



Monóxido de carbono en espacios interiores y su relación con el consumo de leña

Carbon monoxide in interior spaces and its relationship with the consumption of firewood

Sánchez-Imaña, Marimar^{1*}

Rojas-Bardález, Alfonso¹

López-Rojas, Jhon Jairo¹

Guerra-Saldaña, Miguel¹

Velasquez-Garcia, Diego¹

¹Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

Recibido: 20 May. 2022 | **Aceptado:** 5 Jul. 2022 | **Publicado:** 20 Jul. 2022

Autor de correspondencia*: marimarsanchezi@alumno.unsm.edu.pe

Cómo citar este artículo: Sánchez-Imaña, M., Rojas-Bardález, A., López-Rojas, J.J., Guerra-Saldaña, M. & Velasquez-Garcia, D. (2022). Monóxido de carbono en espacios interiores y su relación con el consumo de leña. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(2), e379. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i2.379>

RESUMEN

El trabajo consistió en determinar la concentración de monóxido de carbono (CO) y su relación con el consumo de leña en 39 viviendas distribuidas en seis barrios de la zona urbana en la localidad de Calzada. Durante una semana y en tres momentos del día se midió la concentración de CO en cada vivienda con un equipo de medición TROTEC BG20 y se cuantificó aleatoriamente la leña por conteo directo. Se determinó las diferencias en la concentración de CO y el consumo de leña entre barrios. El análisis de agrupamiento mostró diferencias en la distribución de la composición de las concentraciones de CO, la leña de los barrios y los días de la semana. Asimismo, se determinó que el consumo de leña/persona y el número de personas por familia no influyeron en las concentraciones de CO. Se espera que el CO aumente en 442,62 ppm por cada kg adicional de leña consumido por una persona, y si se suma una persona a cada familia, aumentará en 55,85 ppm. El aumento de familias dependientes de leña para cocinar incrementaría las emisiones de CO en viviendas rurales con poca ventilación.

Palabras clave: contaminación; aire; gases; salud familiar

ABSTRACT

The work consisted of determining the concentration of carbon monoxide (CO) and its relationship with the consumption of firewood in 39 homes distributed in six neighborhoods of the urban area in the town of Calzada. During one week and at three times of the day, the concentration of CO was measured in each dwelling with a TROTEC BG20 equipment and the firewood was randomly quantified by direct counting. Differences in CO concentration and firewood consumption between neighborhoods were determined. Cluster analysis showed differences in the compositional distribution of CO concentrations, firewood from neighborhoods, and days of the week. It was determined that the consumption of firewood/person and the number of people per family did not influence CO concentrations. CO is expected to increase by 442.62 ppm for each additional kg of firewood consumed by one person, and if one person is added to each family, it will increase by 55.85 ppm. The increase in families dependent on firewood for cooking would increase CO emissions in rural homes with poor ventilation.

Keywords: pollution; air; gases; family health



1. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, la OMS (2021), refiere que alrededor de 2600 millones de personas cocinan en sus hogares mediante fuegos abiertos y empleando carbón y biomasa (excremento de animales y madera), esta actividad genera partículas y gases contaminantes del aire en el interior de los hogares que constituyen un riesgo importante para el estado de salud del ser humano (Carazo Fernández et al., 2013; Coffey et al., 2019). Gran parte de la población no es consciente del riesgo de las actividades de cocinar en espacios sin una buena ventilación, ya que pueden generar un elevado nivel de contaminación (Sabater, 2020).

Entre los factores con mayor probabilidad de exposición preocupante en las viviendas son la cocina a gas y aparatos de calefacción sin conductos de humo para emisiones de monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno (NO₂) (Raw et al., 2004). Mientras que el tiempo de cocción, tipo de combustible (carbón y biomasa), material del techo aumentan la concentración de metales pesados, partículas y monóxido de carbono que alteran el ambiente interior (Nakora et al., 2020).

El CO generado por el proceso de combustión es la principal causa de muerte no intencional (Motta et al., 2015; Nyombi et al., 2020). Entre las enfermedades derivadas por la respiración de altas concentraciones de CO en espacios interiores están las intoxicaciones agudas, náuseas, fatigas, cefaleas, enfermedades respiratorias cardiacas, entre otras (Forero Garzón, 2021).

