

Artículo Original

Contaminación del aire y su influencia en la incidencia de enfermedades respiratorias en Santa Elena Ecuador 2020

Air pollution and its influence on the incidence of respiratory diseases in Santa Elena Ecuador 2020

<https://doi.org/10.52808/bmsa.7e5.612.023>

Luis Henry Torres Ordoñez ^{1,*}

<https://orcid.org/0000-0002-5971-1451>

Alexandra Maribel Arguello Pazmiño ²

<https://orcid.org/0000-0002-1409-6360>

Franklin Enrique Reyes Soriano ³

<https://orcid.org/0000-0002-0480-9689>

Carlos Rigoberto Ortiz Novillo ⁴

<https://orcid.org/0000-0001-9513-4957>

Recibido: 11/01/2021

Aceptado: 12/04/2021

RESUMEN

El uso de combustibles sólidos para cocinar representa el principal riesgo ambiental en América, afectando a 90 millones de personas y causando el fallecimiento de 83.000 personas en el continente en 2016, mientras que en el mundo esta última cifra alcanza más de 4 millones de personas. Al quemar combustibles sólidos como madera, carbón en fogones o estufas se emite monóxido de carbono y elevados niveles de material particulado que quedan suspendidas en el aire. Por su parte, el monóxido de carbono es un reconocido contaminante atmosférico, con gran capacidad para afectar el organismo humano, con propiedades inoloras, incoloras y no irritantes que dificultan su detección. El grado de exposición al monóxido de carbono es evaluado mediante la medición de la saturación de Carboxihemoglobina en sangre, que se determina con técnicas como espectrofotometría de absorción en disolución. Esta investigación se realizó en la comuna de Ayangue, Ecuador, en comedores que continúan la tradición de cocinar en leña como atrayente para los turistas. Se halló una correlación positiva moderada entre el valor promedio de COHb con las horas de la jornada diaria de trabajo ($r = 0,674$); con el uso de leña o carbón para cocinar en el trabajo ($r = 0,537$; 88%); y con la presencia de síntomas físicos como el dolor de cabeza ($r = 0,616$) y náuseas ($r = 0,524$). Estas alteraciones fisiológicas se presentan durante o inmediatamente después de la jornada de trabajo, según el 88% de los sintomáticos.

Palabras clave: Contaminación del aire, monóxido de carbono, carboxihemoglobina, Ayangue.

ABSTRACT

The use of solid fuels for cooking represents the main environmental risk in America, affecting 90 million people and causing the death of 83,000 people on the continent in 2016, while in the world this last figure reaches more than 4 million people. Burning solid fuels such as wood, charcoal in stoves or stoves emits carbon monoxide and high levels of particulate matter that are suspended in the air. For its part, carbon monoxide is a recognized atmospheric pollutant, with a great capacity to affect the human organism, with odorless, colorless and non-irritating properties that make it difficult to detect. The degree of exposure to carbon monoxide is evaluated by measuring the saturation of carboxyhemoglobin in blood, which is determined with techniques such as absorption spectrophotometry in solution. This research was carried out in the Ayangue commune, Ecuador, in dining rooms that continue the tradition of cooking on firewood as an attraction for tourists. A moderate positive correlation was found between the average COHb value and the hours of the daily working day ($r = 0.674$); with the use of firewood or charcoal for cooking at work ($r = 0.537$; 88%); and with the presence of physical symptoms such as headache ($r = 0.616$) and nausea ($r = 0.524$). These physiological alterations appear during or immediately after the work day, according to 88% of the symptomatic ones.

Key words: Air pollution, carbon monoxide, carboxyhemoglobin, Ayangue.

1 Universidad Estatal de Milagro

2 Universidad Estatal de Bolívar

3 Universidad Estatal Península de Santa Elena

4 Universidad de Guayaquil

Autor correspondencia: htordonez@gmail.com

Introducción

El uso de combustibles sólidos para cocinar es un problema de salud pública en América, siendo considerado por la OPS (2018) como el principal riesgo ambiental, el cual afecta a 90 millones de personas; adicionalmente la OMS, (2021) relaciona esta práctica con en el fallecimiento de 83.000 personas en el continente en 2016, mientras que en el mundo esta cifra alcanza más de 4 millones de personas. Esta autoridad sanitaria (OMS, 2014a) explica que al quemar combustibles sólidos como madera, carbón u otras biomásas en fogones o estufas se emite monóxido de carbono y

elevados niveles de pequeñas partículas que quedan suspendidas en el aire, las cuales afectan el organismo produciendo enfermedades pulmonares, accidentes cerebro-vasculares, enfermedades del corazón y cáncer de pulmón, que son las que finalmente conducen en muchos casos a la muerte (Figura 1). Adicionalmente, estudios alrededor del mundo han relacionado esta práctica con el desarrollo de cataratas y otros trastornos oculares (Mohan *et al.*, 1989; Tanchangya & Geater, 2011; Patel *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2021). También se han sugerido posibles asociaciones con problemas perinatales como mortalidad intrauterina, partos prematuros, bajo peso al nacer y mortalidad perinatal (Khan *et al.*, 2017; Islam & Mohanty, 2021; Zhang *et al.*, 2021) y otros tipos de cáncer (White & Sandler, 2017; Balmes, 2019; Gioda *et al.*, 2019)

