



EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS POR CONSUMO DE CARBÓN VEGETAL EN VIVIENDAS FAMILIARES DE LAS COMUNIDADES DE ISHOTSHIMANA Y PUJURU, CABO DE LA VELA, URIBIA-LA GUAJIRA, COLOMBIA

SELEINER ZULAY ELIAS GUILLEN

**Ingeniera Ambiental-Especialista Desarrollo y Consumo Sostenible
e-mail: selias@uniguajira.edu.co; seleiner-11@hotmail.com**

**Maestría en Ciencias Ambientales SUE Caribe
Universidad de La Guajira
Riohacha-La Guajira
2022**



**EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS POR CONSUMO DE CARBÓN
VEGETAL EN VIVIENDAS FAMILIARES DE LAS COMUNIDADES DE
ISHOTSHIMANA Y PUJURU, CABO DE LA VELA, URIBIA-LA GUAJIRA,
COLOMBIA**

SELEINER ZULAY ELIAS GUILLEN
Ingeniera Ambiental-Especialista Desarrollo y Consumo Sostenible
e-mail: selias@uniguajira.edu.co; seleiner-11@hotmail.com

**Tesis presentada como requisito para optar al título de:
Magister en Ciencias Ambientales**

**Directora:
PhD. Yoma Isabel Mendoza Guerra
Ingeniera del Medio Ambiental**

**Línea de Investigación:
Desarrollo sostenible de ecosistemas marinos, costeros y terrestres-
Universidad y sociedad**

**Grupo de Investigación:
Grupo de Investigación GISA**

**Maestría en Ciencias Ambientales SUE Caribe
Universidad de La Guajira
Riohacha-La Guajira
2022**



DEDICATORIA

Dedicado a Bienvenido Bastidas Molina y Martha Guillen, por su cariño, apoyo y comprensión incondicional.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia damos las gracias a DIOS nuevamente por brindarme la oportunidad de poder prepararme como futura profesional en la Universidad de La Guajira la cual es un privilegio, a mi directora de tesis Yoma Isabel Mendoza Guerra quien siempre estuvo presente en el desarrollo del trabajo brindándome sus conocimientos y reflejando su aporte con el fin de cumplir con los objetivos en el proyecto.

Para finalizar quiero dar las gracias por su dedicación y apoyo a mis padres, mi esposo y líderes de la comunidad en donde me recibieron gratamente.

RESUMEN

Las condiciones socioeconómicas y ambientales van encaminadas a la utilización de recursos para su beneficio, es por eso que el carbón vegetal es una fuente calórica utilizada desde hace varios siglos para satisfacer las necesidades humanas. Esta investigación tiene como objetivo evaluar las emisiones de contaminantes atmosféricos asociados al consumo de carbón vegetal de las comunidades ISHOTSHIMANA y PUJURU ubicadas en el Cabo de la Vela, Uribí La Guajira. Para alcanzar este objetivo fue necesario caracterizar las fuentes de emisiones de contaminantes atmosféricos generados por la utilización de este combustible, en donde se tuvo en cuenta el número de integrantes por familia, el tiempo de cocción de los alimentos, cada cuanto mantenían el fogón, lo que permitió estimar la concentración de los contaminantes, especialmente material particulado (PM_{10} , $PM_{2,5}$ y PST) y CO_2 que es lo que se genera como producto principal de la combustión, atendiendo la metodología recomendada por la EPA. Asimismo, se utilizó el modelo estadístico de Rstudio para hallar el ANOVA y la correlación de Pearson y Shapiro Willk para determinar la interrelación de las variables analizadas, también se analizaron los riesgos y afectaciones del medio ambiente y la salud empleando la vía de exposición por inhalación de gases, vapores o polvo (DEINH), la concentración modificada de exposición (CE) y la caracterización del riesgo no cancerígeno.

Los resultados obtenidos hicieron que se identificaran 40 familias representadas en dos rancherías, las cuales para la preparación de sus alimentos utilizan cocinas tradicionales con fogones hechos de piedra. Ahora bien, el consumo promedio de carbón al día es de 37,67kg/día y la especie utilizada como combustible es *Prosopis juliflora* conocida como trupillos.

Para la estimación de los contaminantes atmosféricos se utilizó el documento guía AP-42 de la EPA, en donde la comunidad de Pujuru presentó mayor generación, esto se debe al mayor aforo de habitantes por vivienda. Se calculó la cantidad de CO₂ emitida por el uso de leña, siendo la comunidad de Pujuru la que registró los valores más altos con 69,174 kg/ día de CO₂ ±19,88 kg/día de CO₂ en relación con la comunidad de Ishotshimana 68,7165 kg/ día de CO₂ ± 16,73 kg/ día de CO₂. Para los riesgos de la salud se concluyó que el cociente de peligrosidad arrojó un valor inferior a 1, lo cual representa generalmente un riesgo aceptable para las comunidades estudiadas, lo que quiere decir que no excede el límite de poder padecer cáncer en los habitantes. Para las afectaciones al medio ambiente el promedio de CO₂ se estableció con la información de la cantidad de biomasa utilizada por día y por mes, obteniendo como resultado que por día arrojo que las comunidades utilizaban 619kg/día y 608kg/día correspondientemente, lo que repercute a tener un consumo de 1.130 Kg de leña/mes.

ABSTRACT

Socioeconomic and environmental conditions are aimed at the use of resources for their benefit, that is why charcoal is a caloric source used for many years to satisfy human needs. The objective of this research is to evaluate the emissions of atmospheric pollutants associated with the consumption of charcoal from the ISHOTSHIMANA and PUJURU communities of Cabo de la Vela, Uribí La Guajira. To achieve this objective, it was necessary to characterize the sources of emissions of atmospheric pollutants generated by the use of this fuel, where the number of members per family, the cooking time of the food, how often they kept the fire, was taken into account. which allowed estimating the concentration of pollutants, especially particulate matter (PM_{10} , $PM_{2.5}$ and PST) and CO_2 , which is what is generated as a product of combustion, following the methodology recommended by the EPA. Likewise, the statistical model of Rstudio was used to find the ANOVA and the Pearson and Shapiro Willk correlation to determine the interrelation of the analyzed variables, the risks and effects of the environment and health were also analyzed using the inhalation exposure route. of gases, vapors or dust (DEINH), the modified Exposure Concentration (EC) and the characterization of the non-carcinogenic risk. For the environment, the general equation was taken into account for estimating emissions.

The results obtained led to the identification of 40 families represented in two ranches each, all of a domestic type, using traditional kitchens with stoves made of stone, the average consumption per day is 37.67kg / day, in number of species used as fuel. it was *Prosopis juliflora* known as trupillos.

For the estimation of atmospheric pollutants, the AP-42 guide document of the EPA, was used, where the community of Pujuru presented a higher generation, this is due to the greater capacity of inhabitants per dwelling. The amount of CO_2 emitted by the use of firewood was calculated, with the Pujuru community with higher values of

69.174 kg of CO₂ ±19,88 kg de CO₂ as opposed to the Ishotshimana community of 68.7165 kg of CO₂ ± 16,73 kg de CO₂. For health risks, it was concluded that the hazard ratio yielded a value lower than 1, which generally represents an acceptable risk for the studied communities, which means that it does not exceed the limit of suffering from cancer in the inhabitants. For the effects on the environment, the average CO₂ was established with the information of the amount of biomass used per day and per month, per day it showed that the families used an average of 37.67 kg/day, which has an impact on having a consumption 1,130 Kg of firewood/month.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	3
3. BASES TEORICAS	6
3.1. Contaminantes Atmosféricos	6
3.2. Clasificación de los Contaminantes Atmosféricos.....	7
3.3. Material Particulado PM ₁₀ , PM _{2.5} y PST	11
3.4. Efectos sobre la Salud Generadas por los Contaminantes Atmosféricos.	12
3.5. Calidad del Aire y la Salud.....	13
3.6. Fuentes de Emisiones	9
3.6.1. Combustibles fósiles	16
3.6.2. Carbón vegetal.....	16
3.6.3. Factores de emisión	17
3.6.4. Cocinas artesanales Wayuu	20
3.7. Marco Legal	21
4. OBJETIVOS.....	23
4.1. Objetivo General	23
4.2. Objetivos Especificos.....	23
5. METODOLOGÍA.....	24
5.1. Descripción del Área de Estudio.....	24
5.2. Técnica para la Recolección e Identificación de Fuentes de Emisiones ..	25
5.3. Estimación de las Emisiones de Contaminantes Atmosféricos.....	27
5.4. Fuentes de Emisiones y las Afectaciones a la Salud.....	28
5.5. Evaluación del impacto ambiental producido por el uso de leña como combustible en cocinas artesanales.....	29
5.6. Procesamiento Estadístico de los Datos	30
6. RESULTADOS	32
6.1. Caracterización de las fuentes de emisiones de contaminantes atmosféricos asociadas a las cocinas indígenas en las familias de las comunidades Ishotshimana y Pujuru.....	32
6.2. Estimación de los contaminantes atmosféricos emitidos por la utilización de carbón vegetal en las comunidades indígenas Ishotshimana y Pujuru, en Uribia-Guajira.....	37

6.3. Descripción de los riesgos o afectaciones al medio ambiente y a la salud humana generadas por el uso de carbón vegetal como fuente de energía en las cocinas artesanales de las comunidades indígenas.	46
7. CONCLUSIÓN.....	62
8. RECOMENDACIONES	64
ANEXO 1	76

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ensamble de una cocina Wayuu.	21
Figura 2. Ubicación del área de estudio, comunidades Ishotshimana y Pujuru, Uribia-La Guajira.	25
Figura 3. Recolección de información sobre las condiciones sociales y ambientales en las viviendas de las comunidades de estudio.	26
Figura 4. Tipo de leña usada en las cocinas artesanales en las familias indígenas.	27
Figura 5 Fogones artesanales Wayuu y cocinas artesanales. A y B. Fogones de piedras sobre el suelo. C. Mesones para almacenar los suministros y los utensilios de cocinas de las comunidades Ishotshimana y Pujuru.....	32
Figura 6. Leña usada para las actividades domésticas (cocción de los alimentos) en las comunidades de Ishotshima y Pujuru, Cabo de la Vela.	35
Figura 7. Deforestación en las zonas de estudio	35
Figura 8. Emisiones de contaminantes en la comunidad Ishotshimana	39
Figura 9. Gráfico de dispersión X-Y de los valores del tiempo de cocción/día frente al consumo de carbón vegetal en las comunidades Ishotshimana y Pujuru.....	42
Figura 10. Capacidad de carga del consumo de carbón vegetal por el número de personas que pueden ocupar las viviendas de las comunidades indígenas Wayuu.	43
Figura 11. Consumo de carbón vegetal Vs el tiempo de cocción en los pobladores de las comunidades indígenas wayuu de las comunidades Ishotshimana y Pujuru.	44
Figura 12. Emisiones de CO ₂ en cada vivienda muestreada en las comunidades de Ishotshimana y Pujuru.	45
Figura 13. Rango de edades de Ranchería Ishotshimana y Pujuru.....	47

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Criterios generales de referencia para determinar la calidad del aire basado en el AQI de la EPA.	15
Tabla 2. Factores de emisión para los combustibles colombianos.	17
Tabla 3. Factores de emisión relacionados con el uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura.....	18
Tabla 4. Marco legal colombiano sobre la calidad del recurso del aire.	22
Tabla 5. Emisiones de PM _{2,5} ; PM ₁₀ y PST en las comunidades Ishotshimana y Pujuru, Cabo de la Vela-Colombia.....	37
Tabla 6. Resumen de las variables indicadoras de consumo de carbón vegetal en las comunidades de Ishotshimana y Pujuru.....	40
Tabla 7. ANOVA de consumo de madera por núcleo familiar, con relación a las variables independientes: n. de personas y tiempo de cocción.....	41
Tabla 8. Niveles de DEINH y CE para cada contaminante.	49
Tabla 9. Valores guía de la OMS para material particulado.	49
Tabla 10. Formato de emisiones.....	76

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas que atenta sobre el cuidado y mantenimiento de la salud humana son los contaminantes ambientales de acuerdo con la Organización Mundial de Salud, debido en gran medida porque se encuentran en permanente contacto a lo largo de las etapas del desarrollo de las comunidades humanas (Díaz, 2016). Causando casos dentro de sus poblaciones de morbilidad y mortalidad cardiopulmonar y otros efectos en la salud; lo que ha generado políticas de calidad del aire dentro de algunos países (Ubilla y Yohannessen, 2017).

Aunque todos los seres humanos se encuentran en un reiterado contacto con los contaminantes ambientales, algunos sectores se encuentran mayormente expuestos a estos contaminantes lo que aumenta la probabilidad de tener repercusiones sobre su salud. América Latina y el Caribe, tiene los números más altos de personas expuestas a estos contaminantes, con casos por encima de los 100 millones de personas, principalmente por el contaminante procedente de material particulado (PM), producto de la quema de biomasa y otras fuentes fija de combustión (Novillo, 2018).

Entre los contaminantes primarios procedentes de fuente de emisión, se puede mencionar el uso de la combustión leñosa en el interior de los hogares, para la preparación de los alimentos y calefacción, principalmente en los países en desarrollo (Portero, 2018). En Colombia la contaminación del aire en el interior de los hogares a constituido uno de los problemas de salud más preocupantes, elevando los casos de infecciones respiratorias agudas, principalmente en mujeres y niños, producto de las actividades domésticas que involucran la cocción de los alimentos (Pinzón, 2019).

En Colombia en el departamento de La Guajira, se encuentra asentado el pueblo indígena Wayuu, como población humana característica del territorio, que ha habitado en diferentes resguardos y asentamientos locales llamadas rancherías.

Dentro de estas rancherías, se llevan a cabo diferentes actividades cotidianas, producto de los saberes ancestrales y el traspaso generacional de sus usos y costumbres. Para estas poblaciones existen unos lugares para el tratamiento de sus alimentos, con características similares en cada familia que obedece a sus usos y costumbre de su cosmovisión indígena. Son cocinas de leña en recintos cerrados, que utilizan principalmente la combustión del carbón vegetal para la cocción de sus alimentos, que se mantienen activas durante casi todo el día.

En el departamento no existen estudios con información cuantificable sobre los riesgos que pueden presentar la exposición reiterativa de este tipo de combustión, en los hogares de zonas rurales, teniendo en cuenta que este método de combustión en el proceso de conversión de energía potencial a calorífica para la preparación de los alimentos, la cual emite humo hacia los alrededores y contaminantes atmosféricos como pueden ser el monóxido de carbono, benceno, butadieno, formaldehído, hidrocarburos poliaromáticos (Torres, Agreda y Polo, 2012).