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018), en octubre del 2017 en el Perú se registró que el 21,2% del total de viviendas hacen uso de combustibles contaminantes para la cocción de sus alimentos. De los cuales, el 70,1% del total viviendas del ámbito rural y el 7,1% del total de hogares del ámbito urbano utilizan combustibles contaminantes. Los principales combustibles contaminantes empleados son la leña, briquetas de carbón, carbón vegetal y queroseno (Aguilar, 2002) relacionados a la pobreza extrema (Alosilla Castillo, 2014).

En la región San Martín, del total de hogares registrados en el 2017, el 31,9% emplea combustibles contaminantes como leña o sus derivados para cocinar sus alimentos (INEI, 2019). En el distrito de Calzada se registró en el 2017, un total de 1280 hogares, de los cuales el 69,77% equivalente a 893 hogares hace uso de leña para cocinar sus alimentos, perteneciendo el 84,99% a la zona urbana y el 15,01% en el ámbito rural (INEI, 2018).

Bajo este contexto y considerando las problemáticas causantes por uso de combustibles contaminantes en las viviendas, se plantea determinar la relación entre la concentración de monóxido de carbono y el consumo de leña en los hogares de la localidad de Calzada.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron en 39 viviendas distribuidas en 6 barrios de la ciudad de Calzada, Departamento de San Martín, Perú (Figura 1).

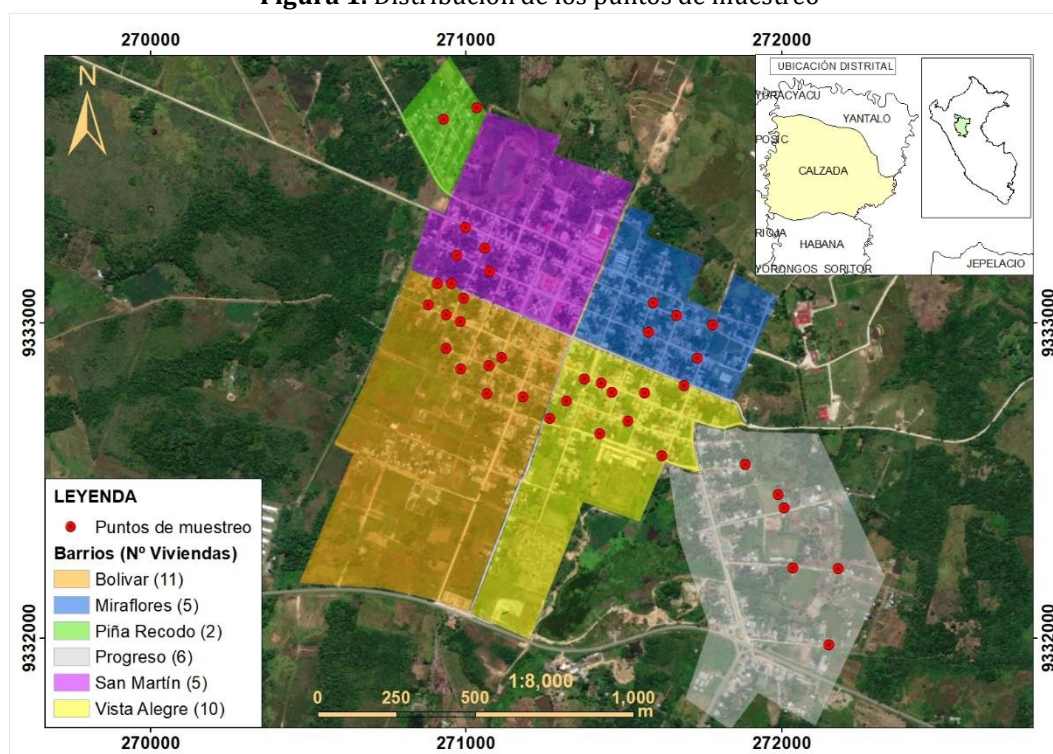
Previo coordinación con los moradores de cada vivienda, se realizó la medición de la concentración de monóxido de carbono en forma directa e in situ en las cocinas, utilizando un equipo de medición de gases (modelo TROTEC BG20) con un rango de medición de 0 a 12 800 ppm. Las mediciones se realizaron de lunes a domingo (mañana, tarde y noche) en cada vivienda.

La cantidad de leña utilizada en cada vivienda se cuantificó por conteo directo y de manera aleatoria en horarios de la mañana, mediodía y por las tardes durante una semana. Los horarios estaban supeditados a la hora que iniciaban con la preparación de sus alimentos.