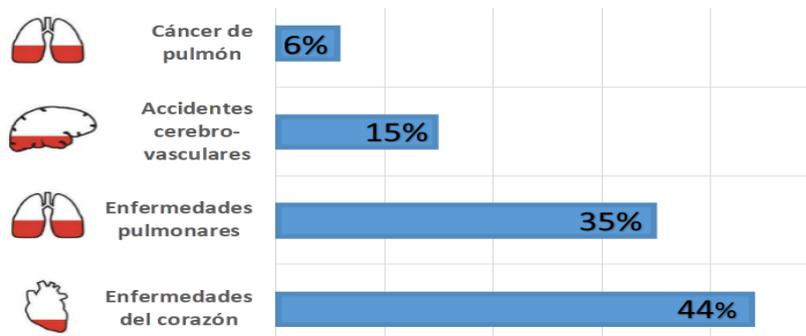


Figura 1. Porcentaje de muertes atribuibles a la contaminación del aire en América

Las partículas sólidas son más conocidas como Material Particulado (PM), y son producto de la combustión ineficiente de elementos como la madera o el carbón. El PM se refiere a partículas sólidas que se encuentran dispersas en el aire, y se clasifican de acuerdo a su diámetro aerodinámico en PM₁₀, cuando no sobrepasa los 10 µm, y en PM_{2.5} en las partículas con diámetro igual o inferior a 2.5 µm, denominadas en tal caso partículas ultrafinas, las cuales penetran profundamente en los pulmones y son las causantes de enfermedades del sistema respiratorio y del sistema circulatorio (Junemann & Legarreta, 2007; Pinzón, 2016; Balmes, 2019). La OMS (2014b) establece niveles máximos de emisión para las partículas ultrafinas de 0,23 mg/min en espacios no ventilados y de 0,80 mg/min en áreas con ventilación.

Por su parte, el monóxido de carbono (CO) es un reconocido contaminante atmosférico, con gran capacidad para afectar el organismo humano, con propiedades inoloras, incoloras y no irritantes que dificultan su detección. En interiores, este gas se libera durante la combustión incompleta de materiales como la madera y el carbón. Los límites permitidos de emisión son de 0,16 g/min para áreas no ventiladas y de 0,59 g/min en espacios sin ventilación (OMS 2014b). Al ser inspirado y llegar a los pulmones, pasa a la circulación enlazándose con el átomo de hierro del complejo protoheme de la hemoglobina. La sustancia resultante es la carboxihemoglobina (COHb) la cual altera la disociación de oxihemoglobina, resultando en la disminución de la capacidad en la sangre de transportar oxígeno y por ende, en una menor provisión de oxígeno a los tejidos. La afinidad de la hemoglobina con el monóxido de carbono es superior a su afinidad con el oxígeno, en proporciones que varían en la literatura entre un 200% y 300% (Pinzón, 2016; Bolaños & Chacón, 2017; Kinoshita *et al.*, 2020; Megas *et al.*, 2021)

Según Ríos, (2011) el grado de exposición al monóxido de carbono es evaluado mediante la medición de la saturación de Carboxihemoglobina en sangre, que se determina con técnicas como espectrofotometría de absorción en disolución. El nivel de COHb obtenido indica la intoxicación o exposición crónica en un lugar de trabajo o el medio ambiente, y sirve como indicador para estimar el monóxido de carbono interior, es decir, la dosis que el individuo ha recibido. Sin embargo, González, (2002); Bolaños & Chacón, 2017 & Kinoshita *et al.*, (2020) indican que además de la concentración del contaminante, la cantidad de COHb formada es dependiente de diversos factores como la duración a la exposición al monóxido de carbono, la temperatura ambiente, el estado de salud y metabolismo del individuo. De un modo similar, los efectos que producen las distintas concentraciones de COHb en el organismo también pueden variar en cada afectado; los más comunes se listan en la tabla 1. De allí que, Veronesi *et al.*, (2017) señalan que COHb es el candidato a biomarcador más utilizado para evaluar la exposición al CO en situaciones agudas y crónicas, pudiendo ser útil en el sistema de vigilancia de la población general, cuando no se dispone de unidades de evaluación de contaminantes locales. Anteriormente, Mussali-Galante *et al.*, (2013) agregan que estos biomarcadores son “señales tempranas de alerta” los cuales reflejan los efectos biológicos adversos producidos por los contaminantes ambientales, al respecto, el Consejo Nacional de Investigaciones (NRC, 1989) y Comité de Marcadores Biológicos del Consejo Nacional de Investigación (CMB NDR), (1989) de Estados Unidos, estos son "Indicadores de eventos en sistemas biológicos o muestras", siendo "herramientas que se pueden utilizar para aclarar la relación, si la hay, entre la exposición a un xenobiótico y enfermedad". Finalmente, la COHb, puede ser un predictor de la calidad de aire local u ocupacional de un grupo poblacional específico.