Las familias indígenas wayuu de Colombia, en su gran mayoría usan la biomasa como fuente primaria de energía, en la preparación de sus alimentos, la producción de carbón como actividad económica y otras actividades domésticas; sin conocer los riesgos potenciales que puede tener para su salud, al igual que las repercusiones negativas en el cambio climático y al calentamiento global. Por la escasas información que existe en nuestro departamento sobre calidad de aire y riesgo para la salud en el interior de los hogares, sobre todo en estas poblaciones vulnerables, consiste necesario evaluar las emisiones atmosféricas producto del consumo de la combustión de carbón vegetal en las familias indígenas wayuu, en las comunidades de Ishotshimana y Pujuru del corregimiento cabo de la vela, municipio de Uribí, La Guajira-Colombia.

2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Collins y Bashir (2019), midieron los niveles de concentraciones de los contaminantes (CO_2 , CO y $\text{PM}_{2.5}$) presentes en 75 cocinas domésticas antes, después y durante los momentos de cocción de freír, hervir y guisar. Durante este estudio se evaluaron cocinas que utilizan estufas de queroseno y gas licuado de petróleo (GLP), seleccionadas al azar en un área urbana del suroeste de Nigeria. Las concentraciones de CO, CO_2 y $\text{PM}_{2.5}$, se midieron a nivel del suelo en el medio de las cocinas, teniendo en cuenta áreas de respiración. Las concentraciones medias de CO, CO_2 y $\text{PM}_{2.5}$ emitidas en las cocinas con estufas de GLP fueron de 29 ppm, 895 ppm y $328 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, mientras que las emisiones liberadas de las cocinas con estufas de queroseno fueron de 31 ppm para CO, 897 ppm para CO_2 y $345 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $\text{PM}_{2.5}$, durante la cocción de los alimentos. No se observó una variación significativa del CO y el CO_2 liberado de las cocinas con estufas de GLP y de queroseno. Los alimentos hervidos produjeron las concentraciones más altas de contaminantes (queroseno: $\text{CO}_2= 897$ ppm; CO= 30,4 ppm; $\text{PM}_{2.5}= 339 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Las concentraciones de $\text{PM}_{2.5}$ en las dos cocinas evaluadas excedieron significativamente el límite recomendado por la OMS ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de media anual, $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de media diaria) para la calidad del aire interior. Este trabajo reveló la degradación de la calidad del aire en espacios cerrados, en diferentes tipos de estufas y estilos de cocina.

Por su parte, el grupo médico compuesto por Sotiri y Cathryn (2017) evaluaron los cambios en la exposición del monóxido de carbono (CO) luego del reemplazo de la estufa tradicional de tres piedras por las estufas mejoradas ICS en 49 hogares en el oeste de Kenia. Se midió la idoneidad de las nuevas cocinas como proxy de $\text{PM}_{2.5}$ y la reducción de la concentración de CO promedio de las cocinas después de 48 h. Los resultados de la investigación revelaron que las exposiciones personales y de CO en las cocinas durante 48 horas fueron menores después del reemplazo de la estufa artesanales por las nuevas estufas mejoradas (28% y 12%,

respectivamente) presentando valores de reducciones estadísticamente significativas en las concentraciones máximas de CO personal (-39%) y de cocina (-53%) representadas por el percentil 95 de 8 h: reducciones de 26,1 ppm (IC del 95%: -44,6 -7,6) y 8,0 ppm (IC del 95%: -12,2, -3,8), respectivamente. Los valores de las concentraciones de CO en las cocinas y los valores de $PM_{2.5}$ presentan una correlación positiva y sus variaciones limitan la aplicabilidad de medir CO como medida sustitutiva para las concentraciones de $PM_{2.5}$. Así que resulta conveniente, sugieren los autores de realizar estudios combinando estas dos intervenciones, teniendo en cuenta el método de estufa evaluada, la ventilación y el combustible utilizado, como medio de buscar la reducción de los contaminantes ambientales a niveles que probablemente cuiden y mejoren la salud humana.

En este mismo contexto Wenlu Ye, Seung-Hyun y Ryan (2020), evaluaron las fuentes, magnitudes y composiciones químicas de la contaminación del aire en los hogares tibetanos tradicionales y su exposición personal. Midiendo las exposiciones personales de 24 horas al $PM_{2.5}$ y concentraciones de carbón negro (BC) en el área de la cocina, utilizando los instrumentos de MicroPEM y microAeth. A través de encuestas en los hogares se recopiló información sobre la demografía de los participantes, el uso de estufas, combustible doméstico, conductas de cocina y estilos de vida. Los resultados ratifican que la quema de leña para cocinar, conduce a un elevado grado de $PM_{2.5}$ y aumento de las exposiciones de carbón negro. La concentración media geométrica fue de $74,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $PM_{2.5}$ y la concentración media aritmética \pm con una desviación estándar tubo un valor de $4,90 \pm 5,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para BC y $292 \pm 364 \text{ ng}/\text{m}^3$ para 15 hogares tradicionales identificados. Los resultados de este estudio revelan que la exposición sustancial a los contaminantes ambientales prevalece en los hogares tibetanos y recomiendan las acciones inmediatas para mitigar los posibles impactos negativos en la salud ambiental de sus habitantes. Igualmente, la información recabada reveló la posibilidad de otras fuentes importantes que han contribuido a las exposiciones personales, como pueden ser el tráfico y la quema de basura, actividad característica de las poblaciones del área de estudio.

Asimismo, Vianney et al. (2017) monitorearon las concentraciones en tiempo de real de $PM_{2.5}$ y las concentraciones de CO en 35 hogares en Camerún y Uganda donde se utiliza biogás y leña (o carbón vegetal). Las concentraciones medias de $PM_{2.5}$ en 24 horas en los hogares que usaron leña y carbón vegetal ($449 \mu\text{g}/\text{m}^3$); leña con tiempo medio de cocción 54% ($173 \mu\text{g}/\text{m}^3$); y las cocinas con solo biogás ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Los valores de concentraciones medias de CO en 24 h fueron de 14,2 ppm en cocinas que usaron leña y carbón vegetal, al igual que 2,7 ppm cocinas solo con leña y 0,5 ppm en cocinas con biogás. Las concentraciones de $PM_{2.5}$ y CO fueron altas y excedieron los límites que estipula la Organización Mundial de la Salud. Mientras que en el cambio parcial de las cocinas a biogás redujo la exposición al CO por debajo de las pautas sugeridas por de la Organización Mundial de la Salud, pero sin embargo, las concentraciones de $PM_{2.5}$ solo se encontraban un poco por debajo de los límites recomendados de 24 h cuando los hogares se convirtieron por completo al combustible de biogás. Los investigadores llegaron a la conclusión que el cambio parcial de combustibles sólidos a biogás no es suficiente debido a que continúan produciendo concentraciones considerables de contaminantes del aire doméstico que probablemente dañan la salud de las personas expuestas. Se deben continuar con los programas que introducen biogás a los hogares tradicionales, pero deben tener como objetivo el garantizar que las necesidades energéticas de los hogares por el biogás se puedan implementar sin necesidad de seguir utilizando combustibles sólidos.

3. BASES TEORICAS

3.1. Contaminantes Atmosféricos

Un contaminante es cualquier fenómeno físico, químico o biológico como una sustancia, elemento o forma de energía, que se emiten principalmente por el aire, la tierra y el agua resultado de las actividades humanas, provocando daño o desequilibrios adversos de los ecosistemas, en la salud, la seguridad y el bienestar de los ser vivo. Para que los contaminantes logren alterar negativamente los estados originales de los medios naturales, las sustancias contaminantes deben exceder las concentraciones suficientes para provocar desequilibrio de los estados originales. Estas cantidades relativas puede expresarse como la masa o el volumen del medio receptor de la sustancia introducida. La importancia que tienen los agentes contaminantes es debido a su relación directa con el crecimiento de la población y el consumo de combustibles fósiles, aumento en la generación de basura y desechos industriales, problemas crecientes que enfrenta la humanidad en la actualidad (Villán, 2019).

Los contaminantes ambientales son los agentes receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, o mezclas de ellas, que al incorporarse en un medio del ambiente alteran de forma desfavorablemente las condiciones originales del mismo, y tienen consecuencias afectando la salud, la higiene o el bienestar del público (Viena, 2018).

El Decreto 1076 del 2015 define la contaminación atmosférica como un fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes, en sus diferentes estados sólido, líquido o gaseoso, que se emiten al aire como resultados de las actividades antropogénicas causando efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

3.2. Clasificación de los Contaminantes Atmosféricos

La variación de los contaminantes atmosféricos, se debe a los diferentes estados que se presentan, lo que hace necesario el inventariarlos para la evaluación de sus emisiones y el grado de afectación para la salud de las comunidades humanas de acuerdo con sus niveles de concentración. La Ley de aire limpio publicada en Estados Unidos clasifica los contaminantes atmosféricos como criterios o comunes y no criterios o peligrosos (Menéndez, 2021).

Los contaminantes criterios se identifican como comunes. A nivel internacional son comunes encontrarlos producto de las actividades humanas y su exposición, como es el caso del monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, ozono troposférico, plomo, material particulado y en partículas suspendidas totales (PST), partículas menores de $10\mu\text{m}$ (PM_{10}) y partículas con diámetro aerodinámico menor de $2,5\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) (Trelles, 2018).

Los contaminantes no criterios y/o peligrosos por el contrario de los anteriores son compuestos cancerígenos y no cancerígenos que causan efectos serios e irreversibles para la salud del ser humano (Trelles, 2018). En la gran mayoría los contaminantes de este tipo son compuestos orgánicos volátiles (asbesto, cloruro de vinilo, benceno, arsénico, berilio, mercurio, radón y radio nucleídos diferentes al radón). Los contaminantes criterios son de alta importancia para que los países puedan fijar normas de emisiones para prevenir y salvaguardar la salud humana.

Los contaminantes atmosféricos también pueden clasificarse de acuerdo al tipo de procesos en naturales y antropogénicas. Los contaminantes de naturaleza natural, son aquellos que son emitidos hacia la atmósfera por los procesos naturales, productos de los desastres naturales como son las partículas de SO_x por acción del vulcanismo, el CO y CO_2 de los incendios forestales y la descomposición de la biomasa, el sulfuro de sodio emitido por los océanos, son algunos ejemplos de contaminantes atmosféricos naturales. Por su parte, los contaminantes productos de actividades antropogénicas, derivan de las actividades extensivas de la

humanidad, como el CO producido por la combustión incompleta de los vehículos, el material particulado de SO_x , NO_x , aldehídos, amoníaco y CO resultado de las acciones de las industrias, minas y actividades agroeconómicas (García, 2021).

La diferencia entre estos dos tipos de contaminantes se debe a su ocurrencia en los medios, mientras que los contaminantes naturales son consecuencia de fenómenos esporádicos que tienen la naturaleza, pero aunque son dañinos el lapso de tiempo en que se presentan no es constante, todo lo contrario de los contaminantes de naturaleza antropogénica, que son producto de las acción humana y su desarrollo industrial que cada día más crece sus emisiones para satisfacer la demanda de la humanidad en los diferentes sectores, y la ocurrencia de los mismo es constante y terminan la población conviviendo con ellos, sin entender lo peligroso que puede ser para la salud y la seguridad de sus comunidades.

También, los contaminantes atmosféricos se pueden clasificar según su origen en dos grupos grandes, en primarios y secundarios. Los contaminantes primarios se diferencian de los secundarios, porque estos mantienen su forma como fueron emitidos directamente a la atmosfera, como es el caso del SO_2 . Por el contrario, los contaminantes secundarios, se forman en la atmosfera, por la combinación química de contaminantes primarios y elementos encontrados en la atmosfera, produciendo nuevos contaminantes que afectan la atmosfera, como es el caso del smog fotoquímico que produce las concentraciones elevadas de O_3 (López, 2020).

Ahora bien, los contaminantes atmosféricos por su estado físico se pueden encontrar en diferentes presentaciones, como partículas líquidas, sólidas y sustancias gaseosas:

- Dentro de los contaminantes gaseosos, tenemos los vapores de sustancias líquidas y solidas a una presión y temperatura que oscilan entre valores de 25°C y 1atm, que al dispersarse en la atmosfera se mezcla en proporciones pequeñas por unidad de volumen con el aire, lo que determina que sea imperceptible su presencia (Loza, 2018). Los gases contaminantes más

característicos detectados en las zonas urbanas son el SO_2 , CO_2 , NO_x , O_3 , los hidrocarburos y algunos mercaptanos y plomo (Castillo, 2019).

- Los contaminantes de propiedades físicas sólidas y líquidas, tenemos los materiales particulados que se encuentran suspendidos en el aire, que debido a su tamaño y densidad (entre 0,002 a 500 micras) tienen la capacidad de entrar en las vías respiratorias y traer afectaciones a la salud humana, relacionados con enfermedades respiratorias y cardíacas (Dávalos, 2019). Entre los contaminantes particulado más característicos se encuentra el polvo, humo, smog, la mayoría de los aerosoles, la niebla y algunos condensados.

De igual manera, los contaminantes pueden clasificarse de acuerdo con sus fuentes de emisiones en móviles como los contaminantes del tráfico vehicular en carreteras, cerca de las localidades o asentamientos humanos, y las emisiones estacionarias como es el caso de instalaciones fijas, como las industrias u otra empresa que desarrollen sus actividades de producción con la quema de diferentes combustibles fósiles (Ubilla y Yohannessen, 2017).

3.3. Fuentes de Emisiones de contaminantes atmosféricos

Un inventario de emisiones es básicamente una recopilación de información de varias fuentes, la cual es organizada, procesada, analizada y presentada durante el desarrollo del mismo. El propósito de la documentación del inventario es asegurar la adecuada compilación de los datos, así como la referencia de toda la información de campo y secundaria utilizada. Un inventario de emisiones debe realizarse en un lugar específico, permite determinar los tipos y cantidades de contaminantes emitidos, para verificar tipos de procesos y de tecnologías existentes en el área a su vez identificar los niveles de contaminación por sector.

