm | 14         | 20.6       |
|                                                                             | ≥ 1 ppm | 54         | 79.4       |
|                                                                             | Total   | 68         | 100.0      |

Se observa un menor desempeño en las pruebas de fluidez verbal en los trabajadores con exposición a niveles de COVs  $\geq 1$  ppm respecto a los de menor exposición, la relación fue estadísticamente significativa (Nombre de animales  $P=0.05$ ; Palabras con F  $P=0.01$ ) (Ver Tabla 6), el tiempo de reacción simple fue mayor en el grupo de mayor exposición ( $P=0.03$ ) y la fuerza de agarre fue menor en ambas manos en el grupo de mayor exposición, siendo estadísticamente significativa para la mano no dominante ( $P=0.03$ ).

| Tabla 6. Relación entre los niveles de COVs y la Función nerviosa de los trabajadores de las estaciones de gasolineras de León y Chinandega. |                      |                     |                   |      |        |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|-------------------|------|--------|--------|
| Prueba neuroconductual                                                                                                                       |                      | Nivel de exposición |                   | P    | IC 95% |        |
|                                                                                                                                              |                      | ≥ 1 ppm<br>(Media)  | <1 ppm<br>(Media) |      | Mínimo | Máximo |
| Fluidez verbal                                                                                                                               | Nombres de animales  | 12.57               | 15.13             | 0.05 | -5.132 | 0.016  |
|                                                                                                                                              | Palabras con F       | 7.00                | 10.61             | 0.01 | -6.352 | -0.870 |
| Tiempo de reacción simple                                                                                                                    | Numero de respuesta  | 63.36               | 63.81             | 0.16 | -1.106 | 0.191  |
|                                                                                                                                              | Promedio de reacción | 0.662               | 0.632             | 0.69 | -0.124 | 0.185  |
|                                                                                                                                              | Reacción más rápida  | 0.360               | 0.463             | 0.85 | -0.241 | 0.291  |
|                                                                                                                                              | Reacción más lenta   | 0.531               | 0.378             | 0.03 | 0.024  | 0.519  |
| Fuerza de agarre                                                                                                                             | Mano dominante       | 8.632               | 11.94             | 0.28 | -3.124 | 10.486 |
|                                                                                                                                              | Mano no dominante    | 7.512               | 9.571             | 0.03 | 0.695  | 11.717 |

De la totalidad de la población un 17% cursa con síntomas subjetivo de toxicidad (Ver tabla 7).

| Tabla 7. Frecuencia de Síntomas subjetivo de toxicidad en la población de estudio |                   |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>Cuestionario de toxicidad<br/>(puntos)</b>                                     | <b>Frecuencia</b> | <b>Porcentaje (%)</b> |
| ≥ 84 puntos                                                                       | 10                | 17                    |
| < 84 puntos                                                                       | 58                | 83                    |
| Total                                                                             | 68                | 100                   |
| <84 puntos no patológico ; ≥ 84 puntos patológico.                                |                   |                       |

Al relacionar la frecuencia de los trabajadores con síntomas subjetivo de toxicidad con respecto a su ocupación, encontramos que el 80% de estos pertenece a la ocupación de operador de bomba y solo un 20% de los afectados son del personal administrativo; sin embargo, la ocupación de los trabajadores no representa un factor estadísticamente significativa para el desarrollo de síntomas subjetivo de toxicidad (ver tabla 8).

| Tabla 8. Frecuencia de síntomas subjetivo de toxicidad según ocupación de los trabajadores de las estaciones de gasolineras de León y Chinandega. |             |                   |                         |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------------|-------|
|                                                                                                                                                   |             | Ocupación         |                         | p     |
|                                                                                                                                                   |             | operador de bomba | personal administrativo |       |
| Puntaje categorizado                                                                                                                              | ≥ 84 puntos | 8                 | 2                       | 0.273 |
|                                                                                                                                                   | < 84 puntos | 36                | 22                      |       |
| Total                                                                                                                                             |             | 44                | 24                      |       |
| <84 puntos no patológico ; ≥ 84 puntos patológico.                                                                                                |             |                   |                         |       |

De la totalidad de los trabajadores con síntomas asociados a toxicidad, se distribuye 50% en los de edad menor o igual a 30 años y 50% en los mayores de 30 años; Podemos observar que la variable edad no es un dato estadísticamente significativa para el desarrollo de síntomas subjetivo de toxicidad (Ver tabla 9).