Tabla 1. Efectos fisiológicos en función de los rangos de concentración de COHb

| Concentración de COHb (%) | Efectos fisiológicos |
|---------------------------|--|
| < 2 | Nivel normal en personas sanas, sin efectos nocivos |
| 2,3 - 4,3 | Disminución estadísticamente significativa (3-7%), en relación entre el tiempo de trabajo y el agotamiento en hombres sanos bajo ejercicio |
| 2,9 - 4,9 | Disminución estadísticamente significativa de la capacidad de ejercicio físico, en pacientes con angina de pecho y de aumento de la duración de los ataques de angina. |
| 5 - 15 | Disminución estadísticamente significativa de la percepción visual, destreza manual, habilidad para aprender, o funcionamiento en tareas sensomotoras complejas |
| 15 - 30 | Cefalea moderada, disnea, falta de oxígeno en músculo cardíaco |
| 30 - 40 | Cansancio, Cefalea fuerte, náusea, vómitos, alteraciones de la visión, debilidad, confusión moderada |
| 40 - 50 | Estado de confusión, pérdida de conciencia, taquicardia, taquipnea |
| 50-60 | Coma, colapso cardiovascular, convulsiones |
| >60 | Rápidamente fatal |

Fuente: González, (2002); Bolaños & Chacón, 2017 & Kinoshita *et al.*, (2020)

Metodología

Estudio prospectivo, intencional no probabilístico, donde se abordaron los trabajadores de 65 comedores tradicionales ubicados en la comuna Ayangue, de la provincia Santa Elena de Ecuador. Se realizó una campaña de información previa, en forma de charla con duración de 45 minutos, en temáticas atrayentes para la población como atención al comensal, nuevas técnicas de preparación gastronómica, los riesgos para la salud de las personas expuestas al humo de las cocinas en leña y consejos prácticos para reducción del riesgo. Las ponencias fueron presentadas por un licenciado en hotelería y turismo, un chef certificado y un toxicólogo, en un área facilitada por los líderes comunitarios. Al finalizar se comunicó la intención de la investigación y el interés de visitar los comedores para la colección de datos.

El criterio de inclusión consistió en cocineros de los comedores ayangueros, con al menos seis meses de antigüedad ejerciendo únicamente dicha labor dentro del establecimiento. Entre los criterios de exclusión se encontraron ser menor de 18 años, ser fumador, estado de gravidez positivo o posible y tener anomalías conocidas en el sistema hepático o hematopoyético (Nufio, 2005).

La población consistió en 42 cocineros, quienes accedieron de forma voluntaria a participar en el estudio dejando constancia escrita. Se les realizó una entrevista dirigida, asegurando así la comprensión de las preguntas. Previamente, una propuesta inicial de 16 ítems fue puesta a consideración de 10 profesionales, el análisis de sus observaciones derivó en la ficha final consistente en 13 ítems: 2 de caracterización, 3 de determinación, 4 específicas y finalmente 4 de percepción, uno de ellos relacionado con las enfermedades respiratorias. Luego de clasificar los resultados de la determinación se aplicaron los criterios de exclusión en: 3 personas fumadoras, 1 en estado de gestación, 2 con antecedentes de hepatitis y 1 con diagnóstico previo de anemia, por lo cual ni los individuos ni las anteriores variables fueron considerados en el análisis estadístico, ni tampoco se reflejan en la Tabla 2. La muestra resultante fue de 35 individuos.

Para la determinación de los niveles de exposición al monóxido de carbono de los 35 individuos, fueron colectados 5 ml de sangre venosa de cada uno, de manera escalonada, al término de sus jornadas de trabajo, usando heparina como anticoagulante y evitando la formación de burbujas o entrada de aire a la jeringa, en consonancia a la metodología planteada por Nufio, (2005). La toma de las muestras se realizó acorde a las normas de bioseguridad preestablecidas, con materiales nuevos y desechables para cada paciente y en presencia de un médico que pudiese atender cualquier eventualidad. Las muestras fueron almacenadas en receptores herméticos individuales debidamente rotulados, luego transportadas al laboratorio en condiciones de oscuridad, y posteriormente almacenadas a una temperatura de 6 grados Celsius.

Para la recuperación de los porcentajes de carboxihemoglobina presentes en cada muestra se aplicó la técnica espectrofotométrica, con el método de Reducción con Ditionito de Sodio descrito por Beutler & West, (1984), el cual fue validado por Ríos, (2011) y acogido por el Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Ecuador, (2017). El procedimiento consiste en agregar 100µL de sangre a 12mL de la solución hemolizante, mezclando en 3 ocasiones con reposo de 10 minutos a temperatura ambiente. Luego se adicionan 2,3ml de solución diluyente de COHb, se mezcla nuevamente, se cubre por otros 10 minutos y posteriormente, se leen las absorbancias a 420 y 432nm, usando como blanco solución diluyente de COHb. Para calcular la fracción de COHb en la muestra se aplica la siguiente ecuación:

$$COHb = \frac{1 - (A_R \times F_1)}{A_R(F_2 - F_1) - F_3 + 1}; \quad \text{Con} \quad F_1 = 1,3330; \quad F_2 = 0,4787; \quad F_3 = 1,9939.$$

Donde A_R es el radio A420/A432 del hemolizado en solución diluyente COHb, y las tres constantes F1, F2, y F3 se calculan a partir de las absorbancias molares publicadas de la COHb a 420 y 432nm. El anterior proceso espectrofotométrico fue realizado 3 veces a cada muestra de manera espaciada, de manera independiente, para finalmente promediar el porcentaje final de COHb correspondiente a cada individuo.

Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre el porcentaje promedio de COHb respecto a las respuestas obtenidas en los 10 ítems relevantes; los datos fueron tabulados en hojas de cálculo, y categorizados en intervalos para su presentación.

Resultados

La provincia de Santa Elena, en Ecuador, esta conformada por 401.178 habitantes de acuerdo a las últimas proyecciones del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2020); de ellos, 215.567 viven en áreas urbanas, mientras que 185.521 lo hacen en zonas rurales. La provincia se distribuye en tres cantones, que a su vez están divididos en parroquias. En 3.086 hogares de la provincia aún se emplea la leña y el carbón como combustible para cocinar entre un total de 76.194 casas censadas en 2010, una proporción de 4 de cada 100 (Figura 2).