Este tipo de estudios permite tomar decisiones, planear estrategias tendientes a la reducción de la contaminación, prevención o corrección de problemas y pueden servir como indicadores de cambio en la calidad del aire. Los métodos generales

para la elaboración de inventarios son por medio de los factores de emisión y variables de actividad (Jaramillo et al, 2003). Además, los resultados de los inventarios pueden ser útil como elemento de verificación de los planes de gestión y apoyo a la interpretación de las mediciones obtenidas en los sistemas de vigilancia de la calidad del aire (MAVDT, 2010). Las etapas asociadas con la elaboración de un inventario general de emisiones son las siguientes (EPA, 1995):

- Clasificación de todos los contaminantes y fuentes de emisiones en la zona geográfica definida.
- Identificación y recopilación de información sobre los factores de emisión para cada uno de los contaminantes y fuentes identificadas.
- Determinación de la cantidad diaria de materiales manejados, procesados o quemados, u otra información sobre unidades de producción, dependiendo de las fuentes individuales identificadas.
- Cálculo de la tasa de emisión de cada contaminante de la atmósfera, expresada sobre una base anual. Suma de las emisiones de contaminantes específicos para cada una de las categorías de las fuentes identificadas.
- Determinar las fuentes de datos para el inventario y seleccionar las técnicas y métodos de estimación de las emisiones. Una vez que se han establecido las características que se requieren es necesario determinar las fuentes de datos relacionados con las emisiones, así como seleccionar las técnicas y métodos más adecuados para estimar éstas (AP-42, Compilation of Air Pollution Emission Factors desarrollado por la EPA.)
- Recopilar datos relacionados con las emisiones y datos de actividad. Los datos relacionados con las emisiones incluyen factores de emisión, datos de muestreos en la fuente y parámetros de los modelos de factores de emisión. Es posible que algunos de los datos relacionados con las emisiones ya existan mientras que otros necesiten desarrollarse para usarlos en un inventario específico. Por lo general, los datos de la actividad incluyen información sobre las horas de operación del proceso productivo, el consumo de combustibles y otras medidas de la actividad de los procesos para fuentes identificadas. Debido a que tanto los datos relacionados con las emisiones

atmosféricas como los datos de la actividad industrial son necesarios para estimar las emisiones, con frecuencia estos dos pasos se ejecutan de manera simultánea.

Calcular estimaciones de emisiones. Una vez que se han recopilado todos los datos necesarios se efectúan los cálculos de emisión específicos. Estos cálculos se realizan conforme a la técnica o metodología de estimación de emisiones seleccionada. Por lo general, estos cálculos de emisión se llevan a cabo mediante hojas electrónicas, en particular para los inventarios de emisiones en complejos industriales. La eficacia de la regla cuantifica la habilidad de un programa de control ambiental para lograr las reducciones requeridas en las emisiones atmosféricas, mientras que la penetración de la regla mide el grado en el que una normatividad ambiental cubre las emisiones de todas las fuentes dentro de una cierta categoría. En este proyecto se utilizará la técnica de los factores de emisión. El factor de emisión se conoce como un valor que relaciona la cantidad de una sustancia que es emitido a la atmosfera, por una unidad de proceso.

3.4. Material Particulado PM₁₀, PM_{2.5} y PST

El Material particulado o en sus siglas PM, se define como una mezcla de partículas encontradas en la atmosfera que pueden ser encontrado en los estados líquido o sólido, a excepción del agua pura (Escobar, 2020); con un rango de tamaño entre los 0.002 hasta los 100 μm , rango de medida que puede servir para su clasificación. De esta manera, las partículas con menor diámetro se consideran las más peligrosas debido que pueden viajar mayores distancias y duración, lo que aumenta la posibilidad de ingresar al cuerpo humano (Diaz, 2021).

Las partículas con menor diámetro son las de partículas 2.5 μm , también denominadas PM_{2.5} o partículas finas; por el contrario, las que tienen mayor número de diámetro caracterizadas como partículas gruesas también conocidas como PM₁₀. Estas dos sustancias suspendidas se diferencian entre sí, en que la gruesa es de fuente primaria, es decir, que proviene del aire directamente o a través del aire por consecuencia de alguna actividad humana, mientras que la fina es de origen

secundario, es decir, producto de una reacción química atmosférica (Boronat, Gómez y López, 2018).

Ahora bien, las PST (Partículas Suspendidas Totales) son todas aquellas partículas que pueden llegar a su máximo diámetro (Maldonado y Rojas, 2019). Naturalmente, por su exposición en el aire y al ser de fácil contacto con los seres humanos, producen diversos efectos adversos en la salud humana, los nombrados principalmente por la OMS son los respiratorios y cardiovasculares (Noboa, 2020). Algunos estudios categorizan la $PM_{2.5}$ como la más peligrosa para el ser humano, por su facilidad de ingresar a las vías respiración, llegar hasta los pulmones y permanecer ahí por años, así como circular por el torrente sanguíneo y afectar otros órganos vitales (Suarez, 2019).

3.5. Efectos sobre la Salud Generadas por los Contaminantes Atmosféricos

Los contaminantes atmosféricos tienen efectos adversos en la salud de las poblaciones expuestas, presentando síntomas clínicos significativos en la fisiología y patología de sus afectados, lo que interfiere principalmente en su integridad respiratorias (Álvarez y Méndez, 2017), generando enfermedades respiratorias episódicas, hasta la disfunción respiratoria progresiva y por último el daño permanente respiratorios (Ubilla y Yohannessen, 2017). Esta situación es común en los países en desarrollo, donde su población se expone a los niveles más altos de exposición a estos contaminantes; motivados por la quema de combustibles sólidos para sus actividades productivas y domesticas; lo que aumenta el riesgo de infección aguda de sus pobladores y el riesgo de presentar estas enfermedades cardiovasculares y respiratorias en niños y adultos mayores, así como altos índices de mortalidad (Cristancho, Baez y Gelvez, 2021).

Los contaminantes relacionados al material particulado tienen una mayor y consecutiva exposición a ciertas comunidades. Los cuales presentan efectos adversos a la integridad humana y de los animales, principalmente cuando entran

en las vías respiratorias, incrementando el riesgo de padecer enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Moya y Beltrán, 2019). Las Partículas PM₁₀ tienen evidencia científica y medica de los efectos adversos que pueden tener para la salud; debido al tamaño de sus partículas y área superficial (Bocanegra, 2020). Sus partículas suspendidas en el aire con estas características ingresan en el cuerpo humano por la vía oral, respiratoria cuando entran en la tráquea, al esófago, alcanzando los bronquios y los alveolos produciendo infecciones respiratorias progresivas, ocasionando enfermedades como la neumoconiosis, rinitis, laringitis, bronquitis, asma entre otras intoxicaciones críticas, pero también pueden ingresar cuando entran en contacto con la piel (Bocanegra, 2020).

3.6. Calidad del Aire y la Salud

La calidad del aire permite conocer si el aire al que las poblaciones humanas están expuestas puede ser apto para la respiración de las personas sin que incidan negativamente en su salud (Ruiz, 2017). Para esto, existe evaluaciones de la calidad del aire mediante indicadores de que permiten medir los niveles de contaminantes atmosféricos y sus efectos a la salud. Uno de estos métodos es el índice de calidad del aire, método que aporta criterios generales para determinar la calidad del aire y sus efectos a la salud (Represa, 2020).

Específicamente en Colombia existe la normativa de calidad del aire o nivel de emisión (Resolución 601 de 2006), como referencia nacional de la concentración y tiempo de los contaminantes presentes en el aire con el fin de proteger la salud humana y ambiental (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2006). La implementación del índice de Calidad del Aire (ICA), reporta el estado a través de referencias de colores y sus efectos generales según la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.

De la misma forma, la Organización mundial de la salud (OMS) ha reportado un aumento en la morbilidad y mortalidad en el mundo debido a la contaminación del

aire asociada a patologías, incluyendo enfermedades respiratorias, cardiovasculares, accidentes cerebrovasculares y cáncer; según el informe de estadísticas sanitarias mundiales 2021, esta contaminación en el ambiente ha provocado desde el 2016 aproximadamente 7 millones de muertes a nivel mundial (Vahos, 2020). A la vez para el año 2019, el aumento en la utilización de tecnologías y combustibles limpios de un 30%, no ha sido suficiente para que más de 2.600 millones de personas sigan expuestas a la contaminación del aire específicamente en los hogares (Alfonso, 2018).

Las enfermedades asociadas con la baja calidad del aire, la mayoría de los casos son producto de las partículas en suspensión, antes mencionadas como PM_{10} y $PM_{2.5}$; que pueden ingresar en el sistema cardiorrespiratorio por inhalación, provocando patologías y posteriores enfermedades degenerativas (Rico y Torres, 2018). De la misma forma, existen sustancias químicas que produce otra gama de enfermedades como el asma, bronquiolitis o disfunciones en el sistema nervioso; junto con la transmisión de estos contaminantes en el cuerpo genera vulnerabilidad en ciertos órganos produciendo efectos adversos a la salud (Martínez, 2020).

Para comprender mejor los efectos adversos a la salud por índices de calidad del aire se presenta la Tabla 1, que corresponde a los índices AQI (Índice de Calidad del Aire) o en sus siglas en inglés Air Quality Index, por el documento de la EPA, con una escala de 0 a 500 en concentración de contaminantes, relacionando los casos de una aceptable a peligrosa calidad del aire; identificado por colores ((Air Now; U.S. Environmental Protection Agency, 2006).

Tabla 1. Criterios generales de referencia para determinar la calidad del aire basado en el AQI de la EPA.

Índice AQI	Categoría de calidad	CO (ppm)	SO ₂	PM ₁₀ (µg/m ³)
301-500>	Color marrón peligroso	Agravamientos severos de síntomas cardiovasculares, como dolor en el pecho en personas con enfermedad del corazón; y disminución de actividades en la población en general	Severos síntomas respiratorios, como jadeo y rapidez de respiración en personas con asma; aumento de agravamiento del corazón o enfermedad pulmonar, y posibles efectos respiratorios en población general	Agravamiento serio del corazón o enfermedad pulmonar y mortalidad prematura en personas con enfermedad cardiopulmonar y los adultos mayores; y serios riesgos de efectos respiratorios en la población en general
201-300	Color morado Muy dañina	Agravamiento significativo de síntomas cardiovasculares, como dolor del pecho, en personas con enfermedad del corazón	Aumento significativo de síntomas respiratorios, como jadeo y rapidez de respiración en personas con asma; agravamiento del corazón o enfermedad pulmonar	Agravamiento significativo del corazón o enfermedad del pulmón y mortalidad prematura en personas con enfermedad cardiopulmonar y los ancianos; y aumento significativo en efectos respiratorios en la población en general
151-200	Color rojo Dañina	Aumento de síntomas cardiovasculares, como dolor de pecho en personas, con enfermedad del corazón	Aumento de síntomas cardiovascular, como dolor de pecho en personas, con enfermedad del corazón	Aumento del agravamiento del corazón o enfermedad pulmonar y mortalidad prematura en personas con enfermedad cardiopulmonar y los ancianos; y aumento de efectos respiratorios en la población en general
101-150	Color anaranjado Dañina a grupos sensibles	Probabilidad de creciente de síntomas cardiovasculares, como dolor del pecho en personas con enfermedad del corazón	Probabilidad de creciente de síntomas cardiovasculares, con dolor del pecho en personas con enfermedad del corazón	Probabilidad de creciente de síntomas respiratorios en individuos sensibles, agravamientos de las enfermedades del corazón o pulmón y mortalidad prematura en personas con enfermedad cardiopulmonar y adultos mayores
51-100	Color amarillo Moderada	Ninguna	Ninguna	Posibles síntomas respiratorios en individuos muy sensibles, posible agravamiento de corazón, o enfermedad pulmonar en personas con enfermedad cardiopulmonar y adultos mayores
0-50	Color verde Buena	Ninguna	Ninguna	Ninguna

3.6.1. Combustibles fósiles

Son aquellos combustibles que provienen de un proceso de descomposición parcial de la materia orgánica, se originan por un proceso de transformación de millones de años de plantas y vegetales (casos del petróleo, el carbón y el gas natural). Se trata de fuentes de energía primarias ya que se pueden obtener directamente sin transformación. Son la fuente de energía más utilizada en el mundo. Se utiliza para generar energía eléctrica, pero también para generar energía mecánica. Según Andrade-Castañeda, Arteaga-Céspedes y Segura-Madrigal (2017), los usos de combustibles fósiles son en el mundo las más importantes fuentes de gases de efecto de invernadero (GEI), con un aporte cercano al 68%. Entre 1750 y 2011, estas actividades han liberado 375 Pg (1 Pg = 1015 g) de carbono a la atmósfera, en comparación con lo emitido por deforestación y otros cambios de uso del suelo (180 Pg de carbono).

La eficiencia de una combustión de materia vegetal depende de muchos factores: humedad, temperatura, disposición de material combustible o ventilación. En estas condiciones, la combustión no es completa y aparecen como productos, además del dióxido de carbono y agua, monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO, N₂O y NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y amoníaco (NH₃) (Torres, Agreda y Polo, 2012).

3.6.2. Carbón vegetal

El carbón vegetal es un producto sólido, frágil y poroso con un alto contenido de carbono. El proceso de elaboración es llamado carbonización o pirólisis y se realiza bajo condiciones controladas en espacios cerrados para tener una combustión parcial de la madera a temperaturas que van de 400 °C a 700 °C. La ausencia de aire es de suma importancia para evitar que la madera se queme totalmente y se convierta en cenizas como sucede durante el fuego convencional (Barbaran, 2019). Se estima que el 60% de toda la madera extraída anualmente en el mundo (aproximadamente 1,600 millones de metros cúbicos) se quema como combustible,

ya sea en forma directa o transformada en carbón vegetal u otro producto (Aceituno, 2016).

3.6.3. Factores de emisión

Los factores de emisión son herramientas que permiten estimar la cantidad de emisiones de un determinado contaminante generada por la fuente en estudio (Cámara de comercio de Bogotá, 2013).

3.6.3.1. Factores de emisión para combustibles. Los factores de emisión de los combustibles varían no solamente de acuerdo con el tipo de combustible, sino con la actividad en la que se aplique su proceso de combustión y la tecnología utilizada para tal fin. La Unidad de Planeación Minero Energética – UPME ha desarrollado para Colombia factores de emisión para combustibles líquidos, sólidos y gaseosos, tal como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores de emisión para los combustibles colombianos.