Tabla 9. Frecuencia de síntomas subjetivo de toxicidad según edad de los trabajadores de las estaciones de gasolineras de León y Chinandega.

|                                                 |             | Edad                      |                  | P     |
|-------------------------------------------------|-------------|---------------------------|------------------|-------|
|                                                 |             | Menores o igual a 30 años | Mayor de 30 años |       |
| Puntaje categorizado                            | ≥ 84 puntos | 5                         | 5                | 0.611 |
|                                                 | < 84 puntos | 34                        | 24               |       |
| Total                                           |             | 39                        | 29               |       |
| 1.00: <84 no patológico; 2.00: ≥ 84 patológico. |             |                           |                  |       |

## Discusión

El objetivo de esta investigación fue determinar la relación entre las alteraciones de la función nerviosa y exposición a contaminantes orgánicos volátiles de la gasolina en los trabajadores de las gasolineras, en la ciudad de León y Chinandega.

En relación a las alteraciones neuroconductuales, se encontró que hay una leve relación entre el daño a la función nerviosa y la exposición a los compuestos orgánicos de la gasolina. Dentro de estas, las alteraciones de tipo cognitivo fue la más afectada en los trabajadores, principalmente en los operadores de bomba. En la evaluación afectiva se encontró que el 17% de los trabajadores presenta síntomas subjetivos de toxicidad con un predominio en los operadores de bomba en relación con los del personal administrativo. Nuestros resultados coinciden con los reportados en un estudio realizado en 2016 en una fábrica de calzado de León, Nicaragua. En la cual determinó que los trabajadores con más exposición a los COVs de los pegamentos presentaron mayores alteraciones neuroconductuales. Sin embargo, los menos expuestos también presentaron alteraciones, pero en menor proporción. Las pruebas de alteración neuroconductual más afectadas fueron las de dominio cognitivo y la velocidad motora-concentración (tiempo de reacción simple). Ninguno de los trabajadores usaba equipo de protección.<sup>(5)</sup>

Dentro de las medidas sanitarias y de protección, en nuestro estudio encontramos que los trabajadores utilizan uniforme común, ninguno utiliza guantes adecuados para gasolineras (por ejemplo, guantes impermeables de PVC) y solo un 7% de ellos utilizan mascarilla (tela o quirúrgica). Este tipo de mascarillas no protege contra vapores, únicamente retiene partículas de gran tamaño, por lo tanto, no se consideran un medio de protección. Estos datos, difieren a los encontrados en el 2014 en un estudio realizado en Maracay, Venezuela donde participaron industrias dedicadas a actividades relacionadas a la pintura, metalmecánica y laboratorio farmacéutico; donde los trabajadores refirieron tener contacto con sustancias como la gasolina en algunas ocasiones. Dentro del grupo se evaluaron las medidas de higiene encontrándose los



siguientes resultados: 93.33% hace uso de uniforme, un 38.33% ingiere alimentos en el área de trabajo, el 81.67% no se ducha al finalizar la jornada de trabajo, un 88.33% hace uso de guantes. En relación a las manifestaciones neurológicas presentaban alteración en un 81.67% de la población.<sup>(7)</sup>

Al relacionar la exposición a COVs con el desempeño en las pruebas neuroconductuales, se encontró una relación estadísticamente significativa con las pruebas de fluidez verbal, el tiempo de reacción simple en la reacción más lenta y la fuerza de agarre de la mano no dominante. Sin embargo, se puede observar una disminución en el desempeño neurológico aún en el grupo de menor exposición, aunque en este caso la relación no fue estadísticamente significativa. En un estudio realizado en Paris, Francia, se determinó una asociación entre escaso rendimiento cognitivo y la exposición ocupacional a largo plazo a los disolventes. Dicho estudio reveló, que hay un mayor riesgo de tener un pobre rendimiento cognitivo en las personas con exposición alta al BTX<sup>(8)</sup>. Estos resultados, probablemente indican que además de la concentración de los COVs en los puestos de trabajo, es importante considerar el tiempo de exposición. Entre mayor tiempo de exposición, menor desempeño en las pruebas de neurotoxicidad.