Se realizó el análisis de varianza para los datos que cumplían los supuestos de normalidad y homocedasticidad, y pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis) en el caso de no cumplir con los supuestos. Para determinar la diferencia de la emisión de CO entre los barrios y los días de la semana se aplicó el

análisis de varianza, estadístico que también fue aplicado para determinar la diferencia de la leña consumida entre los barrios y los días de la semana. Se realizó un análisis de agrupamiento de grupos pareados (UPGMA) con distancia euclidiana para determinar las diferencias de la emisión de concentración de CO y la leña consumida entre los barrios y los días de la semana. Por otro lado, se desarrolló una regresión lineal para determinar la influencia del consumo de leña y el número de personas en la emisión de concentración de CO. Todos los análisis fueron ejecutados en el software R.

Figura 1. Distribución de los puntos de muestreo



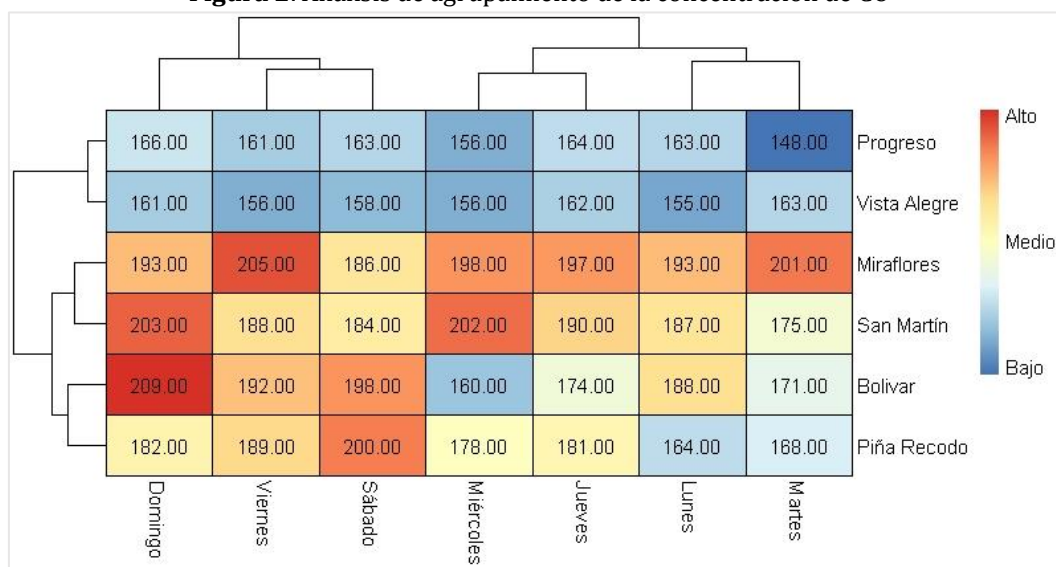
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Concentración de CO por barrio y por días de la semana

Basado en los datos obtenidos, hubo diferencia significativa de la emisión de CO entre los barrios ($H = 27,07$, $gl = 5$, $p = 0,00$), mientras que, la emisión de CO no difirió entre los días de la semana ($F = 0,42$, $gl = 6$, $p = 0,86$). Según el análisis de agrupamiento, se formaron dos grupos, el primer grupo estuvo conformado por los barrios Progreso y Vista Alegre, estos fueron similares en concentraciones bajas de CO ya que no tuvieron mucha variación en emisiones durante los días de la semana. El otro grupo estuvo conformado por dos subgrupos, Miraflores y San Martín que fueron los barrios con mayor concentración de CO y, los barrios Bolívar y Piña Recodo presentaron concentraciones intermedias de CO y presentaron mayor variación durante los días de la semana. Los días con mayor variación y concentración de CO fueron los viernes, sábado y domingo (Figura 2).