TIPO DE COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISIÓN	
		CANTIDAD	UNIDAD
Líquido	ACPM	10.15	kgCO ₂ e/gal
	Combustóleo	11.76	kgCO ₂ e/gal
	Crudo de Castilla	11.72	kgCO ₂ e/gal
	Diesel Genérico	10.15	kgCO ₂ e/gal
	Gasolina Genérico	8.15	kgCO ₂ e/gal
	Kerosene Col.	9.71	kgCO ₂ e/gal
	Kerosene Genérico	9.72	kgCO ₂ e/gal
	Oil Crude	11.54	kgCO ₂ e/gal
	Biodiesel Genérico	9.44	kgCO ₂ e/gal
Sólido	Biogasolina Genérica	7.17	kgCO ₂ e/gal
	Bagazo	1.68	kgCO ₂ e/gal
	Carbón Genérico	2.45	kgCO ₂ e/gal
	Fibra Palma de Aceite	1.93	kgCO ₂ e/gal
	Leña	1.84	kgCO ₂ e/gal
	Madera – Genérico	1.15	kgCO ₂ e/gal
Gaseoso	Biogás Central	1.97	kgCO ₂ e/gal
	Coke Gas D	0.77	kgCO ₂ e/gal
	Gas Domaci	1.86	kgCO ₂ e/gal
	Gas Líquido D	7.11	kgCO ₂ e/gal
	Gas Natural Genérico	1.86	kgCO ₂ e/gal
	LNG Genérico	1.86	kgCO ₂ e/gal
	LPG Genérico	7.11	kgCO ₂ e/gal

LPG Propano	8.21	kgCO ₂ e/gal
Oil Gas	2.68	kgCO ₂ e/gal

3.6.3.2. **Factor de emisión por la combustión de leña.** El IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) contempla como fuentes de emisión de GEI el uso de madera como leña y la quema de biomasa, entre otras. En la Tabla 3 se presentan los factores de emisión relacionados con el uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura.

Tabla 3. Factores de emisión relacionados con el uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura.

PROCESOS		FACTOR DE EMISION	
		CANTIDAD	UNIDAD
Consumo de Leña como Combustible		1.84	kgCO ₂ e/kg
Consumo de Madera Genérico como Combustible		1.15	kgCO ₂ e/kg

PROCESOS		FACTOR DE EMISIÓN	
		kgCO ₂ /Ha quemada	
		IPCC 1995	IPCC 2007
Quema De Biomasa	Bosque tropical	265.97	269.16
	Bosque Boreal mezcla de latifoliada y coníferas	112.60	113.94
	Coníferas	119.69	121.12
	Bosque - Tundra	24.82	25.12

Las emisiones y absorciones para 3B-Tierras solo se proyectaron hasta el año 2030. A excepción de las emisiones resultantes de la recolección y uso de leña, todas las demás categorías 3B se mantienen constantes entre los años 2030 y 2050 (JFM Herrera, 2020).

Los factores de emisión para consumo de leña y de madera, corresponde a los mismos que están mencionados en la Tabla 3. Para el determinar el factor de emisión para la quema de biomasa se utiliza la siguiente ecuación:

$$FE_{qb} = (MS * FBO * FCB * 44/12) + (MS * FBO * FCB * NC * TEN_2O * PCGN_2O) + (MS * FBO * FCB * TECH_4 * PCGCH_4)$$

Ecuación 1

Donde:

FE_{qb}: Factor de emisión para la quema de biomasa.

MS: Materia seca en la biomasa (Tablas 5-3 y 5-4 Módulo Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).

FBO: Fracción de biomasa oxidada (el valor por defecto es 0.9, según IPCC).

FCB: Fracción de carbono en la biomasa (el valor por defecto es 0.5, según IPCC).

NC: Relación nitrógeno carbono (el valor por defecto es 0.01, según IPCC).

TEN₂O: Tasa de emisión para N₂O por la quema de residuos agrícolas (0.007, Tabla 5-5 Módulo Cambio del Uso de la tierra y Silvicultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).

PCGN₂O: Potencial de Calentamiento Global del óxido nitroso.

TECH₄: Tasa de emisión para CH₄ por la quema de residuos agrícolas (0.012, según Tabla 5-5 Módulo Cambio del Uso de la tierra y Silvicultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).

PCGCH₄: Potencial de Calentamiento Global del metano.

3.6.3.3. Impacto ambiental de la contaminación atmosférica en el cambio climático. El cambio climático es la variación de las condiciones climáticas durante un tiempo prolongado, atribuido directa o indirectamente a la composición de la atmósfera mundial (Rodas, Medina y Chang, 2017). Algunos expertos indican que la temperatura en los últimos 100 años se incrementó un grado centígrado (Figura 1), dicho incremento en cincuenta años fue similar al crecimiento de la economía mundial, este fenómeno es lo que hoy día se conoce con el término “Calentamiento global” (Villenas, 2018). Las consecuencias del calentamiento global para la naturaleza se asocian a las inundaciones, sequías, extinción masiva de especies debido a las alteraciones de las condiciones climáticas, así como el aumento de las actividades agroindustriales (Stuart, Roe y Allen, 2021).

Igualmente, la contaminación por humo de leña maderera producto del uso doméstico de los hogares en estufas, y cocinas artesanales, son factores emisores de grandes cantidades de material particulado lo que provoca un impacto en la

contaminación de los hogares y a su vez, aumenta las posibilidades de enfermedades respiratorias (Escobar, 2018); algunos estudios establecen han sugerido que la exposición reiterativa de estos suspendidos puede afectar el desarrollo del pulmón en la etapa fetal (Cano, Castañón y Toral 2020). Eso sin contar las heridas físicas por el riesgo de quemaduras al uso de este tipo de estufas por leña.

Igualmente, la leña es un factor clave en el cambio climático por la tala de árboles, actividad agroindustrial que, aunque no se realiza a grandes escales puede también destruir poco a poco coberturas vegetales y fragmentar bosques y disminuir hábitat, cambiando el entorno natural (Wanden y Virgili, 2017). Por esa razón, se considerada dañina esta actividad para el ambiente, porque no solo se talan los árboles, sino que no se trabaja en la sostenibilidad del entorno, lo que podría ayudar a la capacidad del ecosistema forestal, lo que provoca unos valores de un 54% de la deforestación mundial (Correa, 2019).

3.6.4. Cocinas artesanales Wayuu

Las comunidades wayuu se encuentran ubicadas en el departamento de la Guajira específicamente en los municipios de la Alta y Media Guajira, como lo son Uribia, Manaure, Maicao y Riohacha (Cuello, 2020). La cocina de los Wayuu es un espacio destinado de las viviendas conocidas como rancherías, son espacios separados y cerrados del resto de la vivienda (Muñoz, García y Foronda, 2020). El fogón es el instrumento de la cocina más importante para la preparación de la comida, en la mayoría de los casos se encuentra ubicado en el suelo, construido a base de piedras y dispuesto la madera para el mantenimiento del fuego (Mantilla, 2020).

Se dice que este espacio no solo es para cocinar, sino que es utilizado en el afianzamiento de las tradiciones en donde a la hora de cocinar, las mujeres se reúnen con sus hijos a hablar, transmitir la cultura y consejos mientras están pendiente del alimento (Rodríguez, 2020).

Entonces las cocinas Wayuu pueden ser consideradas como parte de la arquitectura vernácula, contienen valores patrimoniales tangibles e intangibles, por lo que se debe fomentar su uso (Fernández, 2021). Además de eso las cocina tradiciones y de linaje, destinados a evocar, prepara auténticos platillos Wayuu, desarrollado por los dueños de tradiciones y recetas (Figura 1). Las abuelas pasan de generación en generación estas prácticas, aunque las cocinas han evolucionado en los últimos años, sus raíces continúan (Malagón, 2021).

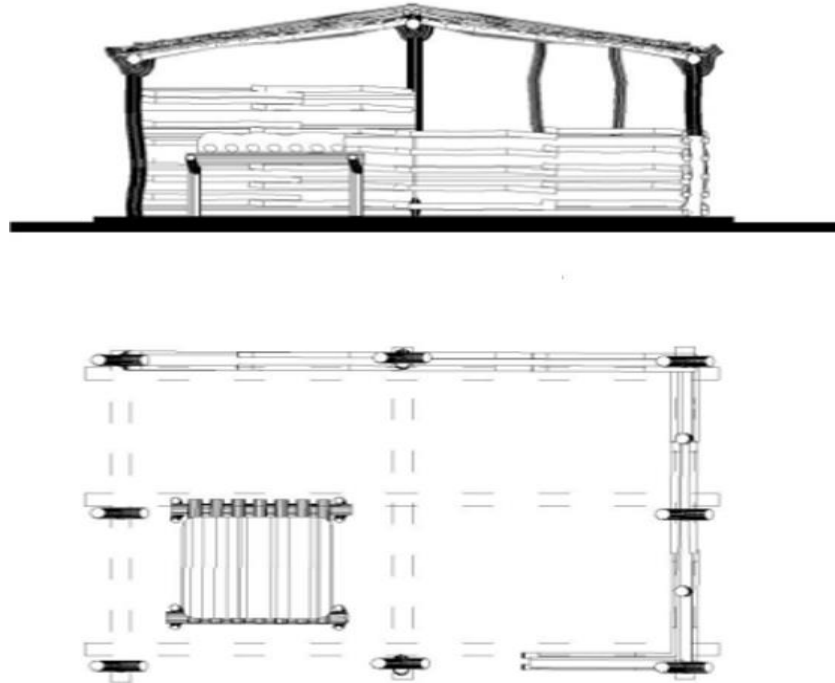


Figura 1. Ensamble de una cocina wayuu tomada de Marin,2014.

3.7. Marco Legal

La normativa legal vigente en Colombia en materia de calidad del recurso del aire, se viene desarrollando desde los años 1973 y se sigue trabajando en políticas que garanticen la buena calidad del aire para la seguridad ambiental y la salud de los colombianos, en la Tabla 4 se presenta un resumen de las principales políticas que regulan y monitorean la problemática del objeto de estudio.

Tabla 4. Marco legal colombiano sobre la calidad del recurso del aire.

Norma	Año	Concepto
Ley 23	1973	Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente.
Decreto 2811	1974	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
Decreto 1608	1978	Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente en materia de fauna silvestre
Decreto 1974	1989	Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables (DMI)
Ley 99	1993	Ley general ambiental de Colombia
Decreto 1791	1996	Aprovechamiento forestal
Ley 611	2000	Manejo sostenible de especies de Fauna Silvestre y Acuática
Resolución 304	2001	Medidas para la importación de sustancias agotadoras de la capa de ozono
Decreto 210	2003	Objetivos y estructura orgánica del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
Resolución 601	2006	Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión
Resolución 610	2010	Modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006
Decreto 1076	2015	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible
Decreto 1289	2015	Modifica el decreto 210 de 2003
Resolución 2254	2017	Modifica la Resolución 610 del 24 de marzo de 2010
Resolución 2749	2017	Prohibición de la importación de las sustancias agotadoras de la capa de ozono en los Grupos II y III del Anexo C del Protocolo de Montreal

Fuente. Elaboración propia.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Determinar las emisiones de contaminantes atmosféricos asociados al consumo de carbón vegetal en cocinas artesanales Wayuu en las comunidades indígenas ISHOTSHIMANA y PUJURU en el Cabo de la Vela, Municipio de Uribía - La Guajira, Colombia.

4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar las fuentes de emisiones de contaminantes atmosféricos asociadas a las cocinas indígenas en las familias de las comunidades Ishotshimana y Pujuru del Cabo de la Vela, Uribía La Guajira.
- Estimar la concentración de contaminantes atmosféricos emitidos por la utilización de carbón vegetal en las cocinas artesanales de las comunidades indígenas Ishotshimana y Pujuru, en Uribia-Guajira.
- Describir los riesgos o afectaciones al medio ambiente y a la salud humana generadas por el uso de carbón vegetal como fuente de energía en las cocinas artesanales de las comunidades indígenas.

5. METODOLOGÍA

5.1. Descripción del Área de Estudio

Esta investigación es de tipo descriptiva con un enfoque cuantitativo, que se logró debido a las visitas de observaciones y recolección de información primaria necesaria para examinar las concentraciones de contaminantes atmosféricos que se emiten por el uso de material vegetal como fuente energética en las cocinas artesanales en las localidades de estudio. Dichas localidades se encuentran ubicadas en el corregimiento del Cabo de la Vela, perteneciente al municipio de Uribía, en la cabecera colombiana del departamento de la Guajira. Las visitas se llevaron a cabo en los asentamientos indígenas Wayuu ISHOTSHIMANA con coordenadas de 81°36'77.98" E y 13°42'713.71" N y la ranchería PUJURU ubicada en las coordenadas 81°38'72.62" E y 13°42'954.63" N (Figura 2).

Las comunidades Ishotshimana y Pujuru son asentamientos con una población total de familias indígenas y mestizas, las cuales tienen una economía basada en el aprovechamiento de los recursos naturales del medio como la pesca, el pastoreo y la práctica de obtener carbón vegetal. Asimismo, por ser poblados apartados de los municipios principales del departamento no cuenta con los servicios básicos públicos y son consideradas vulnerables por su bajo nivel de vida social, económico y sanitario, además la mayoría de los asentamientos indígenas wayuu permanecen expuestos a contaminantes atmosféricos debido al uso de leñas y carbón vegetal en sus cocinas artesanales autóctonas.

La población de estudio estuvo conformada por las familias que residían en las rancherías Ishotshimana y Pujuru. La muestra estuvo constituida por 40 familias, distribuidas en 20 familias seleccionadas al azar en cada ranchería. Cada Familia seleccionada se tuvo en cuenta que para la cocción de sus alimentos lo hicieran con leña principalmente, todo esto estuvo acompañado con evidencias fotográficas,

encuestas y entrevistas a la población. Finalmente se puede expresar que el tiempo de monitoreo fue de tres meses.