No se encontró una relación estadísticamente significativa entre la función nerviosa y la ocupación de los trabajadores; sin embargo, en la evaluación del dominio cognitivo y motor de ambas ocupaciones los resultados indican un riesgo de presentar alteraciones en la función nerviosa.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, un 17% cursa con síntomas subjetivo de toxicidad. Al relacionar la frecuencia de los trabajadores con síntomas subjetivos de toxicidad con respecto a su ocupación, encontramos que el 80% de estos son operadores de bomba y solo un 20% de los afectados son del personal administrativo y de la totalidad de los trabajadores con síntomas asociados a neurotoxicidad, un 50% se presentó en los de edad menor o igual a 30 años y 50% en los mayores de 30 años. Estos fueron similares a los encontrados, en un estudio en trabajadores expuestos a tolueno en una empresa mexicana de autopartes, en el cual participaron 20 trabajadores

de una empresa dedicada a la fabricación y venta de empaques para motores (10 expuestos y 10 no expuestos). Todos los trabajadores estudiados fueron del sexo masculino, con un promedio de edad de 32,3 años. Se utilizó el cuestionario de síntomas subjetivos de toxicidad. Los expuestos tenían un tiempo promedio de exposición de 6,6 años. En los resultados se obtuvo que el 40% de los expuestos fueron detectados por el PSICOTOX como tipo 4, es decir con patología asociada a síntomas subjetivo de toxicidad y que la población expuesta a neurotóxicos tiene mucho mayores efectos negativos que la no expuesta. <sup>(3)</sup>

Una limitación de esta tesis, es que, debido al alto costo de los análisis biológicos, la cuantificación de la exposición a los vapores de la gasolina se realizó mediante la cuantificación de los compuestos orgánicos volátiles (COVs) en el aire. Sin embargo, consideramos que hay correspondencia entre la historia de exposición, lo observado en las gasolineras y el valor cuantificado de COVs por lo que consideramos que fue un buen indicador de la exposición.

Otra limitación, es que se seleccionaron las gasolineras por conveniencia, debido a que el comité gerencial de las diferentes estaciones de servicios se reusó a participar debido a la problemática mundial con la cursamos “pandemia Covid-19”; motivo por el cual, se procedió a trabajar con las gasolineras dispuestas a formar parte de nuestro estudio. También tuvo que hacerse una reducción de la batería de pruebas a utilizar, ya que las gasolineras que accedieron a participar, solicitaron no tomar más de 20 minutos de tiempo a cada trabajador. Por esa razón se seleccionó solo una prueba por cada una de las áreas de evaluación neurológica, en cada caso se seleccionó la prueba que ha dado mejor resultado en trabajadores expuestos a hidrocarburos.

La principal fortaleza de esta tesis fue la alta tasa de respuesta de los trabajadores, prácticamente todos quisieron participar y la colaboración durante la realización de las pruebas fue también muy alta, por lo que consideramos que las pruebas reflejan de manera adecuada las alteraciones neurológicas en los trabajadores.

## Conclusiones

1. En la evaluación neurológica se observó un menor desempeño en el área cognitiva (pruebas de fluidez verbal) en los operadores de bomba respecto al desempeño en el personal administrativo y en menor proporción las del dominio cognitivo – motor (prueba de reacción simple). De total de la población con síntomas subjetivos de toxicidad, se determinó que los operadores de bombas son los más afectados, respecto al personal administrativo (menos expuestos).
2. Se comprobó la hipótesis de a mayor exposición de compuestos orgánicos volátiles en el aire, menor será el desempeño en las pruebas cognitivas y motoras, y mayor será la frecuencia de síntomas subjetivos de neurotoxicidad. Los trabajadores con mayor exposición a COVs presentaron un menor desempeño en la evaluación neurológica en el área cognitiva (prueba de fluidez verbal), Cognitiva – motor (Prueba de reacción simple) y dominio motor (fuerza de agarre) respecto a los de menor exposición.
3. Casi 80% de los trabajadores de las gasolineras presentaron una exposición mayor de 1 ppm a COVs, con predominio en los que laboran de operadores de bomba.