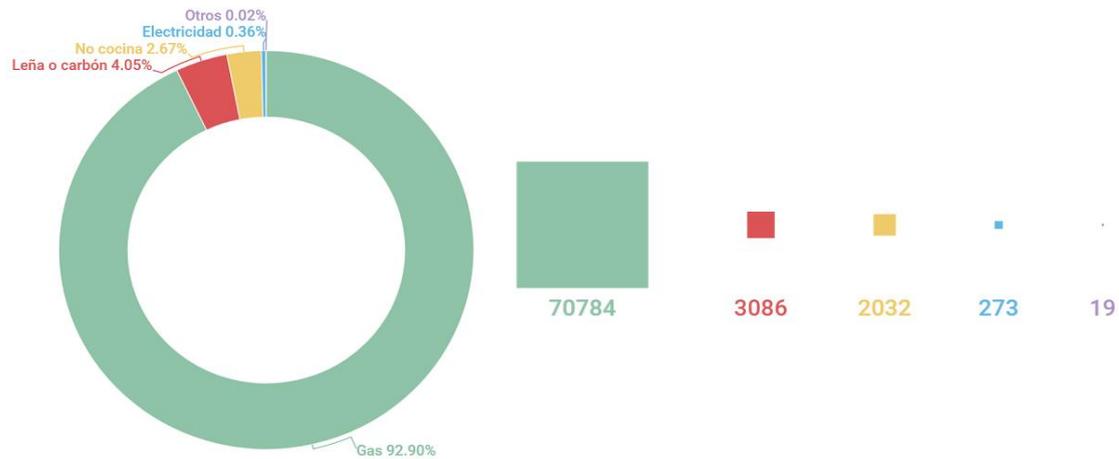


Figura 2. Combustible usado para cocinar en hogares de la provincia Santa Elena, Ecuador
 Fuente: INEC, (2017)

Una de las comunas pertenecientes a la provincia de Santa Elena es Ayangue, adscrita a la parroquia Colonche, ubicada en el litoral pacífico con coordenadas -1.9803418817131309, -80.75277324174598 (Figura 3). Su desarrollo poblacional se concentra en las inmediaciones de la zona costera, en especial de la playa que lleva el mismo nombre (Ministerio de Turismo de Ecuador, s.f.).



Figura 3. Vista satelital de Ayangue, parroquia Colonche, provincia Santa Elena de Ecuador; marcadores en comedores tradicionales; y ubicación en el mapa Nacional
 Fuente: Google, (s.f.).

De acuerdo a Ponce, (2016), en esta región predominaba la pesca como principal actividad económica, pero a mediados del siglo anterior, con ayuda de la Fundación española Fedesco, la comunidad instauró comedores “tradicionales”, con una identidad conjunta de preservación de la cultura y gastronomías costeras. Una de las características comunes de estos establecimientos, heredada de costumbres ancestrales, fue la creación de “bodegas” (cocinas) en la preparación de los alimentos, que usan como combustible leña o carbón, método que se mantiene hasta la actualidad

Ramos (2016) señala que el desarrollo turístico en la región ha permitido el reconocimiento de visitantes tanto nacionales como extranjeros, que identifican los comedores de Ayangue como un atractivo gastronómico tradicional, diferenciado precisamente por los sabores y aromas que aporta la cocina típica en leña a platos como el pescado, el verde, el maduro, los frutos del mar, las sopas y el “arroz ayanguero”, entre otros. Artículos de índole periodística, como El Universo (2015), y campañas de promoción del Ministerio de Turismo de Ecuador, (s.f.) hacen eco de esta percepción.

Tabla 2. Correlación de variables con el valor promedio de COHb

| Ítem | Respuesta | n = 35 | % | Valores promedio de COHb | | | | r |
|---|---------------------------|------------|-------|--------------------------|------------|-------------|-------------|--------------|
| | | | | 0 a 4,99% | 5 a 14,99% | 15 a 29,99% | Mayor a 30% | |
| Género | Femenino | 29 | 82,86 | 8 | 10 | 9 | 2 | -0,044 |
| | Masculino | 6 | 17,14 | 1 | 3 | 2 | 0 | |
| Edad | 18 a 29 | 5 | 14,29 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0,191 |
| | 30 a 39 | 11 | 31,43 | 3 | 4 | 4 | 0 | |
| | 40 a 49 | 12 | 34,29 | 4 | 5 | 2 | 1 | |
| | 50 o más | 7 | 20,00 | 1 | 2 | 3 | 1 | |
| ¿Durante cuántos meses se ha dedicado a cocinar? | 6 a 12 | 9 | 25,71 | 2 | 4 | 3 | 0 | 0,388 |
| | 13 a 24 | 9 | 25,71 | 3 | 4 | 2 | 0 | |
| | 25 o más | 17 | 48,57 | 4 | 5 | 6 | 2 | |
| ¿Qué cantidad de horas diarias labora en la cocina? | Menos de 4 | 6 | 17,14 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0,674 |
| | 4 a 6 | 21 | 60,00 | 5 | 10 | 6 | 0 | |
| | Mayor a 6 | 8 | 22,86 | 0 | 2 | 4 | 2 | |
| ¿Usa Leña o carbón para cocinar en su trabajo? | SI | 28 | 80,00 | 4 | 11 | 11 | 2 | 0,537 |
| | NO | 7 | 20,00 | 5 | 2 | 0 | 0 | |
| ¿Ha padecido de algunos de estos síntomas? | Dolor de cabeza | 22 | 62,86 | 1 | 9 | 10 | 2 | 0,616 |
| | Dificultad para respirar | 13 | 37,14 | 0 | 8 | 4 | 1 | 0,109 |
| | Cansancio, debilidad | 9 | 25,71 | 1 | 2 | 4 | 2 | 0,454 |
| | Náuseas | 11 | 31,43 | 1 | 1 | 8 | 1 | 0,524 |
| | Alteraciones de la visión | 4 | 11,43 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0,180 |
| | Confusión | 1 | 2,86 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0,129 |
| ¿Los anteriores síntomas aparecen durante o inmediatamente después de su trabajo? | SI | 22 (de 25) | 88,00 | 1 | 10 | 9 | 2 | 0,493 |
| | NO | 3 (de 25) | 12,00 | 0 | 1 | 2 | 0 | |
| ¿Considera que su trabajo afecta su salud? | SI | 16 | 45,71 | 2 | 5 | 7 | 2 | 0,425 |
| | NO | 19 | 54,29 | 7 | 8 | 4 | 0 | |
| ¿Considera el humo de la cocina un riesgo para su salud? | SI | 8 | 22,86 | 1 | 2 | 4 | 1 | 0,464 |
| | NO | 27 | 77,14 | 8 | 11 | 7 | 1 | |