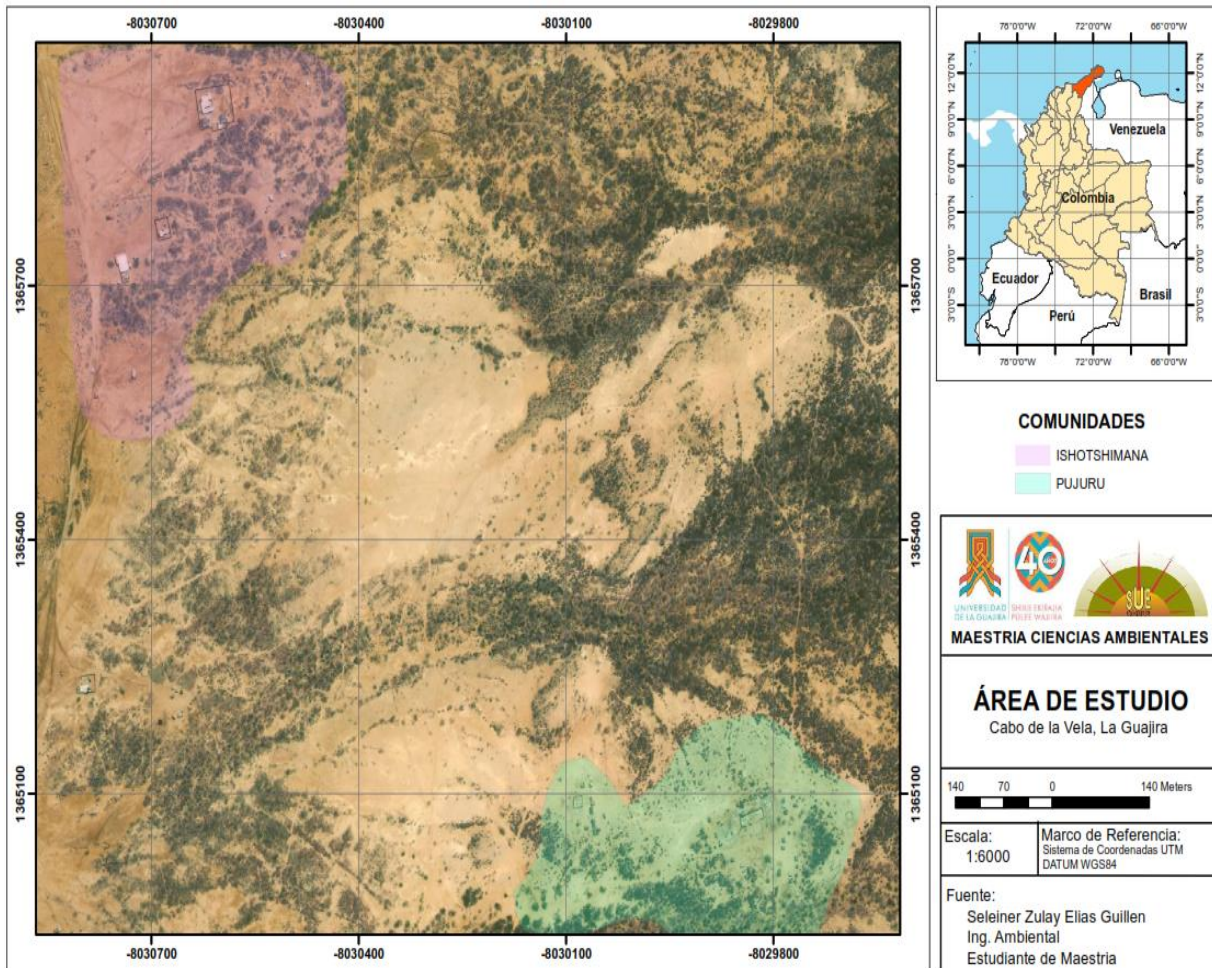


Figura 2. Ubicación del área de estudio, comunidades Ishotshimana y Pujuru, Uribia-La Guajira.

5.2. Técnica para la Recolección e Identificación de Fuentes de Emisiones.

Las visita a las familias que conviven en cada comunidad, estuvieron acompañadas con encuestas y entrevistas, en donde se indagó sobre las condiciones de las personas que habitaban en las viviendas, número de integrantes por vivienda, la edad, la fuente de energía o combustible que utilizan para la cocción de sus alimentos, el tiempo que permanecían en las cocinas, la duración de los procesos

de cocción, las horas de uso de las estufas artesanales, la especie de árbol talado para producir leña o carbón vegetal, los lugares deforestados en donde se recolecta la leña, la cantidad en kilogramos aproximados de leña que consumen al día, finalmente se tomó un registro fotográfico de las estufas y las cocinas artesanales (Figura 3 y 4). Es importante mencionar que no se muestra la bioseguridad en la Figura 3 debido a que las entrevistas se realizaron antes y después de la pandemia.

Estas entrevistas sirvieron como instrumento para la recolección de la información y posterior sistematización, cuantificación, caracterización e inventario de fuentes emisiones. De igual manera, poder determinar la capacidad de proceso y la estimación de emisiones de contaminantes atmosféricos en cada vivienda.



Figura 3. Recolección de información sobre las condiciones sociales y ambientales en las viviendas de las comunidades de estudio.



Figura 4. Tipo de leña usada en las cocinas artesanales en las familias indígenas.

5.3. Estimación de las Emisiones de Contaminantes Atmosféricos

Después de haber realizado las visitas se organizaron los datos recolectados, los cuales fueron usados como información para estimar las emisiones de contaminantes atmosféricos de cada vivienda. Una vez recopilado todos los datos necesarios, se llevó a cabo una estimación de las emisiones mediante factores de emisiones, atendiendo los lineamientos estipulados por la agencia de protección ambiental y compilados en el documento guía AP-42 de la US EPA (2019).

En este sentido, con los datos de los factores de emisiones y los consumos de combustible en cada hogar desagregados por hora, se realizó la estimación de las emisiones en términos de gramos/día, utilizando directamente la ecuación 2:

$$E = CP * FE \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

CP= factor de proceso de la actividad durante el tiempo

FE= es el factor de emisión según el tipo de actividad y combustible utilizado, planteados por la guía AP-42 USEPA, en nuestro caso específico se utilizó el FE para la combustión de leña.

Además, se están midiendo las cantidades los contaminantes atmosféricos tales como PM₁₀, PM_{2.5} y PST, por medio de esta misma metodología.

Tabla 5. Fórmula para hallar los contaminantes atmosféricos

Contaminante	Formula	Fuente
PM _{2.5}	$E = CP * FE$	Guía AP-42 de USEPA, Amaral et al. (2016)
PM ₁₀		
PST		

5.4. Fuentes de Emisiones y las Afectaciones a la Salud

Para analizar el número de personas que estaban siendo posiblemente afectadas por la contaminación generada por las estufas artesanales de combustión de leña, se utilizó la siguiente ecuación 3 que evaluó el riesgo de la salud humana empleando la vía de exposición por inhalación de gases, vapores o polvo (DE_{INH}), la concentración modificada de exposición (CE) y la caracterización del riesgo no cancerígeno (Ministerio de Ambiente, 2015):

$$DE_{INH} = \frac{CA * TI_{INH} * FBD_{INH} * TdE * FrE}{365 * DuE * PC} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

DE_{INH}= Dosis de exposición por inhalación (mg/kg-día)

CA= Concentración de contaminante en aire (mg/m³)

TI_{INH}= Tasa de Inhalación (m³/h)

FBD_{INH}= Factor de Retención Pulmonar (%/100)

TdE= Tiempo de exposición (h/día)

FrE= Frecuencia de exposición (días/año)

DuE= Duración de la exposición (años)

PC= Peso corporal (kg)

$$CE = \frac{CA \times TE \times FrE \times DuE}{PTEM} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

CE= Concentración modificada de exposición ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

CA= Concentración del contaminante en aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

TE= Tiempo de exposición (horas por día)

FrE= Frecuencia de exposición (días/año)

DuE= Duración de la exposición (años)

PTEM= DuE x días/año x horas/día = periodo de tiempo durante la exposición es promediada (h)

$$CdP = \frac{DE}{DpR} \quad \text{ó} \quad CdP = \frac{CE}{CdR} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

CdP= Cociente de peligrosidad (sin unidad)

DE =Dosis de Exposición ($\text{mg}/\text{kg} \cdot \text{día}$)

DdR =Dosis de Referencia ($\text{mg}/\text{kg} \cdot \text{día}$)

CE =Concentración modificada de Exposición, para inhalación ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

CdR Concentración de Referencia ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.5. Evaluación Del Impacto Ambiental Producido Por El Uso De Leña Como Combustible En Cocinas Artesanales

Luego se determinó la cantidad de CO_2 emitido por la quema de leña, utilizando la siguiente la ecuación de Camp y Marcos (2001), Diaz y Vázquez (2021), Ramírez

(2019) para obtener la proyección aproximada de la cantidad de CO₂ emitida por la leña tras ser utilizada en las cocinas artesanales Wayuu:

$$1 \text{ kg de leña} = 0,5 \text{ carbono} \times \frac{44}{12} \text{ kg de CO}_2 \quad \text{Ecuación 6}$$

$$\text{Produce} = 1.8333 \text{ kg de CO}_2$$

5.6. Procesamiento Estadístico de los Datos

Los datos cuantitativos obtenidos durante el trabajo de campo fueron sistematizados y procesados haciendo uso de Microsoft Excel. Además, se les aplicaron un procesamiento de fórmulas matemáticas y estadísticas por medio del paquete estadístico del Programa R-Studio (Equipo RStudio, 2020), con la finalidad de poder determinar las emisiones de contaminantes y poder analizar los riesgos por el uso de material vegetal como combustible para la cocción de los alimentos en las áreas de estudio.

De la misma forma, a los datos obtenidos se les aplicó el análisis ANOVA (Zambrano, 2018) para comparar las medias de los datos y estudiar los posibles efectos que tienen los factores sobre la varianza de las variables. Asimismo, debido a que las muestras de estudio fueron pequeñas, se les aplicó el test de Shapiro y Wilk para comprobar la distribución normal de los datos (Pedroza, 2014).

Por último, se empleó la prueba de correlación de Pearson para indicar el tipo de correlación que registraron las variables cuantitativas (Hernández, 2018). El coeficiente de correlación de Pearson oscila entre los valores de -1 y +1, los valores menores a cero indican que existe una correlación negativa, es decir, que las variables tienen un sentido inverso y mientras los valores se acercan a -1 mayor es la relación invertida, presentando una correlación negativa. Por otro lado, los valores mayores a cero indican que las variables tendrán una correlación positiva, y se encuentran asociadas en sentido directo, cuanto más cercano estén al valor de +1, mayor será su asociación. Este índice presenta una ventaja en la investigación, al

mostrar cuales de los datos obtenidos en las entrevistas presentan una mayor influencia en las concentraciones de emisiones dentro de las viviendas.

Por lo que se utilizó Pearson en vez de Spearman, ya que en nuestra investigación los valores son mayores a 30 datos, en nuestro caso tenemos una muestra de 40 con variables cuantitativas normales.

6. RESULTADOS

6.1. Caracterización de las Fuentes de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos Asociadas a las Cocinas Indígenas en las Familias de las Comunidades Ishotshimana y Pujuru.

La información recolectada a la población residente en las viviendas wayuu de las comunidades Ishotshimana y Pujuru, sirvieron para caracterizar las cocinas artesanales y las condiciones sociales, económicas y ambientales. Las cocinas tradicionales son tejidas del producto maderable que extraen secando el Cactus o Cardón Guajiro (*Stenocerus griseus*), construidas fuera de la vivienda familiar como una habitación apartada del lugar donde duerme los miembros de la familia. Dentro de las cocinas se encuentran los fogones artesanales, hechos de piedras y con espacios para introducir la madera, usualmente se encuentran en el suelo de las habitaciones, acompañados de mesones artesanales donde colocan los suministros de la cocina (Figura 5).



Figura 5 Fogones artesanales Wayuu y cocinas artesanales. A y B. Fogones de piedras sobre el suelo. C. Mesones para almacenar los suministros y los utensilios de cocinas de las comunidades Ishotshimana y Pujuru.

Los resultados permiten comunicar que se realizaron encuestas a 40 viviendas de las comunidades Ishotshimana y Pujuru, para un total de 20 encuestas en cada comunidad. Según datos registrados en la Tabla 6, se puede observar que solo una familia utiliza como combustible el gas propano para las actividades domésticas y la cocción de sus alimentos. El resto de las viviendas encuestadas utilizaron la leña como fuente energética calórica para la preparación de sus alimentos, sin embargo, la vivienda que utiliza el gas propano, no siempre lo realiza en gran parte por la dificultad que presenta logísticamente y económicamente para su obtención, por lo que emplean también la biomasa (leña) como combustible principal para sus quehaceres domésticos.

Para determinar cuanta leña se consumía en la cocción de los alimentos se realizó un promedio de acuerdo al largo de la leña y peso de esta, con respecto a esto se hizo la sumatoria de los palos por la cantidad de veces que cocinaban al día y teniendo en cuenta el número de personas por vivienda.

Se puede expresar que el número promedio de personas que viven en cada vivienda es de seis habitantes. Las personas mantienen los fogones de piedra encendidos alrededor de unas seis horas/día, empezando desde la mañana para la preparación de los alimentos. El consumo promedio de leña al día es de 37,67 kg/día y las veces que se corta y se recoge la leña por familia es alrededor de dos veces al mes. Las personas entrevistadas informaron además que las especies de plantas que sirven para ser utilizadas como combustible (leña) son principalmente la especie arbórea *Prosopis juliflora* conocida como trupillos (Figura 6 y 7), debido a su abundancia en las zonas de estudio (Alta Guajira), pero la preferencia de esta especie responde a la abundancia y disponibilidad. Sin embargo, es de resaltar que la población indígena Wayuu utiliza cualquier otra especie arbórea que encuentran a su disposición para las actividades domésticas (guamacho, cactus, ceibas, dividivi, entre otras).

Tabla 6. Inventario de emisiones realizado las comunidades Ishotshimana y Pujuru.

Vivienda	Nombre	Ranchería	Actividad desarrollada	Tipo de Combustible	Nº Persona	Frecuencia (horas/días)	Cantidad (kg/día)	Tasa de proceso (Kg/día)
1	Teresa Epiayu	Ishotshimana	Doméstica	Leña	6	6	33	198
2	María Epiayu	Ishotshimana	Doméstica	Leña	5	6	32	192
3	Lucinda Epiayu	Ishotshimana	Doméstica	Leña/Gas	10	5	60	300
4	Luis Uriana	Ishotshimana	Doméstica	Leña	7	3	36	108
5	Conchita Uriana	Ishotshimana	Doméstica	Leña	8	6	40	240
6	Sara Uriana	Ishotshimana	Doméstica	Leña	9	6	43	258
7	Lorena Girnu	Ishotshimana	Doméstica	Leña	5	4	32	128
8	Gladis Barliza	Ishotshimana	Doméstica	Leña	5	6	32	192
9	Milexi Cijona	Ishotshimana	Doméstica	Leña	7	6	36	216
10	Luz mila Pushaina	Ishotshimana	Doméstica	Leña	8	4	40	160
11	Alicia Uriana	Ishotshimana	Doméstica	Leña	9	6	43	258
12	Eusebia Epiayu	Ishotshimana	Doméstica	Leña	4	4	28	112
13	Eilin Bueno	Ishotshimana	Doméstica	Leña	4	6	28	168
14	Rita Urariyu	Ishotshimana	Doméstica	Leña	6	6	33	198
15	Juana Gutiérrez	Ishotshimana	Doméstica	Leña	9	6	43	258
16	Rosita Barliza	Ishotshimana	Doméstica	Leña	8	6	40	240
17	Arcadio Mengual	Ishotshimana	Doméstica	Leña	5	6	32	192
18	Cecilia Pushaina	Ishotshimana	Doméstica	Leña	4	4	28	112
19	Margarita Epiayu	Ishotshimana	Doméstica	Leña	10	6	60	360
20	María Uriana	Ishotshimana	Doméstica	Leña	5	4	32	128
21	Verónica Barliza	Pujuru	Doméstica	Leña	12	6	64	384
22	Maribel Epiayu	Pujuru	Doméstica	Leña	6	6	33	198
23	Marisol Epiayu	Pujuru	Doméstica	Leña	7	6	36	216
24	Agustina Uriana	Pujuru	Doméstica	Leña	4	6	28	168
25	Leida Uriana	Pujuru	Doméstica	Leña	10	6	60	360
26	Modesta Uriana	Pujuru	Doméstica	Leña	8	6	40	240
27	Salomón Pushaina	Pujuru	Doméstica	Leña	5	6	32	192
28	Argenida Epiayu	Pujuru	Doméstica	Leña	6	6	33	198
29	Laura Epiayu	Pujuru	Doméstica	Leña	4	4	28	112
30	Erika Epiayu	Pujuru	Doméstica	Leña	7	6	36	216
31	Fabiola Girnu	Pujuru	Doméstica	Leña	4	6	28	168
32	Deysi Mengual	Pujuru	Doméstica	Leña	8	6	40	240
33	Daile Pushaina	Pujuru	Doméstica	Leña	6	4	33	132
34	Arcadio Uriana	Pujuru	Doméstica	Leña	6	6	33	198
35	Alcides Pushaina	Pujuru	Doméstica	Leña	4	6	28	168
36	Joel Epiayu	Pujuru	Doméstica	Leña	5	6	32	192
37	Keiris Mengual	Pujuru	Doméstica	Leña	7	4	36	144
38	Dorila Pushaina	Pujuru	Doméstica	Leña	10	4	60	240
39	Lucas Uriana	Pujuru	Doméstica	Leña	8	3	40	120
40	Juana Uriana	Pujuru	Doméstica	Leña	7	4	36	144



Figura 6. Leña usada para las actividades domésticas (cocción de los alimentos) en las comunidades de Ishotshima y Pujuru, Cabo de la Vela.