## Recomendaciones

- A los administradores de las gasolineras se les recomienda fortalecer las medidas preventivas tales como: rotar al personal por cada una de las áreas de las instalaciones para así disminuir el nivel de exposición a los compuestos volátiles, asegurar el uso de un equipo de protección adecuada, dicho equipo debe incluir: mascarilla con filtros para vapores, camisa manga larga y guantes (principalmente a la hora del abastecimiento de suministro), monitorear de forma frecuente la concentración de los COVs en aire a fin de poder ajustar las prácticas inadecuadas que puedan producir un incremento de la exposición.
- Cumplir con los exámenes médicos establecidos por la Normativa de la Ley General de Higiene y Seguridad en el Trabajo para los trabajadores expuestos a los hidrocarburos, dos veces al año y así reducir riesgo de enfermedades laborales.
- Al Ministerio de Salud, que considere la realización de campañas de sensibilización sobre el daño que causa la exposición a compuesto orgánicos volátiles en todos los campos laborales donde exista el uso de estas sustancias; Ya que este sector laboral no acostumbra a realizarse chequeos rutinarios y de esta manera poder brindar la promoción y prevención, así como el adecuado diagnóstico y tratamiento oportuno de todas las complicaciones que estas pueden desencadenar, principalmente a nivel del sistema nervioso central.

## Bibliografía

1. Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedad (ATSDR). División de toxicología y medicina ambiental Caso # 8006 - 61-9. Resumen de salud pública. Gasolina para automóvil. 2007.
2. Amador, R., Lundberg, I., & Escalona, E. (1994). Desarrollo de cuestionario en castellano sobre síntomas neurotóxicos. *Salud de los trabajadores*, 2(2), 125-142.
3. Hernández, P. A., Franco, G., Alcántara, S. M., Elío, M. N., Villegas, J., & Ramírez, I. M. (1999). Evaluación psicológica en trabajadores expuestos a tolueno en una empresa mexicana de autopartes. *Salud de los Trabajadores*, 7(1), 5-14.
4. Acevedo García J. Evaluación del riesgo para la salud humana asociado a la exposición a BTEX en las gasolineras de Quito (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2009).
5. Siles Rocha S, Silva Sevilla E. Alteraciones neuroconductuales por exposición crónica a disolventes orgánicos que contienen Benceno, Tolueno y Xileno (Tesis para optar al título de médico y cirujano). Chinandega, Nicaragua: Universidad Autónoma De Nicaragua (UNAN – León); 2016.
6. University KK. Niveles de benceno en sangre y los riesgos que esto provoca en la salud de los trabajadores de gasolineras 2010 [cited 2014 10 abril].
7. Negrin, J., Aular, Y., Fernández, Y., Piñero, S., & Romero, G. Ácido trans, trans mucónico y perfil hepático, hematológico y renal en trabajadores expuestos a benceno. *Salud de los Trabajadores*, 22(2), Maracay – Venezuela; 2014.
8. Díaz Berr C. Vercambre MN. Bonenfant S. Manoux A. Zins M. Goldberg M. Occupational Exposure to Solvents and Cognitive Performance in the GAZEL Cohort: Preliminary Results. *Dement Geriatr Cogn Disord*. Mayo 2010. Vol. 5. Pág. 1-3.
9. Los componentes de la gasolina. Enero 10 del 2012. Available from: <https://es.scribd.com/doc/98482292/Compuestos-de-La-Gasolina>
10. Laura Campo; Federica Rosella; Rosa Mercadente and Silvia Fustinoni. Exposure to BTEX and ethers in petrol station attendants and proposal of Biological exposure equivalents for urinary benzene and MTBE.