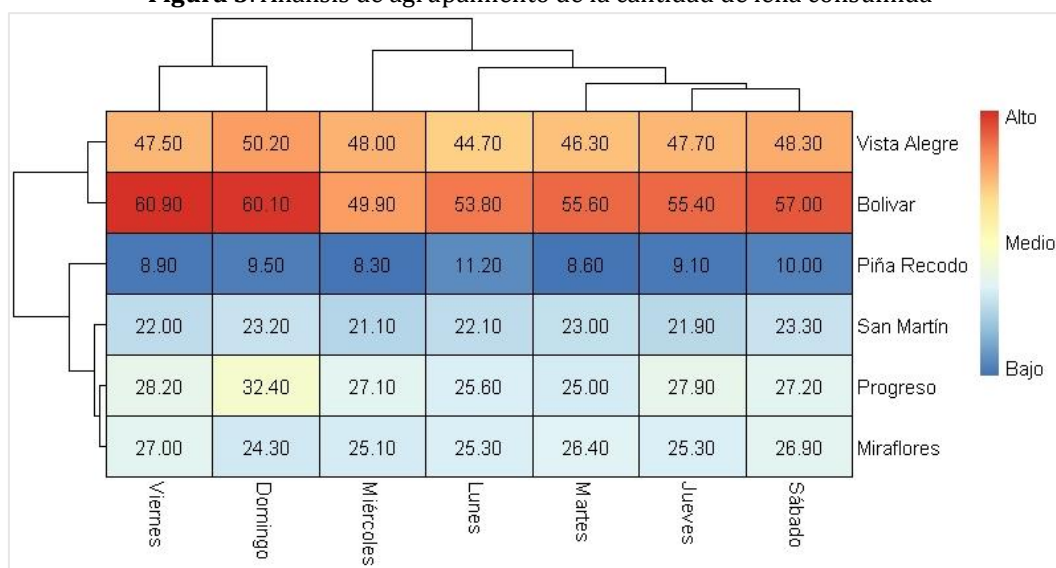
Figura 2. Análisis de agrupamiento de la concentración de CO



Cantidad de leña por barrio y por días de la semana

Con respecto a la leña consumida, hubo diferencia significativa entre los barrios ($H = 39,11$, $gl = 5$, $p = 0,00$), mientras que, no hubo diferencia entre los días de la semana ($F = 0,03$, $gl = 6$, $p = 0,99$). Según el análisis de agrupamiento, se formaron dos grupos, el primer grupo estuvo conformado por los barrios Vista Alegre y Bolívar, estos fueron similares en las altas cantidades de leña utilizada y no presentaron mucha variación en la cantidad de leña utilizada durante la semana de muestreo. El otro grupo estuvo conformado por dos subgrupos, siendo el primer subgrupo conformado por San Martín, Progreso y Miraflores que presentaron cantidades semi intermedias de cantidad de leña utilizada y, el barrio Piña Recodo presentó valores bajos de cantidad de leña utilizada durante toda la semana. Los días con mayor variación de uso de la cantidad de leña fueron los fines de semana (Figura 3).

Figura 3. Análisis de agrupamiento de la cantidad de leña consumida



Relación entre monóxido de carbono, consumo de leña y personas por familia.

Los barrios con mayor concentración de CO fueron Miraflores y San Martín con 196,1 y 189,9 ppm respectivamente, mientras que Vista Alegre y Progreso presentaron bajas concentraciones con 158,7 y 160,1 ppm respectivamente. El consumo de leña por persona y el número de personas por familia fueron proporcionalmente similares (Tabla 1).

No hubo relación entre las concentraciones de monóxido de carbono al interior de las viviendas y el consumo de leña/persona ($r = 0,38$, $gl = 4$, $p = 0,45$), apenas el 14% de las concentraciones se deben a la cantidad de leña consumida por persona. Además, se estima que por cada kg de leña adicional que consume una persona, la concentración de monóxido de carbono se incrementaría en 442,62 ppm. Asimismo, no hubo relación entre las concentraciones de monóxido de carbono al interior de las viviendas y el número de personas por familia ($r = 0,58$, $gl = 4$, $p = 0,23$), el 34% de las concentraciones se deben al número de personas por familia.

Se estima que, por cada miembro adicional en las familias, la concentración de monóxido de carbono se incrementaría en 54,85 ppm. Por último, no hubo una relación entre consumo de leña por persona y el número de personas por familia ($r = 0,61$, $gl = 4$, $p = 0,19$), dado que en el 38% de los casos el consumo de leña se debe al número de personas por familia. Asimismo, se estima que por cada miembro adicional en las familias el consumo de leña se incrementaría en 0,05 kg.