En las visitas a la comuna, los autores contabilizaron un total de 65 comedores, entre los trabajadores de estos establecimientos, 35 cocineros formaron la muestra de la investigación. El 83% (n = 29) de los individuos eran mujeres, mientras que los grupos etáreos de 40 a 49 y de 30 a 39 años fueron los más representados, con un 34 y 31% respectivamente. En ninguno de los casos se halló significancia estadística con su nivel de COHb. Casi la mitad de los participantes, un 49% (n = 17), tiene más de dos años en la labor de cocinero. La mediana de esta variable fue de 24 meses, con una desviación estándar de 15,71; por otra parte, el 60% labora entre 4 a 6 horas. Se halló una correlación positiva moderada (r = 0,674) entre la cantidad de horas de la jornada diaria de trabajo y el valor promedio de COHb (Figura 4).

Ante la pregunta sobre el uso de leña o carbón para cocinar en el trabajo, en el 80% de los casos la respuesta fue positiva, con una significancia estadística de r = 0,537. En este grupo, se encontraron niveles de COHb entre 3% y 35%,

con una mediana de 14,11% y una desviación estándar de 8,4. En el caso de los participantes que usan otros tipos de combustión para cocinar, se halló un valor mínimo de 2% un valor máximo de 8%, con una mediana de 3,92% y desviación estándar de 2,14 puntos porcentuales.

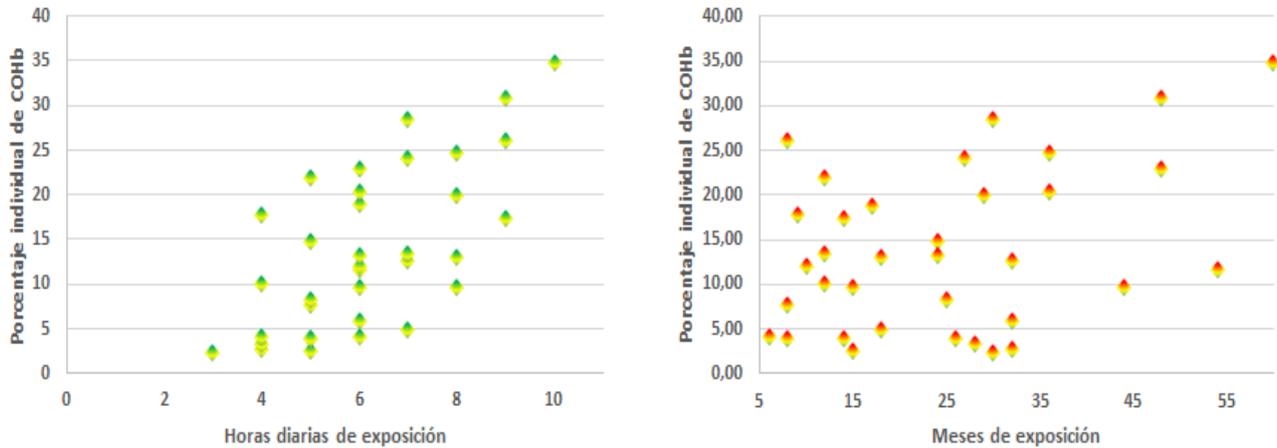


Figura 4. Dispersión de los porcentajes individuales de COHb en función de las horas diarias de exposición al fogón de cocción, y de los meses laborando como cocineros