11. Científicos T. Combustible Líquido II. Gasolina.  
<https://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/gasolinas>. [cited 2014 Mayo].
12. Ministerio de economía. MINECO. Productos de petróleo, gasolina regular y superior, especificaciones. Reglamento técnico Centroamericano. RTCA 75.01.20:19. 1era revisión. 2011.
13. Automóvil. RdSPGp. División de toxicología y Medicina Ambiental 1995.
14. Company DM. Taxonomy of Educational Objectives The Classification of Educational Goals. 1956;;pp 201-7;B.S. Bloom(ed).
15. BASEQUINN 001. Situaciones de exposiciones a agentes químicos. España 2001.
16. López Blanco, María Elena. Centro para la investigación en recursos acuáticos de Nicaragua (CIRA – UNAN). Estudio de la contaminación por hidrocarburos volátiles (BTEX) en un sitio de derrame de gasolina, Colonia Unidad de Propósito, Managua, Nicaragua. 2005
17. Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedad (ATSDR). División de toxicología y medicina ambiental Caso # 71 - 43 – 2. Resumen de salud pública. Benceno. 2007.
18. Consejería de Sanidad. Dirección General de Salud Pública, servicio de Sanidad Ambiental. Riesgo químico – accidentes graves. Benceno. Murcia, 2007.
19. Santolaya, Concepción; Guardino, Xavier; Rossell, M. Gracia. Ministerio del trabajo y asuntos sociales. NTP 486: Evaluación de la exposición a benceno: Control ambiental y biológico.
20. International Programme on Chemical Safety IPCS. Ficha internacional de seguridad química. Tolueno. ICSC: 0078. 2008
21. Protocolo No.21. Protocolo de diagnóstico y evaluación médica para enfermedad ocupacional por benceno.  
web: <ftp://ftp2.minsa.gob.pe/docconsulta/documentos/CT/nuevaversion/parte12.pdf>

22. International Programme on Chemical Safety IPCS. Ficha internacional de seguridad química. M – xileno. ICSC: 0085. 2005
23. Agency for toxic substances and disease registry ATSDR. División de toxicología y medicina ambiental. Xileno Cas#1330 – 20 – 7. agosto 2007.
24. Wendel de Joode, Berna van; Merger, Donna; Wesseling, Catharina. Manual de pruebas neuroconductuales. San José. Costa Rica. 2000. Pag 26 – 77.
25. Agency for toxic substances and disease registry ATSDR. División toxicológica. Tolueno Cas#108 – 88 – 3. febrero 2001
26. Huici, Alicia; Ferrer, Rosa. Ministerio del trabajo y asuntos sociales. NTP 526: Valores límites de exposición profesional en la Unión Europea y en España. Disponible en World wide web:  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp\\_526.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_526.pdf)
27. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Hippuric and Methyl Hippuric Acids in urine. Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition. 2003.
28. Occupational CCf. Gasolina, efecto de la salud. 1997-2006 [cited 2014 Mayo].
29. Gutiérrez M. Los disolventes orgánicos y su exposición ocupacional. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, México. Abril 2007. Pág. 6 - 36. (Acceso 21 de junio 2014).
30. Echevarría Ore, M. E. (2019). Validación del cuestionario de síntomas subjetivos neurotóxicos de Almirall basado en el cuestionario H. Hänninen y K. Lindstrom

# Anexos



## Cuestionario

Código \_\_\_\_\_

Fecha \_\_/\_\_/\_\_ Hora: \_\_\_\_

Somos médicos en formación y estamos realizando un estudio sobre “**Relación entre la exposición a gasolina y la función nerviosa en los trabajadores de las gasolineras de la ciudad de León, Nicaragua.**” El objetivo de esta investigación es determinar si existe alteraciones del sistema nervioso central debido a la exposición a gasolina en su trabajo. Para esto se necesita de su colaboración contestando a las preguntas siguientes:

### 1. Datos basicos:

Nombres y apellidos : \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

Escolaridad:

- Analfabeta \_\_\_\_\_
- Alfabetizada \_\_\_\_\_
- Primaria \_\_\_\_\_
- Secundaria \_\_\_\_\_
- Técnico \_\_\_\_\_
- Universidad \_\_\_\_\_

Procedencia:

- Urbano \_\_\_\_\_
- Rural \_\_\_\_\_

Sexo:

- Masculino \_\_\_\_\_
- Femenino \_\_\_\_\_

Estado civil:

- Soltero \_\_\_\_\_
- Unión estable \_\_\_\_\_
- Casado \_\_\_\_\_
- Divorciado \_\_\_\_\_
- Viudo \_\_\_\_\_

### 2. Datos de exposición laboral:

Tiempo ambigüedad laboral:

- ☐ < 5 años
- ☐ 5 – 10 años
- ☐ 10 – 15 años
- ☐ >20 años

Ocupacion:

- ☐ Operador de bomba
- ☐ Cajeros
- ☐ Despachadores

Dias laborales:

- ☐ 1 – 3 días
- ☐ 3 – 6 días
- ☐ 7 días

**Carga Horaria laboral** \_\_\_\_\_ **horas**

**Uso de sustancia psicoactivas:**

Si \_\_\_\_\_ ¿cuáles? \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

¿Usa usted alguna medida de prevención al momento de realizar su trabajo?

**SI** ☐ **No** ☐

¿Cuales? \_\_\_\_\_

**Antecedentes patológicos personales:**

Sí ☐ No ☐

¿Cuáles? \_\_\_\_\_

**Utiliza fármacos** Sí ☐ No ☐

¿Cuáles? \_\_\_\_\_

Utiliza fármacos neurotóxicos (especificar)

\_\_\_\_\_

**Niveles de compuesto orgánicos volátiles**

**Nivel mínimo de exposición de COV:** \_\_\_\_\_ ppm

**Nivel máximo de exposición de COV:** \_\_\_\_\_ ppm

## Pruebas neuroconductuales

### Prueba de dominio cognitivo.

Código. \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Hora \_\_\_\_\_

| Nombres de animales | Palabras que comiencen con "F" |
|---------------------|--------------------------------|
| 1. _____            | 1. _____                       |
| 2. _____            | 2. _____                       |
| 3. _____            | 3. _____                       |
| 4. _____            | 4. _____                       |
| 5. _____            | 5. _____                       |
| 6. _____            | 6. _____                       |
| 7. _____            | 7. _____                       |
| 8. _____            | 8. _____                       |
| 9. _____            | 9. _____                       |
| 10. _____           | 10. _____                      |
| 11. _____           | 11. _____                      |
| 12. _____           | 12. _____                      |
| 13. _____           | 13. _____                      |
| 14. _____           | 14. _____                      |
| 15. _____           | 15. _____                      |
| 16. _____           | 16. _____                      |
| 17. _____           | 17. _____                      |
| 18. _____           | 18. _____                      |
| 19. _____           | 19. _____                      |
| 20. _____           | 20. _____                      |

### Descripción de la prueba:

Esta prueba se hace en forma verbal y requiere preferiblemente de una grabadora. Consta de dos partes, las que se ejecutan cada una en 60 segundos. En la primera etapa la persona debe enunciar todos los nombres de animales que conozca y en la segunda debe mencionar todas las palabras que conozca que empiecen por "F".

## Prueba de dominio cognitivo-motor.

Tiempo de reacción simple:

Código. \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Hora \_\_\_\_\_

| <b>Prueba Tiempo de Reacción Simple -Formulario de registro</b> |  |
|-----------------------------------------------------------------|--|
| Número de respuestas:                                           |  |
| Número de señales omitidas:                                     |  |
| Promedio del tiempo de reacción:                                |  |
| Desviación estándar de los tiempos de reacción:                 |  |
| Tiempo de reacción más rápida:                                  |  |
| Tiempo de reacción más lenta:                                   |  |

### Descripción de la prueba:

Hay diferentes formas de medir el tiempo de reacción, pero aquí describimos el método de estímulos visuales comprendido en la NCTB (Terry 84). Los estímulos visuales son producidos por un equipo que tiene un botón que la persona examinada presiona al prenderse una luz. El aparato mide automáticamente el tiempo que la persona toma en responder a cada estímulo. La persona debe oprimir el botón que se encuentra en el equipo lo más rápidamente posible. Los estímulos visuales repetitivos se presentan con intervalos al azar de 1.0 a 10.0 segundos. La persona recibe 64 estímulos.