Figura 7. Deforestación en las zonas de estudio

Las extensiones de terrenos que utilizan la comunidad de Ishotshimana para el abastecimiento del producto maderero con fines personal utilizado como biocombustible para la preparación de los alimentos de sus familias, es de alrededor de 12,9 hectáreas. Para las familias de la comunidad de Pujuru, la extensión de su territorio es de aproximadamente 14,30 hectáreas, medidas obtenidas utilizando herramientas de acceso libre como Google Earth y la ayuda de los miembros de las comunidades, estas medidas de territorios pueden cambiar, pues las fronteras terminan siendo invisibles, pero se siguen respetando los territorios de cada comunidad para evitar altercados.

El consumo de leña de ambas comunidades no es significativo como un factor alarmante, comparado con las estadísticas de deforestación nacionales de estos tipos de bosques secos, reportados por el IDEAM (2017) para Colombia que exceden los 124,035 ha de pérdida hasta la fecha reportada y la fragmentación de sus bosques producto de la tala de estos hábitats naturales. En el caso del promedio de masa de leña consumida al año, por las comunidades de Pujuru y Ishotshimana, reportaron unos valores que excedieron los 10,000 kg/año para ambas comunidades aproximadamente, lo que puede deberse a que existen diferentes factores que determinen el aumento del consumo o la disminución de uso del recurso, como son las fiestas o eventos culturales que pueden ser un elemento que aumente el gasto de leña; igualmente, los meses donde hay mayor precipitación, la disposición de madera seca sería menor, por eso no se puede tener un dato acertado de la cantidad de madera que pueda utilizar una comunidad durante el transcurso del año; sin embargo, estos valores nos pueden dar un aproximado de lo que estas comunidades pueden disponer para cada una de ellas.

Lo positivo de esta situación, es que la especie vegetal que más se utiliza para esta actividad energética, es el llamado “trupillo”, especie que tienen un acelerado crecimiento de sus individuos y un alto grado de dispersión de semillas en el territorio, lo que ayuda a que la especie se mantenga y no disminuya la cobertura vegetal que se explota.

6.2. Estimación de los Contaminantes Atmosféricos Emitidos por la Utilización de Carbón Vegetal en las Comunidades Indígenas Ishotshimana y Pujuru, en Uribia-Guajira.

Según aportes suministrados por autores como Gallo y Paredes (2019), el uso de la leña como combustible genera contaminantes atmosféricos principalmente material particulado y dióxido de carbono a la atmosfera, lo cual afecta la calidad del aire. Ahora bien, para conocer las emisiones de estos contaminantes (material particulado: PM₁₀, PM_{2.5} y PST) producto del uso de la leña en las comunidades de estudio, fue necesario utilizar la información de factores de emisiones estándar del documento guía AP-42 de la (US EPA, 2019) y recomendado por Amaral et al (2016). Previo a esto se conoció que la cantidad de leña quemada en cada comunidad fue de 619 kg/día y 608 kg/día, lo que se conoce como promedio de la capacidad de proceso. Según ecuación denotada en metodología para la determinación de las emisiones de contaminantes atmosféricos generados por el consumo de leña en cada comunidad fue necesario multiplicar la capacidad de proceso por el factor de emisión del combustible (leña) para cada tipo de contaminante (Tabla 7).

Tabla 7. Emisiones de PM_{2.5}; PM₁₀ y PST en las comunidades Ishotshimana y Pujuru, Cabo de la Vela-Colombia.

Comunidad	Contaminante	Capacidad de proceso (kg/día)	Factor emisión (g/kg)	Emisión (g/día)	Fuente
Ishotshimana	PM _{2.5}	619	14,8	2973,32	Guía AP-42 de USEPA, Amaral et al. (2016)
	PM ₁₀	619	0,21	42,189	
	PST	619	2,93	588,637	
Pujuru	PM _{2.5}	608	14,8	2982,2	
	PM ₁₀	608	0,21	42,315	
	PST	608	2,93	590,395	

Con el fin de mitigar los impactos a la salud, asociados a las emisiones productos de los contaminantes atmosféricos, la normativa EPA, derogó para valores productos de las estufas de calefacción o coccion de alimentos, por combustión de

leña, unos límites con un rango entre los 40-80 g/h que al día los límites permitidos de leña usada serian de aproximadamente 960 gr/día-flia. Los datos de esta investigación arrojaron valores de 588 g/día-flia en la comunidad Ishotshimana y 590 g/día-flia en la comunidad Pujuru, lo que devela que aun estas familias cuentan con emisiones que no salen de los límites críticos para el cuidado de su salud de sus pobladores, estos resultados se debe al diseño de las cocinas artesanales de los indígenas wayuu, así mismo, el contaminante atmosférico más predominante seria las emisiones de combustión de este tipo de actividad, pues sus asentamientos urbanos no cuentan con otro tipo de emisor contaminantes como se pueden presentar en las ciudades, como son las industrias, las fábricas de ladrillos, los contaminantes vehiculares (Morales, 2003).

De acuerdo con los valores de la estimación de las emisiones, el material particulado generado por la combustión del carbón vegetal como fuente de energía en la preparación de los alimentos, fue mayor imperceptiblemente en la comunidad Pujuru (Figura 8) mostrando valores de 69,174 kg de CO₂, mientras que en Ishotshimana se presentan valores de 68,7165 kg de CO₂. Lo anterior es debido a que esta comunidad genera mayor consumo de leña por el aforo de los habitantes de las viviendas; sin embargo, cabe resaltar que las diferencias entre las emisiones de estos contaminantes en las dos comunidades no fueron significativas, esto por compartir el mismo sistema de cocinas al aire libre, e mismo tipo de combustible procedente de las mismas especies vegetales, compartiendo las mismas variables climáticas y ambientales.

Es importante, destacar que estos valores de estimaciones de material particulado son los primeros reportes de contaminantes atmosféricos que se registran en la región alta de la Guajira en Colombia, datos que pueden ser importantes para las entidades gubernamentales, territoriales y ambientales a la hora de tomar decisión de salud pública para esta población vulnerable.

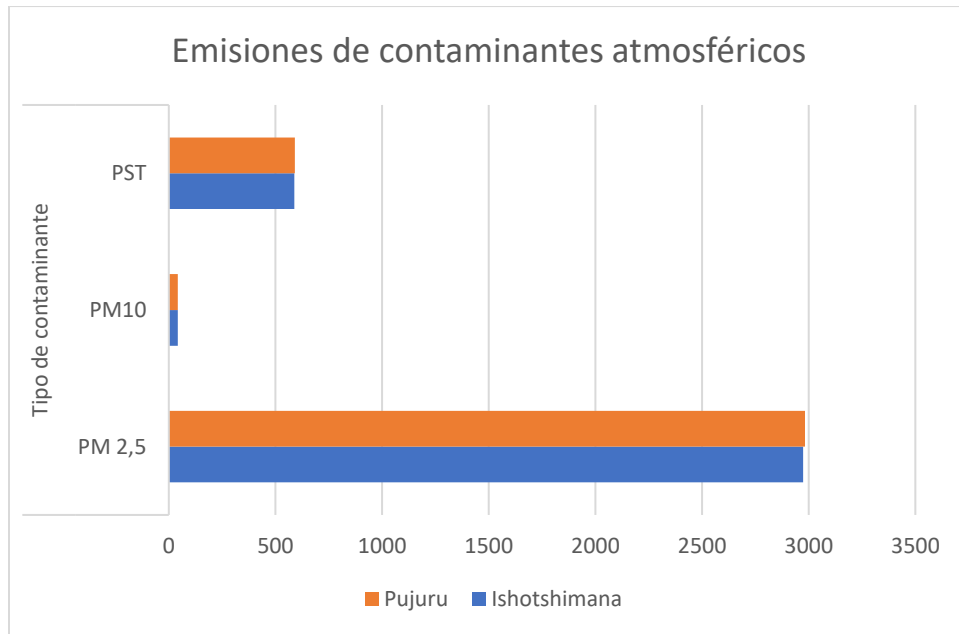


Figura 8. Emisiones de contaminantes en la comunidad Ishotshimana.

Se puede apreciar que los valores de material particulado no registraron diferencia significativa en las dos comunidades, sin embargo, las concentraciones de este contaminante fueron ligeramente mayores en la comunidad de Pujuru que en Ishotshimana, con diferencias de 8,88 g/día para PM_{2,5}, de 0,126 g/día para PM₁₀ y de 1,758 g/día para PST.

De la misma manera, a los datos de los resultados se les realizó un análisis estadístico descriptivo de las variables dependientes, con el fin de determinar la estructura de los datos e identificar las tendencias, relaciones e inciertos de los datos; las variables evaluadas en las dos comunidades fueron número de personas por núcleo familiar, el consumo de leña que tiene cada la familia, el consumo en el día que tienen cada individuo de la familia y el tiempo de cocción en el día que tienen cada familia encuestada (Tabla 8).

Tabla 8. Resumen de las variables estadísticas de consumo de carbón vegetal en las comunidades de Ishotshimana y Pujuru.

	N° personas	Consumo/ Flia Día (Kg)	Consumo/día x individuo (per-cápita) (Kg)	Tiempo de cocción horas/día
Media	6,425	37,675	6,102	5,325
Mediana	6	34,5	6	6
Moda	4	32	6,4	6
Varianza	4,56	98,28	1,21	1,05
Desviación Estándar	2,14	9,91	1,10	1,02
Coeficiente de Variación	0,33	0,26	0,18	0,19
Error Estándar	0,13	0,62	0,07	0,06
Mínimo	3	28	4,78	3
Máximo	12	64	9,3	6

La media del número de personas en cada vivienda fue de seis (6) personas, con un consumo de carbón vegetal superior a los 3 kg/día, es decir, cada persona puede consumir un promedio de 6,2 kg de leña para la preparación de sus alimentos. Por consiguiente, se observa una clara correlación entre el número de personas y el consumo de carbón vegetal en las viviendas, de la misma forma el grado de exposición que tienen las familias a los materiales particulados (PM₁₀, PM_{2.5} y PST) durante el momento de preparación de los alimentos.

También, se realizó la prueba de bondad de ajuste Shapiro-Wilk, adecuada para muestras de menor tamaño, como el caso de este proyecto que no supero las cincuenta viviendas evaluadas. Se comprobó mediante el test Shapiro-Wilk que las variables que cumplieron un supuesto de normalidad ($p > 0,05$) fueron el tiempo de cocción horas/día ($W = 0.72803$, $p\text{-value} = 2.898e-07$) y el consumo de leña por familia por día ($W = 0.78478$, $p\text{-value} = 3.312e-06$). Luego se corroboró que las variables que tuvieron una mayor influencia en los resultados, haciendo un análisis de varianza de un factor (ANOVA). Se demostró que las variables con mayor significancia en nuestro proyecto fue el tiempo de cocción, con un $p=0,7902$, superando los valores de distribución normal de los datos sugeridos entre el número de individuo y el tiempo de cocción de los alimentos (valor- $p < 0,05$) (Tabla 9). Los

datos empleados en la ANOVA fueron individuo y tiempo de cocción de los alimentos en horas/día.

Tabla 9. ANOVA de consumo de madera por núcleo familiar, con relación a las variables independientes: n. De personas y tiempo de cocción.

Fuente	gl.	Consumo familiar		
		C.M.	F	P
Individuo	1	3001.92	133.9	7.393e-14
T. cocción horas/día	1	1.61	0.0718	0.7902
Residuo	37	22.41		

La relación que existe entre el tiempo de cocción y el consumo de carbón vegetal para cada una de las familias indígenas de las viviendas en las diferentes comunidades estudiadas, no mostraron una diferencia significativa (Figura 9). El análisis de correlación presentó valores alejados al cero, lo que indica que existe una relación asociativa positiva entre estos valores. Los datos de tiempo de cocción y consumo de las familias, presentaron una alta afinidad, a diferencia de las variables de consumo por familia y número de personas. Resultados que responden al hecho que las familias seguirían usando el carbón vegetal como fuente de combustible, lo que favorece que aumente considerablemente las concentraciones de emisores contaminantes en el interior de las viviendas, afectando la calidad del aire y la salud de sus habitantes.