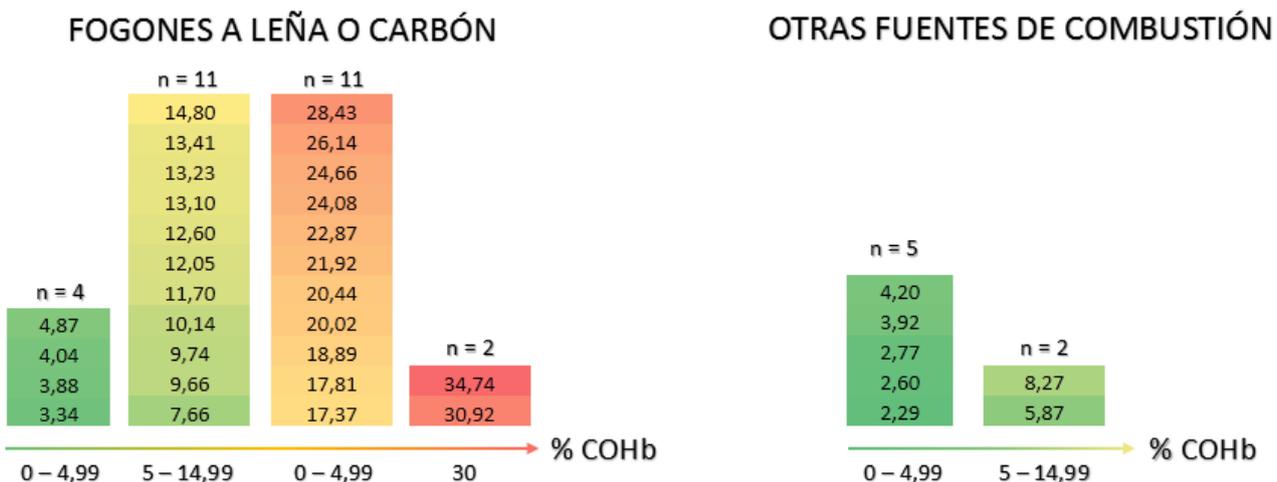


Figura 5. Intervalos de porcentajes de concentración de COHb de acuerdo al combustible usado en la cocción

Un total de 25 participantes manifestaron haber tenido algún síntoma relacionado con niveles alterados de Carboxihemoglobina en su sistema, siendo el dolor de cabeza (n = 22; 63%), la dificultad para respirar (n = 13; 37%), el cansancio o debilidad (n = 9; 26%) y las náuseas (n = 11; 31%) los más prevalentes. Se encontró una correlación positiva moderada entre el nivel de COHb y el dolor de cabeza (r = 0,616), y con la manifestación de náuseas (r = 0,524). Estas alteraciones fisiológicas se presentan durante o inmediatamente después de la jornada de trabajo, según el 88% (n = 22) de los sintomáticos. El 54% de los entrevistados (n = 19) no considera que su labor como cocineros afecte su salud, mientras que sólo el 23% (n = 8) percibe como un riesgo el humo producto de la combustión de la leña al cocinar.

Finalmente, la percepción de los encuestados sobre las afecciones respiratorias por exposición continua debido a la actividad laboral, son coincidentes con los resultados cuantitativos (37%) de las dificultades respiratorias, siendo el miedo a enfermar y morir por asfixia o insuficiencia respiratoria aguda el principal código sociocultural, sin embargo, aun cuando reconocen con riesgo la actividad de cocinar en fogones, declaran que es su cultura ancestral, manifestando su deseo de continuar los pasos de sus antepasados; perpetuando la cultura Ayunguera. A estos códigos se suman los miedos de padecer irritación nasal y ocular, los problemas visuales y la fatiga.

Discusión

La exposición continua de CO, es un riesgo a la salud, además de tener un carácter ocupacional. El género y la edad no arrojarom correlación positiva con los niveles de COHb, mientras que la duración de la jornada (6 ó más horas)

y tiempo de labores (2 ó más años) arrojó una correlación positiva moderada ($r = 0,674$), esto indica que la combustión de material sólido (leña o carbón) es la fuente de CO con efectos acumulativos por tiempo de exposición, quedo demostrado por los valores sanguíneos de COHb, superiores al 20%, lo cual, repercute en la salud como lo señalan González, (2002); Bolaños & Chacón, 2017 & Kinoshita *et al.*, (2020); las afecciones significantes fueron el dolor de cabeza y las náuseas, con correlaciones superiores a 0,5 y porcentajes dispersos entre 20 y 30%, estos hallazgos son coincidentes con los trabajos de Ruiz (2011) que reportan en cocineros guatemaltecos que laboraban en braseros tuvieron valores de concentración de COHb, hasta 30%.

Los declarantes manifestaron la ocurrencia de síntomas que se asocian a la intoxicación con CO, siendo en orden decreciente de importancia dolor de cabeza, dificultad para respirar, cansancio y debilidad, náuseas, alteraciones de la visión, confusión y taquicardia; este orden de importancia porcentual, es coincidente a la evidencia clínica manifestada por González, (2002); Bolaños & Chacón, 2017 & Kinoshita *et al.*, (2020) para valores de COHb entre 15 a 40%. Por otra parte, Hipoxia tisular por desplazamiento del oxígeno en la unión con la hemoglobina, con formación de COHb y por desplazamiento a la izquierda de la curva de disociación de la hemoglobina. Además de la inactivación de diferentes enzimas con formación de hemoproteínas, unión a otras proteínas como la mioglobina muscular y cardíaca, aumento de la formación de radicales libres y del stress oxidativo, y toxicidad intracelular directa. No obstante, la sintomatología causada por la intoxicación por CO es inespecífica y afecta diversos órganos por lo que se requiere un alto nivel de sospecha para su diagnóstico, como lo han reportado Loiselle, (2001) y Salas Pardo, (2003).