### Prueba de dominio motor.

Fuerza de agarre en manos:

Código: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Mano dominante:

Derecha \_\_\_\_\_

Izquierda \_\_\_\_\_

|                   | Mano dominante                                  | Mano no dominante                               |
|-------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Fuerza de agarre. | 1. _____ Kg<br>2. _____ Kg<br>3. Promedio____Kg | 1. _____ Kg<br>2. _____ Kg<br>3. Promedio____Kg |

### Descripción de la prueba:

La prueba evalúa la fuerza motora de agarre de las manos. La persona debe apretar el equipo en la posición que se indica para obtener un registro directo.

**CUESTIONARIO DE SINTOMAS SUBJETIVOS NEUROTOXICOS. H. Hänninen y K. Lindstrom (V-2/1987)**

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: M \_\_\_\_\_ F \_\_\_\_\_

Escolaridad: \_\_\_\_\_ Tipo de Trabajo: \_\_\_\_\_

Tiempo de Trabajo: \_\_\_\_\_ Municipio \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Su tarea en este cuestionario es evaluar con qué frecuencia es aplicable a Ud. la situación que presenta cada proposición. Después de cada proposición hay tres números. Haga un círculo alrededor del que mejor se aplique en su caso. Veamos el siguiente ejemplo:

|                                                                    |       |               |                 |
|--------------------------------------------------------------------|-------|---------------|-----------------|
| Tengo apetito                                                      | Nunca | Algúnas veces | Frecuentemente  |
|                                                                    | 1     | 2             | 3               |
|                                                                    | Nunca | Algúnas veces | Frecuente mente |
| 1. ¿Está pensando en sus cosas mientras otros están hablando?      | 1     | 2             | 3               |
| 2. ¿Tiene dificultad para quedarse dormido?                        | 1     | 2             | 3               |
| 3. ¿Se siente deprimido o infeliz?                                 | 1     | 2             | 3               |
| 4. ¿Le gusta divertirse y tener una buena compañía?                | 1     | 2             | 3               |
| 5. ¿Le tiemblan las manos?                                         | 1     | 2             | 3               |
| 6. ¿Le duele la cabeza?                                            | 1     | 2             | 3               |
| 7. ¿Siente frialdad en las manos y pies, aunque haya calor?        | 1     | 2             | 3               |
| 8. ¿Varía su estado de ánimo sin ninguna razón aparente?           | 1     | 2             | 3               |
| 9. ¿Se lleva bien con las demás personas?                          | 1     | 2             | 3               |
| 10. ¿Tiene dolor de estómago?                                      | 1     | 2             | 3               |
| 11. ¿Se siente temeroso y tenso con las personas que conoce poco?  | 1     | 2             | 3               |
| 12. ¿Se le van las ideas de la mente cuando trata de concentrarse? | 1     | 2             | 3               |
| 13. ¿Toma Ud. la iniciativa para conocer a las personas?           | 1     | 2             | 3               |
| 14. ¿Se siente cansado cuando se despierta por las mañanas?        | 1     | 2             | 3               |
| 15. ¿Tiene Ud. dificultades para establecer una conversación?      | 1     | 2             | 3               |
| 16. ¿Sueña usted mucho?                                            | 1     | 2             | 3               |
| 17. ¿Le gusta su trabajo?                                          | 1     | 2             | 3               |
| 18. ¿Siente usted frío?                                            | 1     | 2             | 3               |