Tabla 1. Promedios de las concentraciones de CO, consumo de leña por persona y personas por familia

Barrios	Concentración de monóxido (ppm)	Consumo de leña/persona (kg/persona)	Número de personas /familia
Progreso	160,1	1,063	4,5
Vista Alegre	158,7	1,056	4,4
Bolívar	184,6	1,079	4,7
Miraflores	196,1	1,073	4,8
San Martín	189,9	1,065	4,4
Piña Recodo	180,3	1,041	4,5
Promedio	178,3	1,063	4,6

3.2. Discusión

En la investigación participaron 39 familias distribuidas entre los seis barrios con un total de 168 personas lo cual significa que el número de miembros por familia está entre 4 a 5 aproximadamente. Durante las visitas en las viviendas se pudo evidenciar que las familias presentaban cocinas en espacios abiertos o ventilados lo cual hace que la acumulación de humo al interior no sea de grandes proporciones (CO entre 148 y 209 ppm). Sin embargo, es necesario considerar que concentraciones mayores de 200 ppm en espacios interiores pueden generar ligero dolor de cabeza, fatiga, náuseas y mareos (Chavarría Rosales, 2015).

Mejía (2011) menciona que la leña en la zona rural continúa siendo de uso tradicional, no solo por condiciones económicas, sino por condiciones culturales. Los habitantes de la zona rural conservan una relación directa con su entorno, utilizando la leña y el gas como combustible. De esta manera, este grupo socioeconómico podría estar más expuesto a concentraciones altas de contaminantes en viviendas con baja permeabilidad sin recambio de la cocina, por lo que podría afectar la salud de los habitantes (Tika Ram & Hom Bahadur, 2020).

Según el análisis de regresión, la relación entre las concentraciones de monóxido de carbono al interior de las viviendas y el consumo de leña por personas fue baja, apenas el 14% de los casos de dichas concentraciones se debe a la cantidad de leña consumida por persona, esto se debió a que las cocinas o espacios para cocinar con leña presentaban una buena ventilación o ventilación cruzada. Similar a lo

reportado en otros estudios (Nakora et al., 2020; Sabater, 2020) en donde afirman que, condiciones óptimas de ventilación como una ventilación cruzada en espacios interiores permite reducir las concentraciones por la rápida circulación y posterior salida del contaminante.

Por otra parte, la relación entre las concentraciones de monóxido de carbono y el número de personas por familia fue moderada, debido a que el 34% de los casos se debe al número de personas por familia; y la relación entre consumo de leña y el número de personas por familia fue alta, dado que en el 38% de los casos el consumo de leña se debe al número de personas por familia, esto se atribuye a que la cantidad de leña consumida es proporcional a la cantidad de alimentos a preparar. Entre los principales factores que no fueron considerados en el presente estudio y que tienden a incrementar los niveles de CO en los espacios interiores de viviendas rurales son: cocinar comidas que demandan mayor tiempo de cocción y la no preferencia en el uso de leña fresca o seca. Adicionalmente, es necesario considerar el material de construcción de los techos de las cocinas (Nakora et al., 2020).

Cabe mencionar que, en el presente estudio la mayor parte de las madres emplean recursos inadecuados como plásticos para prender el fuego en la cocina tradicional generando productos tóxicos y nocivos para su salud, similar a lo reportado por Chavarría Rosales (2015). En efecto, es necesario que futuras investigaciones enfoquen alternativas ambientales en el humo generado por combustión de diversos tipos, por ejemplo, la obtención del ácido piroleñoso (Pimenta et al., 2018) para promover la germinación de semillas y crecimiento de los cultivos (Grewal et al., 2018)

4. CONCLUSIONES

Se concluye que las concentraciones de monóxido de carbono en espacios interiores de las viviendas en la localidad de Calzada no fueron muy elevadas porque contaban con ambientes de cocinas abiertas y/o ventiladas, permitiendo que las concentraciones de monóxido de carbono no se acumulen y se dispersen rápidamente, reduciendo los problemas respiratorios por riesgos de inhalación.

Asimismo, la leña es consumida de manera proporcional a la cantidad de alimentos a cocinar y al tiempo de cocción de cada alimento, existiendo mayor emisión de CO cuando la leña utilizada es verde o húmeda en comparación de la leña seca. Se recomienda futuras investigaciones con fines de conservación enfocadas en diferenciar las concentraciones de CO emitidas en especies arbóreas y/o arbustivas, y de esta manera estimar qué especies son las más utilizadas por las poblaciones rurales.

FINANCIAMIENTO

Ninguno

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Sánchez-Imaña, M; Rojas-Bardález, A.

Curación de datos: López-Rojas, J. J; Guerra-Saldaña, M.

Análisis formal: López-Rojas, J. J; Guerra-Saldaña, M.