Desde otro punto de vista, la COHb es indicador de exposición o cambio biológico, puede predecir precozmente la ocurrencia de la enfermedad. Siendo un indicio de daño pulmonar, un hallazgo con serias implicaciones para los profesionales de la salud y los reguladores ambientales, por lo cual ratificamos los postulados de Veronesi *et al.*, (2017) como candidato a biomarcador en la toxicología pulmonar, en los sistemas de vigilancia. Igualmente, como lo señalan NRC, (1989) y CMB NDR, (1989) son biomarcadores de señales temprana para evaluar el deterioro ambiental, principalmente locales u ocupacionales. De allí que, actividades laborales que incumplan con los niveles de CO en el aire, en esta en controversia a los postulados de la OMS & OIT siendo actividades de riesgo para la salud humana y ambiental, (2018), por esta razón la OMS, (2014b) pide cambiar los fogones de leña hacia cocinas con chimeneas y campanas que favorezca la salida de mas de 75% de las emisiones; situación que se recomienda que adopte la autoridades de la parroquia Colonche y de la provincia Santa Elena de Ecuador para generar cambios de ingeniería sanitaria en los comedores artesanales donde la actividad de combustión de material sólido provoca altas concentraciones y previa exposición continuada, mediante diseños arquitectónicos que mejoren la ventilación y extracción de las emisiones, garantizando los modos y estilos de vida y el valor ancestral por la actividad de los fogoneros. Y, por último, como lo señala el NRC, (1989) y CMB NDR, (1989) la categorización de la COHb como biomarcador requiere de la correlación con valores de CO en el aire, y debido a que su impacto es a nivel local, es importante validar y estandarizar los procedimientos para que tengan rigor científico, pudiendo ser avalados y establecidos como estándares regionales, locales e internacional, desde el punto de vista metodológico.

Conflictos de intereses

Ninguno para declarar

Agradecimiento

A todas las personas e instituciones colaborantes, pero especialmente a los AYUNGUEROS.

Referencias

- Beutler E. & West C. (1984). Simplified Determination of Carboxyhemoglobin. *Clinical Chemistry*. 30(6):871–874. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6723043/>. (Acceso enero 2021).
- Bolaños P. & Chacón C. (2017). Intoxicación por monóxido de carbono. *Medicina Legal de Costa Rica*. 34(1):137-146. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152017000100137&lng=en&tlng=es. (Acceso marzo 2021).
- Consejo Nacional de Investigaciones (NRC). (1989). *Biological markers in reproductive toxicology*. National Research Council. Washington, DC. National Academy Press, 420 pp. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218931/>. (Acceso febrero 2021).
- El Universo. (2015). Hornos de leña, una tradición al paladar. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/vida-estilo/2015/04/13/nota/4764086/hornos-leña-tradicion-paladar/>. (Acceso enero 2021).
- Gioda A., Tonietto G. & Leon A. (2019). Exposição ao uso da lenha para cocção no Brasil e sua relação com os agravos à saúde da população. *Ciencia & saude coletiva*. 24(8):3079–3088. <https://doi.org/10.1590/1413-81232018248.23492017>.

- González, M. (2002). Manual de terapéutica, fundamentos de medicina. Colombia: Corporación de investigaciones biológicas.
- Google. (S.F.). Mapa de Ayangue, Ecuador. Disponible en: <https://www.google.com/maps/place/Ayangue,+Ecuador/@-1.9807064,-80.7538461,16z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x902dd9c74bfaf5:0x364b1ea643a1d5ce!8m2!3d-1.9804241!4d-80.7477708?hl=es>
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). (2017). Resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador. Fascículo provincial Santa Elena. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/santa-elena.pdf>. (Acceso enero 2021).
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). (2020). Proyección de la población ecuatoriana, por años calendario, según regiones, provincias y sexo. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/Proyecciones_Poblacionales/PROYECCION_PROVINCIAS_SEXOS_Y_AREA_S_2010_2020.xlsx (Acceso enero 2021).
- Islam S., & Mohanty S. (2021). Understanding the association between gradient of cooking fuels and low birth weight in India. *SSM - population health*, 13, 100732. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2021.100732>.
- Junemann A. & Legarreta A. (2007). Inhalación de humo de leña: una causa relevante pero poco reconocida de Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. *Revista Argentina de Medicina Respiratoria*. 7(2):51-5. Disponible en: http://www.ramr.org/articulos/volumen_7_numero_2/articulo_especial/articulo_especial_inhalacion_de_humo_de_leña_una_causa_relevante_pero_poco_reconocida.pdf. (Acceso enero 2021).
- Khan N., Zhang C., Islam M., Islam R., & Rahman M. (2017). Household air pollution from cooking and risk of adverse health and birth outcomes in Bangladesh: a nationwide population-based study. *Environmental health: a global access science source*. 16(1):57. <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0272-y>.
- Kinoshita H., Türkan H., Vucinic S., Naqvi S., Bedair R., Rezaee R., *et al.* (2020). Carbon monoxide poisoning. *Toxicology reports*. 7:169–173. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.01.005>.
- Li X., Guo Y., Liu T., Xiao J., Zeng W., Hu J., *et al.* (2021). The association of cooking fuels with cataract among adults aged 50 years and older in low- and middle-income countries: Results from the WHO Study on global AGEing and adult health (SAGE). *The Science of the total environment*. 790:148093. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148093>.
- Loiselle JM. Quemaduras e inhalación de humo. En: Selbest SM, Cronan K. *Secretos de las urgencias en pediatría*. México: McGraw Hill, 2001: 316-7.
- Megas I., Beier J. & Grieb G. (2021). La historia de la intoxicación por monóxido de carbono. *Medicina (Kaunas, Lituania)*. 57(5):400. <https://doi.org/10.3390/medicina57050400>.
- Ministerio de Turismo de Ecuador. (S.F.) Ayangue, “la piscina del Pacífico” ecuatoriano. Disponible en: <https://www.turismo.gob.ec/ayangue-la-piscina-del-pacifico-ecuatoriano/>. (Acceso enero 2021).
- Mohan M., Sperduto R., Angra S., Milton R., Mathur R., Underwood B., *et al.* (1989) India-US case-control study of age-related cataracts. *Archives of Ophthalmology*. 107(5):670-6. <https://doi.org/doi:10.1001/archophth.1989.01070010688028>.
- National Research Council (US) Committee on Biologic Markers (NDR CBM). (1989). *Biologic Markers in Pulmonary Toxicology*. National Academies Press (US). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218931/>. (Acceso febrero 2021).
- Nufio, I. (2005). Determinación de niveles de contaminación producida por monóxido de carbono en trabajadores de parqueos en sótanos de edificios por vehículos automotores en la ciudad de Guatemala. Guatemala. (Tesis para la obtención del título como Licenciada en Química Farmacéutica). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3188.pdf.
- OIT (Organización Internacional del Trabajo) & OMS. (2018). Monóxido de carbono. Disponible en: https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=es&p_card_id=0023&p_version=2. (Acceso enero 2021).
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2014a). La OMS establece parámetros para reducir los daños para la salud debidos a la contaminación del aire de interiores. Disponible en: <https://apps.who.int/mediacentre/news/releases/2014/indoor-air-pollution/es/index.html>.

- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2014b). Quema de combustible en los hogares. Resumen de Orientación. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/144310/WHO_FWC_IHE_14.01_spa.pdf?ua=1.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2021). Calidad del aire. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>. (Acceso febrero 2021).
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). (2018). Calidad del Aire en Interiores. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire/calidad-aire-interiores>. (Acceso febrero 2021).
- Patel M., Shrestha M., Manandhar A., Gurung R., Sadhra S., Cusack R., *et al.* (2020). Effect of exposure to biomass smoke from cooking fuel types and eye disorders in women from hilly and plain regions of Nepal. *The British journal of ophthalmology*, *bjophthalmol-2020-316766*. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2020-316766>.
- Pinzón V. (2019). Medición de la exposición a material particulado, monóxido de carbono y black carbon por combustión doméstica de leña en la vereda Los Soches, Usme. (Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Ambiental). Universidad de Los Andes, Colombia. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/45532>. (Acceso febrero 2021).
- Ponce B. (2017). Evaluación de la oferta gastronómica de la comuna de Ayangué, para el desarrollo de un plan de promoción turística. (Tesis previa a la obtención del título de Licenciado en turismo y hotelería). Universidad de Guayaquil. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18365>. (Acceso febrero 2021).
- Ramos I. (2016). Evaluación de la calidad de servicio en los comedores ubicados en el malecón de la playa de Ayangué, parroquia Colonche, provincia de Santa Elena, año 2016. (Tesis previa a la obtención del título de Licenciado en turismo y hotelería). Universidad de Guayaquil. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/10210>. (Acceso febrero 2021).
- Ríos S. (2011). Validación del método para la determinación de carboxihemoglobina en sangre total por técnica espectrofotométrica con reducción de ditionito de sodio. (Tesis para optar al título de Magister en Toxicología) Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7975>. (Acceso febrero 2021).
- Ruiz M. (2011). Determinación de niveles de contaminación por monóxido de carbono en trabajadoras de tortillerías a base de leña de la Ciudad de Guatemala. (Para optar al título de Química Farmacéutica). Universidad de San Carlos De Guatemala, Facultad de ciencias químicas y farmacia. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3188.pdf. (Acceso febrero 2021).
- Salas Pardo E. (2008). El empleo del oxígeno hiperbárico en Medicina Intensiva y Urgencias. Intoxicación por monóxido de carbono tratamiento con OHB. En: Sociedad Andaluza de Medicina Intensiva, Urgencias y Coronarias. Principios de Urgencias, Emergencias y Cuidados Críticos Andalucía: SAMIUC, Disponible en: <http://tratado.uninet.edu> (Acceso enero 2021).
- Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Ecuador, (2017). Instructivo para la determinación cuantitativa de carboxihemoglobina por espectrofotometría UV-VIS. P10. Disponible en: https://www.cienciasforenses.gob.ec/wp-content/uploads/2019/07/6_Carboxihemoglobina_por_espectrofotometria_UV-VIS.pdf (Acceso febrero 2021).
- Tanchangya J., & Geater A. (2011). Use of traditional cooking fuels and the risk of young adult cataract in rural Bangladesh: a hospital-based case-control study. *BMC ophthalmology*. 11:16. <https://doi.org/10.1186/1471-2415-11-16>.
- Veronesi A., Pecoraro V., Zauli S., Ottone M., Leonardi G., Lauriola P. & Trenti T. (2017). Use of carboxyhemoglobin as a biomarker of environmental CO exposure: critical evaluation of the literature. *Environ Sci Pollut Res*. 1:1-12. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0270-1>.
- White A., & Sandler D. (2017). Indoor Wood-Burning Stove and Fireplace Use and Breast Cancer in a Prospective Cohort Study. *Environmental health perspectives*, 125(7), 077011. <https://doi.org/10.1289/EHP827>
- Zhang Y., Qiu J., Zhou M., He X., Cui H., Xu X., *et al.* (2021). Cooking stoves and risk of birth defects in urban China. *Environmental research*, 194, 110731. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110731>.