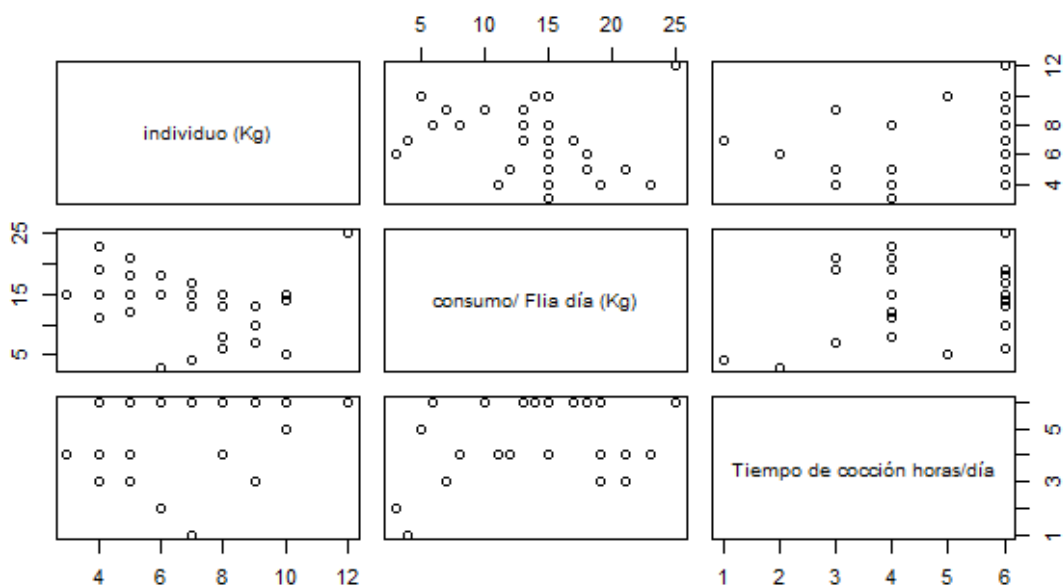


Figura 1. Gráfico de dispersión X-Y de los valores del tiempo de cocción/día frente al consumo de carbón vegetal en las comunidades Ishotshimana y Pujuru.

Los tiempos de cocción de los alimentos, muestran valores altos que se debe a la ineficiencia que tienen los fogones de las cocinas artesanales, lo que puede influir en la sobreexplotación del recurso por parte de los residentes de la zona. La Figura 10, presenta el comportamiento de los datos del consumo de carbón vegetal y la relación del número de personas. Los valores presentan un comportamiento sin valores extremos ni atípicos. La capacidad de las cargas que pueden generarse en las viviendas con mayor número de personas, en la medida que las familias aumentaban el número de personas, se tienen una tendencia de aumentar y su frecuencia que mantienen encendidos los fogones de leña.

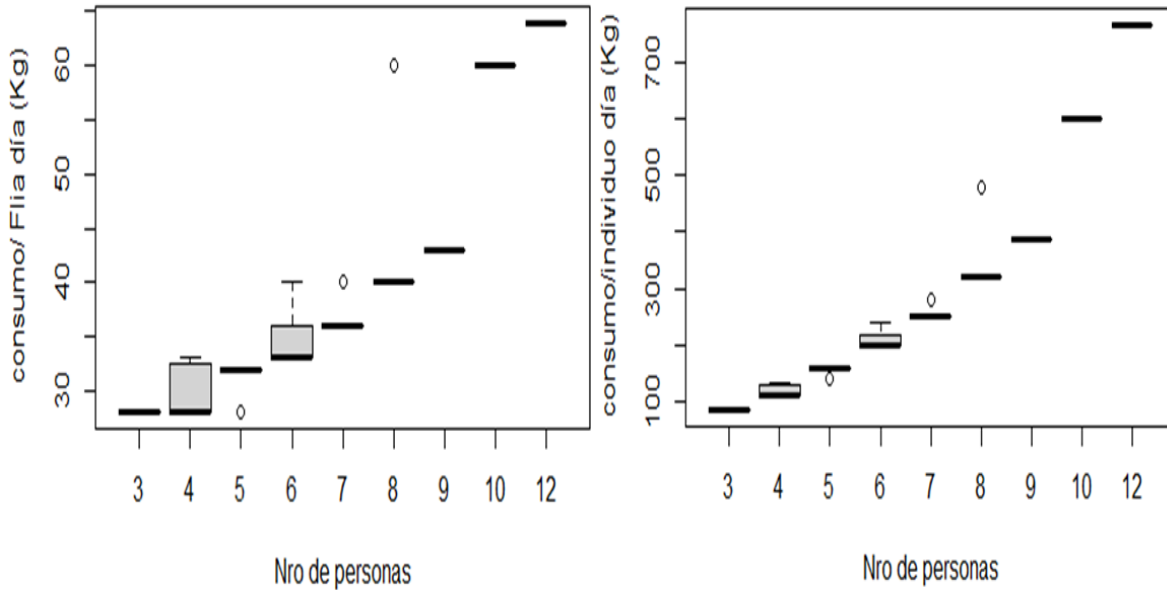


Figura 20. Capacidad de carga del consumo de carbón vegetal por el número de personas que pueden ocupar las viviendas de las comunidades indígenas wayuu.

Cuando analizamos el tiempo de cocción y su relación con el consumo de carbón vegetal que tienen las personas dentro de las rancherías, cuando una familia tarda más de tres horas en la preparación de sus alimentos los valores aparecen atípicos o extremos, cuando las horas pasan de cuatro a seis horas, no presentan cuartiles bien definidos. Si comparamos el consumo que tienen las familias de carbón, con el número de persona que representan las familias, el tiempo de cocción es parecido y se asocia con la cantidad de tiempo que invierten para la alimentación de los individuos del hogar familiar, esto se puede deber al tipo de dieta homogénea que tienen los pobladores del pueblo indígena wayuu estudiado (Figura 11).

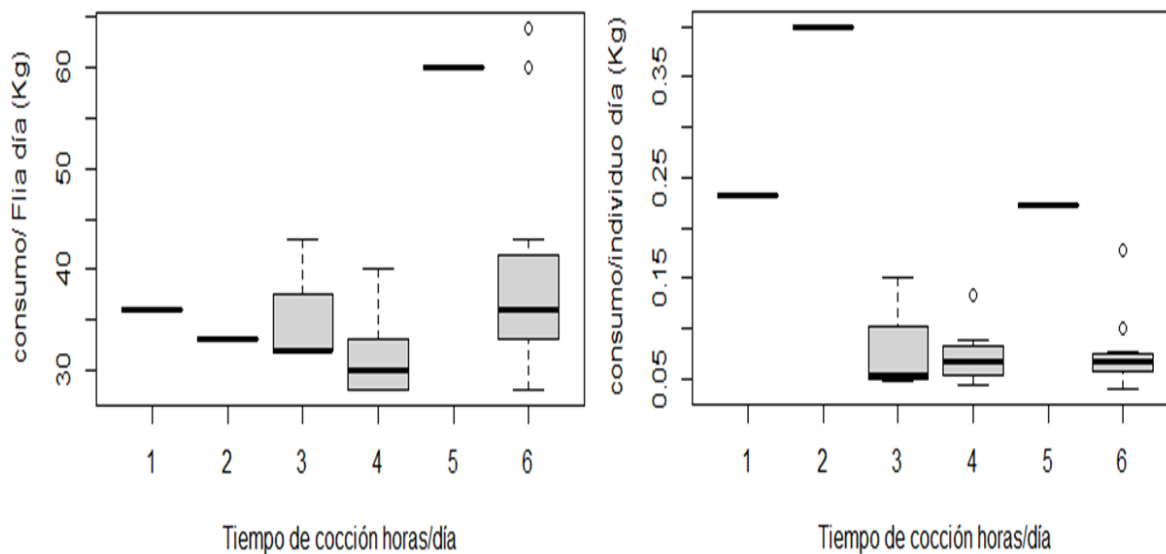


Figura 3. Consumo de carbón vegetal Vs el tiempo de cocción en los pobladores de las comunidades indígenas wayuu de las comunidades Ishotshimana y Pujuru.

Además, de calcular las emisiones de material particulado también se estimó la cantidad de CO₂ emitido por el uso de la leña como fuente de biocombustible en las comunidades indígenas estudiadas. De tal manera, el promedio de CO₂ se determinó con la información de la cantidad de biomasa utilizada durante un día y su equivalente al mes. En base al trabajo de campo realizado en la zona se conoció que al día las familias utilizaban un promedio de leña de 37,67 kg/día debido a la cantidad de leña que ellos consumen, por medio de las encuestas y los datos registrados en la Tabla 6 del inventario de emisiones, lo que es equivalente a un consumo de 1.130,1 Kg de leña/mes.

Para calcular la cantidad de CO₂ emitida por el uso de leña combustible se empleó la ecuación descrita en metodología y que fue sugerida por los investigadores Camps y Marcos (2001). Los resultados permitieron determinar que la comunidad Pujuru presentó los valores promedio más altos de emisiones de CO₂ con valor de 69,174 kg de CO₂, mientras que la comunidad Ishotshimana registró una emisión promedio diario de 68,7165 kg de CO₂. Estos equipos de cocina tradicionales emiten muchos contaminantes perjudiciales para la salud, así como y emisiones que contribuyen al calentamiento global y al cambio climático, por su parte los modelos

de gasificación exponen importantes ventajas en comparación con el sistema tradicional, mejor eficiencia energética, al precisar menos de la mitad de leña que con la tradicional, como reducciones drásticas de las emisiones contaminantes y atmosféricas, con un ahorro de emisiones de CO₂ (Mulumba, 2021), En promedio, de acuerdo con un informe del Ministerio de Ambiente, cada colombiano emite cuatro toneladas de carbono al año. (Figura 12).

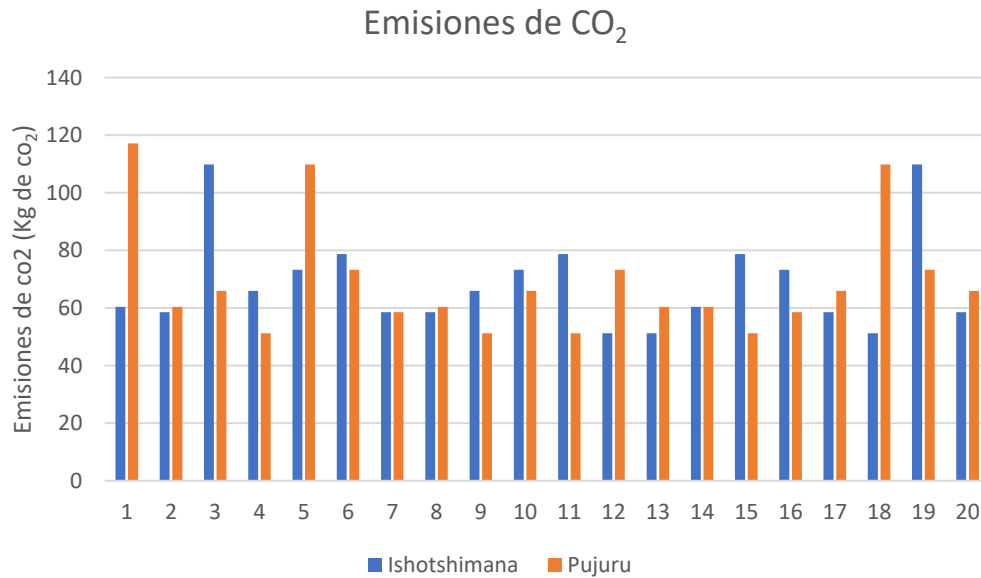


Figura 4. Emisiones de CO₂ en cada vivienda muestreada en las comunidades de Ishotshimana y Pujuru.

El uso de fogones tradicionales implica un elevado consumo de combustible y emisiones contaminantes debido a la baja eficiencia energética de estas tecnologías. Según la organización mundial de la salud, cerca de 4.2 millones de personas mueren anualmente de manera prematura por la exposición prolongada a emisiones contaminantes. A nivel mundial durante el periodo 2001-2015, las emisiones de óxidos de nitrógeno debido a la quema de combustibles sólidos se determinaron en 14.65 1.60 Tg NO_x/año (Muños, 2021).

6.3. Descripción de los Riesgos o Afectaciones al Medio Ambiente y a la Salud Humana Generadas por el Uso de Carbón Vegetal como Fuente de Energía en las Cocinas Artesanales de las Comunidades Indígenas.

De acuerdo con los riesgos y afectaciones al medio ambiente y a la salud generadas por el uso de carbón vegetal por las comunidades de Ishotshimana y Pujuru se implementaron 40 encuestas a las familias, de las cuales se logró obtener información relevante en el estudio. Dichas encuestas se pudo comprobar las afectaciones a la salud a las comunidades estudiadas, se tuvieron en cuenta aspectos como número de habitantes por vivienda, las edades de los habitantes, enfermedades más comunes en el hogar; además, indagar si el humo proveniente de la quema del carbón vegetal afecta su salud, entre otras.

En la Figura 13, se aprecia el rango de edades de las zonas estudiadas, en donde el número mayor de edades corresponde a personas mayores de 18 años y las personas menores de edad están entre de 0 a 4 años respectivamente.

De igual manera, se analizaron las afectaciones a la salud, siendo en gran medida la gripa y afectaciones en los pulmones en 37 de las 40 familias, seguido de la diarrea y dolores abdominales en 1 familia y ninguna enfermedad en 2 familias, las enfermedades más frecuentes que se producen en estas comunidades, lo cual se puede deber al tiempo de exposición de material particulado.

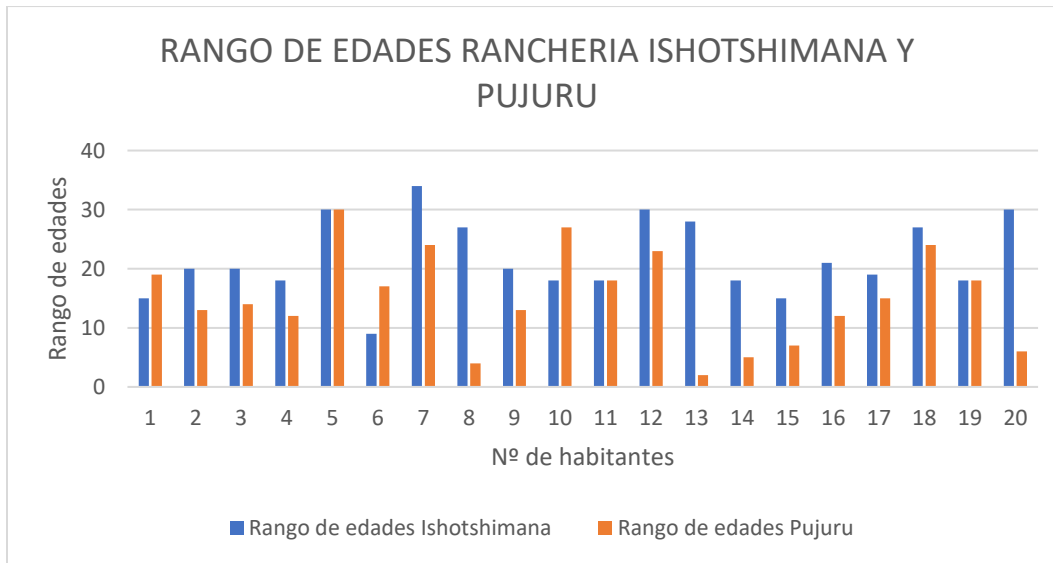


Figura 5. Rango de edades de Ranchería Ishotshimana y Pujuru

En este sentido, altas concentraciones de contaminantes atmosféricos para el caso de partículas son asociados a enfermedades respiratorias, irritación en las mucosas, conjuntivitis, lagrimeo, laringitis y bronquitis, cardiopatía isquémica, accidente cerebrovascular, neumopatía obstructiva y cáncer del pulmón (OMS, 2018). Ahora bien, estos efectos varían de acuerdo con la concentración, la duración a la exposición y el estado general de salud de los individuos expuestos. Además, los grupos más vulnerables a los efectos dañinos de una mala calidad de aire incluyen a niños, adultos mayores y población de bajos estratos socioeconómicos (Green y Sánchez, 2013).