Investigación: Sánchez-Imaña, M; Rojas-Bardález, A.; Velasquez-Garcia, D.

Metodología: López-Rojas, J. J; Guerra-Saldaña, M.

Supervisión: Rojas-Bardález, A.

Validación: Rojas-Bardález, A.

Redacción - borrador original: Sánchez-Imaña, M; Rojas-Bardález, A.; Velasquez-Garcia, D.
Redacción - revisión y edición: Sánchez-Imaña, M; Rojas-Bardález, A.; Velasquez-Garcia, D.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M. (2002). Indoor, Outdoors and in Transit Exposure To Carbon Monoxide in Trujillo, Peru. *Asociacion Del Aire Ambiental*, 1, 459–464. <https://trid.trb.org/view/735197>
- Alosilla Castillo, Y. N. (2014). *Problemática ambiental de las concentraciones de monóxido de carbono en viviendas del sector de Camata del distrito de Plateria provincia de Puno 2013* [Universidad Privada San Carlos Puno]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4440>
- Carazo Fernández, L., Fernández Alvarez, R., González-Barcala, F. J., & Rodríguez Portal, J. A. (2013). Contaminación del aire interior y su impacto en la patología respiratoria. *Archivos de Bronconeumología*, 49(1), 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2012.04.005>
- Chavarría Rosales, A. G. (2015). *Relación entre el nivel de monóxido de carbono intradomiciliar y función pulmonar* [Universidad Rafael Landívar]. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/09/03/Chavarria-Ana.pdf>
- Coffey, E. R., Pfothauer, D., Mukherjee, A., Agao, D., Moro, A., Dalaba, M., Begay, T., Banacos, N., Oduro, A., Dickinson, K. L., & Hannigan, M. P. (2019). Kitchen Area Air Quality Measurements in Northern Ghana: Evaluating the Performance of a Low-Cost Particulate Sensor within a Household Energy Study. *Atmosphere*, 10(7), e400. <https://doi.org/10.3390/atmos10070400>
- Forero Garzón, Y. (2021). La calidad del aire interior y su incidencia en la salud de las personas. [Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/40242>
- Grewal, A., Abbey, Lord, & Gunupuru, L. R. (2018). Production, prospects and potential application of pyrolygneous acid in agriculture. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 135, 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.09.008>
- INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017 – XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. <http://censo2017.inei.gob.pe/>
- INEI. (2019). *Hogares en los que cocinan con combustibles contaminantes*. www.inei.gob.pe
- Motta, F. ., Salas Plata, J. ., Quevedo, H. ., & Velásquez, G. . (2015). Efectos en la salud humana debido a la contaminación interior por Monóxido de Carbono en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Cultura Científica Y Tecnológica*, 20. <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/446>
- Nakora, N., Byamugisha, D., & Birungi, G. (2020). Indoor air quality in rural Southwestern Uganda: particulate matter, heavy metals and carbon monoxide in kitchens using charcoal fuel in Mbarara Municipality. *SN Applied Sciences*, 2(12), e2037. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03800-0>
- Nyombi, A., Williams, M. R., & Wessling, R. (2020). Toxic emissions from smouldering combustion of woody biomass and derived char with a case study of CO build-up in an ISO container. *Energy Sources*, 42(24), 2990–3007. <https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1623348>
- OMS. (2021). *Contaminación del aire doméstico y salud*. Contaminación Del Aire Doméstico y Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>
- Pimenta, A. S., Fasciotti, M., Monteiro, T. V. C., & Lima, K. M. (2018). Chemical Composition of Pyrolygneous Acid Obtained from Eucalyptus GG100 Clone. *Molecules*, 23(2), 426. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES23020426>
- Raw, G. J., Coward, S. K. D., Brown, V. M., & Crump, D. R. (2004). Exposure to air pollutants in English

homes. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 14(S1), S85–S94.
<https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500363>

Sabater, V. (2020). *La contaminación del aire en los espacios interiores: un peligro para tu salud - Mejor con Salud*. La Contaminación Del Aire En Los Espacios Interiores y Sus Efectos.
<https://mejorconsalud.as.com/contaminacion-aire-espacios-interiores-peligro-salud/>

Tika Ram, P., & Hom Bahadur, R. (2020). Hourly Firewood Consumption Patterns and CO2 Emission Patterns in Rural Households of Nepal. *Designs*, 4(4), 46. <https://doi.org/10.3390/designs4040046>