|                                                                                                   |   |   |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|
| 19. ¿Le gustan las discusiones acaloradas?                                                        | 1 | 2 | 3 |
| 20. ¿Se despierta sudando por las noches?                                                         | 1 | 2 | 3 |
| 21. ¿Sufre de mareos?                                                                             | 1 | 2 | 3 |
| 22. ¿Se le olvida lo que estaba pensando o lo que iba a hacer o decir?                            | 1 | 2 | 3 |
| 23. ¿Se siente desdichado?                                                                        | 1 | 2 | 3 |
| 24. ¿Se le olvidan las cosas que le han pasado recientemente?                                     | 1 | 2 | 3 |
| 25. ¿Ha sido frustrante su actividad sexual últimamente?                                          | 1 | 2 | 3 |
| 26. ¿Se despierta con pesadillas?                                                                 | 1 | 2 | 3 |
| 27. ¿Tiene períodos en que se siente cansado y pierde la fuerza?                                  | 1 | 2 | 3 |
| 28. ¿Se pone nervioso cuando tiene que apurarse, aunque sea un poco?                              | 1 | 2 | 3 |
| 29. ¿Tiene energías para sus entretenimientos después del trabajo?                                | 1 | 2 | 3 |
| 30. ¿Se siente mareado?                                                                           | 1 | 2 | 3 |
| 31. ¿La gente lo cansa?                                                                           | 1 | 2 | 3 |
| 32. ¿Le es insoportable el ruido?                                                                 | 1 | 2 | 3 |
| 33. ¿Le resulta fácil levantarse por las mañanas?                                                 | 1 | 2 | 3 |
| 34. ¿Siente los brazos y las piernas entumecidas?                                                 | 1 | 2 | 3 |
| 35. ¿Es Ud. tímido?                                                                               | 1 | 2 | 3 |
| 36. ¿Se irrita Ud. sin motivo aparente?                                                           | 1 | 2 | 3 |
| 37. ¿Le resulta fácil hablar de sí mismo con otras personas?                                      | 1 | 2 | 3 |
| 38. ¿Tiene la piel muy sensible e irritable?                                                      | 1 | 2 | 3 |
| 39. ¿Cuándo comparte con muchas personas suele apartarse o pasar el tiempo con unos pocos amigos? | 1 | 2 | 3 |
| 40. ¿Pierde Ud. la paciencia?                                                                     | 1 | 2 | 3 |
| 41. ¿Le duelen los brazos y las piernas?                                                          | 1 | 2 | 3 |
| 42. ¿Se despierta fácilmente por las noches?                                                      | 1 | 2 | 3 |
| 43. ¿Se siente cansado?                                                                           | 1 | 2 | 3 |
| 44. ¿Siente Ud. dolor y presión cerca del corazón?                                                | 1 | 2 | 3 |
| 45. ¿Siente Ud. pérdidas momentáneas del conocimiento?                                            | 1 | 2 | 3 |
| 46. ¿Tiene Ud. mala memoria?                                                                      | 1 | 2 | 3 |
| 47. ¿Siente el estómago inflamado?                                                                | 1 | 2 | 3 |

**FACTORES:**    1\_\_\_\_\_    2\_\_\_\_\_    3\_\_\_\_\_    4\_\_\_\_\_    **TOTAL:** \_\_\_\_\_

## CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo \_\_\_\_\_: \_\_\_\_\_ autorizo para ser partícipe del estudio sobre “***Relación entre la exposición a gasolina y la función nerviosa en los trabajadores de las gasolineras de la ciudad de León, Nicaragua.***” Que los estudiantes de V año de la carrera de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León), que están realizando, los cuales me han explicado los procedimientos del trabajo, las molestias que me podría provocar (como el tiempo de la realización de las preguntas, las realizaciones del examen físico, las pruebas neurológicas y la toma de muestra de orina). A su vez, me han aclarado todas mis dudas en un lenguaje que yo entienda.

*Considerando los objetivos que los universitarios persiguen y que los resultados de las evaluaciones beneficiaran tanto al alumno como a los sujetos en estudio; el suscrito lo autoriza*

Hecho en León, a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año 201\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Firma o huella digital del trabajador

\_\_\_\_\_  
Firma del Investigador

\_\_\_\_\_  
Firma o huella digital del testigo