Sumado a esto están las prestaciones al servicio de salud, donde todos cuentan con régimen subsidiado, las empresas que allí están son comfamiliar abarcada por 20 familias, anaswayuu con 14 familias y usakabi con 6 familias. Según las encuestas realizadas ninguna de las familias presenta enfermedades crónicas, estas consideran que el humo proveniente de la quema de leña puede afectar su salud, de manera que estas familias van con una frecuencia de dos veces al año al médico.

El material particulado (PM) muestra fuerte evidencia de efectos adversos en la salud, las de mayor interés son las partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ ya que estas, pueden penetrar profundamente en los pulmones y algunas pueden incluso entrar en el torrente sanguíneo. La composición química de las partículas, es uno de los factores que determina el riesgo a la salud, además de su tamaño y área superficial (Rojano et al., 2012). Dependiendo del tamaño de las partículas, la capacidad del daño al sistema respiratorio varía, es así como las partículas entre 15 y 10 μm pueden ingresar a la tráquea, las que varían entre 10 y 6 μm pueden ingresar al esófago y las menores de 5 μm logran alcanzar los bronquios y aún más peligrosamente los alveolos produciendo enfermedades como neumoconiosis, rinitis, laringitis, bronquitis, asma e intoxicaciones críticas entre otras.

Estudios realizados relacionan la exposición a material particulado producto de la combustión incompleta de biomasa, con el desarrollo de enfermedad pulmonar e incluso cáncer pulmonar, el impacto que el uso de estos combustibles tiene en la salud de las personas expuestas merece atención. La agencia de protección ambiental indica que para comprender los efectos a la salud se debe medir el índice de calidad del aire (AQI), en donde la escala para este estudio se muestra de 51-100, para CO es ninguna, SO_2 ninguna y PM_{10} posibles síntomas respiratorios en individuos muy sensibles, posible agravamiento de corazón, o enfermedad pulmonar en personas con enfermedad cardiopulmonar y adultos mayores (Barregard, 2018).

Además, para determinar los riesgos y afectaciones a la salud de acuerdo con la actividad realizada por las comunidades que es la quema de biomasa como combustible para cocción de sus alimentos, se implementa la metodología recomendada por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, 2009), en donde clasifica la vía de exposición por inhalación, la cual comprende dos fórmulas, la primera llamada dosis de exposición por inhalación de gases, vapores o polvo (DEINH) y la segunda evalúa por la exposición por gases, vapores o material particulado en aire mediante el cálculo de una concentración modificada de

exposición (CE) para cada uno de los factores de emisión de los contaminantes (PM_{2.5}, PM₁₀, PST), como se muestra en la Tabla 10 y 11.

Tabla 10. Niveles de DE_{INH} y CE para cada contaminante.

	PM_{2,5}	PM₁₀	PST
DE_{INH}	0,061	0,0001	0,0025
CE	3,08	0,043	0,60

Fuente propia del investigador

Tabla 11. Valores guía de la OMS para material particulado.

Contaminante	Valor guía
PM_{2,5}	10 µg/m ³ media anual 25 µg/m ³ media de 24 horas
PM₁₀	20 µg/m ³ media anual 50µg/m ³ media de 24 horas
PST	50-100 µg/ m ³ media de horas

Fuente: OMS, 2005

De acuerdo con la Tabla 10 y 11, los valores para DE_{INH} y CE, con respecto al material particulado, no sobrepasan las cantidades recomendadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), lo que ayuda a inferir que la quema del biocombustible no es un agente directo en la afección de la salud de las poblaciones indígenas wayuu, o no existen los casos asociados de afecciones cardiopulmonares asociadas a la quema de leña como fuente doméstica en la cocción de los alimentos. Cabe aclarar, que los valores guías que propone la OMS no pueden ser tomados estrictamente como datos únicos a la hora de proteger la salud pública de las poblaciones vulnerables a los agentes contaminantes, y es necesario que las investigaciones identifiquen los umbrales que identifiquen los efectos adversos, en concordancias a las condiciones fisiológicas de cada individuo expuestos a los agentes contaminantes medidos (OMS, 2005).

Para determinar si existe un riesgo en los seres humanos, se realiza una caracterización del riesgo en el que estos se evalúan por los contaminantes para la salud de las personas. Esta caracterización consistió en evaluar el riesgo no cancerígeno el cual busca identificar un umbral o valor en el que se espera que no se produzca un daño, la meta de la caracterización del riesgo no cancerígeno es determinar si la exposición rebasa ese límite y si es preocupante para la salud de la población. Después de estimar la exposición de la población y calcular la concentración de referencia (CdR) o la dosis de referencia (DdR), se evalúa si la exposición es superior a uno de estos valores. Un método común para la caracterización de un riesgo no cancerígeno es calcular el cociente de peligrosidad (CdP), dividiendo el grado de exposición entre el CdR o DdR.

$$CE_{PM2.5} = \frac{\frac{14.80kg}{dia} * 5horas * \frac{365dias}{año} * 24año}{210240horas} = 3.08kg$$

$$CE_{PM10} = \frac{\frac{0.21kg}{dia} * 5horas * \frac{365dias}{año} * 24año}{210240horas} = 0.043kg$$

$$CE_{PST} = \frac{\frac{2.93kg}{dia} * 5horas * \frac{365dias}{año} * 24año}{210240horas} = 0.60kg$$

Con los valores obtenidos podemos calcular el CDP, de la siguiente manera:

$$CdP_{PM2.5} = \frac{3.08Kg}{25\mu g/m^3} = 1.232\mu g$$

$$CdP_{PM10} = \frac{0.043Kg}{50\mu g/m^3} = 0.0086\mu g$$

$$CdP_{PST} = \frac{0.60Kg}{100\mu g/m^3} = 0.06\mu g$$

En relación al resultado anteriores, el cociente de peligrosidad arrojó dos valores inferiores a 1, lo cual representa generalmente un riesgo aceptable para las comunidades estudiadas, lo que quiere decir que no excede el límite de padecer cáncer en los habitantes (el valor limite es 1), a diferencia para el PM_{2.5} que su valore

si supera el 1, lo cual, teniendo en cuenta la anterior clasificación el tamaño objeto de estudio de la presente investigación son las partículas inhalables, según la publicación de la EPA en 2018 se define que la contaminación por partículas incluye: PM₁₀: partículas inhalables que tienen diámetros por lo general de 10 µm y menores; y PM_{2.5}: partículas inhalables finas que tienen diámetros por lo general, 2,5 µm y menores.

La OMS ha establecido la relación entre material particulado y la salud pública. Los efectos en la salud son amplios, relacionados en algunos casos con síntomas en las vías respiratorias superiores, como reacciones alérgicas, congestión nasal, sinusitis, tos, fiebre del heno, irritación en los ojos, entre otros (Gaviria, 2009).

Para el determinar el factor de emisión para la quema de biomasa se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{qb} = (MS * FBO * FCB * 44/12) + (MS * FBO * FCB * NC * TEN_{2O} * PCGN_{2O}) + (MS * FBO * FCB * TECH_4 * PCGCH_4)$$

Reemplazando los valores nos da un factor de emisión por la quema de biomasa de:

$$FE_{qb} = (42.2 * 0.9 * 0.5 * 44/12) + (42.2 * 0.9 * 0.5 * 0.01 * 0.007 * 298) + (42.2 * 0.9 * 0.012 * 25)$$

$$FE_{qb} = 74,29 \text{ kgCO}_2/\text{Ha.}$$

Los valores secos de la biomasa, nos arrojaron un valor en su factor de emisión por quema de biomasa de 74,29 kgCO₂/Ha, en las comunidades estudiadas, datos que son característicos de acuerdo con las estadísticas nacionales de energías y balances, y uso de la biomasa (Zavaleta, 2018). Es importante, aclarar que estos valores presentan un alto grado de incertidumbre, debido en gran manera pues los registros que se tienen de cómo se usa la biomasa como recurso energético no se tiene, en gran parte, porque no se cuentan con la información completa, y gran parte de los valores emisiones que puede tener la quema de biomasa, es proveniente de actividades de economías informales y otras actividades ilegales,

como la fabricación de carbón vegetal ilegal, deforestación y por esta razón no se cuenta con los registro solidos completos (IPCC, 2016).

De igual forma, los valores que arroja este tipo de emisiones, no tienen consecuencias alarmantes en los fenómenos de los efectos invernadero, explica la Comisión Interdepartamental del Cambio Climático (2011) debido que las emisiones que se generan por el uso de la biomasa, primero han absorbido el ya existente CO₂ de la atmosfera, emitiéndolo nuevamente en su proceso de combustión. Así, el valor agregado que tiene este tipo de registro en nuestra investigación, es preciso como datos históricos que puede comenzar a tener nuestro departamento concerniente a los contaminantes ambientales del aire y los efectos que puede llegar a tener a nuestra población en toda su escala.

7. DISCUSIÓN

En esta investigación se expone la versatilidad de los pueblos indígenas para tomar productos del medio para mejorar o aminorar las necesidades básicas para sostener a sus familias. Melo (2013), ha sugerido que la explotación del uso y los recursos del medio terminan no siendo suficientes para asegurar la sustentabilidad de las familias. Es un punto de vista interesante teniendo en cuenta la magnitud de ocupación que tienen el pueblo indígena wayuu en el territorio del departamento de La Guajira, y a eso se le suma que, en la mayoría del territorio, los recursos naturales o ayudas económicas, comerciales y cualquier otro medio económico, terminan siendo deficientes para mantener la calidad de vida dentro de los núcleos familiares. La caracterización de las cocinas artesanales, de origen ancestral, no solo presenta la historia cultural y cosmológica que tienen los pueblos indígenas Wayuu, sino que evidencian lo fuerte que han sido estas comunidades humanas para establecerse en un territorio no amigable para su subsistencia.

Existe una gran diferencia de las cocinas artesanales de los pueblos wayuu, en comparación con otros pueblos indígenas, primero en nuestra caracterización los fogones se encontraban acomodados por piedras, en la mayoría de los casos sobre el nivel del suelo; muy diferentes en el caso de los estudios realizados por Sánchez (2011), en el municipio de Leticia, con diferentes familias de origen Uitoto y por población indígena de diversas etnias, algunos provenientes de Perú y Brasil, donde las características de sus cocinas se diferenciaban en la posición de sus fogones, separándolos del suelo, respondiendo a las condiciones del medio donde viven, la mayoría de las viviendas de estos pueblos indígenas se encuentran asociadas a cuerpos de agua, y si mantuvieran sus fogones en el suelo, en periodos de invierno con la crecientes del río podrían inundarse, problema que no tienen los pueblos indígenas wayuu en la alta Guajira, donde la precipitación es baja y se tienden a alejar los asentamientos humanos de los cuerpos de agua. Esta diferencia en la

posición de los fogones, puede ser interesante a la hora de evaluar las diferentes exposiciones que pueden tener ambos pueblos indígenas a los contaminantes atmosféricos producto de la quema de leña en la preparación de sus alimentos.

Los resultados de campo también revelaron que aun el desarrollo de nuevas formas de preparación de los alimentos por parte de las familias indígenas es imperceptible. Aun se tiene un apego a las formas autóctonas para preparar sus alimentos, Santamaria (2002), sugiere la importancia de mantener estas tradiciones en los pueblos locales, pues defiende el hecho que nuestras cocinas nunca deja de percibir nuestra tierra. La mayoría de los entrevistados pueden estar de acuerdo con esta idea, a pesar de la incomodidad que puede ser cocinar en estos fogones, la recolección de la leña, la ineficiencia energética de los fogones en la preparación de los alimentos, se sigue manteniendo como principal fuente de energía calorífica el uso del carbón vegetal para la preparación de la comida de sus familias.

La leña en muchos países sigue siendo una fuente de energía primordial en la preparación de los alimentos, como es el caso del país de Perú (Torres-Muro et al., 2012). Entre las principales ventajas que ofrece seguir usando las cocinas tradicionales se encuentra su valor económico, su fácil construcción, uso y control y la disposición de ser cambiada de lugar, variables que también responden a la preferencia de este tipo de cocinas en los pueblos wayuu de Colombia. Aunque se conocen por los estudios de Serrano, Ruiz y Masera (2021) que la ineficiencia que tienen estos fogones oscila entre el 5% y el 17%, lo que presenta una baja, incompleta y descontrolada combustión, lo que favorece el aumento de los contaminantes de partículas y gases, relacionados con el uso excesivo de leña.

Todas las ventajas que presenta las cocinas artesanales, siguen manteniéndola como el principal medio para la cocción de los alimentos y el mantenimiento de la familia, y para que exista la posibilidad de un cambio, se debe tener una atractiva alternativa económica para sustituir este tipo de cocinas, como es el caso de las estufas de gas propano, con suministro constante, lo que es una opción difícil de

lograr, pues aunque el departamento de La Guajira suministra cerca del 66% del gas de Colombia (Sánchez, 2011), no cuenta con la logística para llevar gas a los domicilios de los pueblos indígenas alejados de los cascos urbanos, por esta razón, dejar las cocinas a base de combustible vegetal, aun no es una opción viable, pese a los efectos adversos que puede tener para la salud humana y el medio ambiente.

Existe un promedio alto de consumo de leña por parte de las familias indígenas Wayuu de las comunidades Ishotshimana y Pujuru, que usan para las preparaciones de los alimentos. Durante esta investigación se registró que es alrededor de los 37,67 Kg/día de leña, eso da valores mensuales correspondiente a 1.130 Kg/mes, lo que representa una cifra exorbitante de uso maderable por cada familia. Lo anterior está en concordancia con los resultados del estudio realizado por Quirama y Vergara (2014) en la Universidad Nacional, al registrar un consumo de leña en fogones tradicionales en las familias campesinas del oriente antioqueño colombiano alrededor de 27,61 kg/día lo que representaría al mes unos 828,3 kg/mes, mientras que los valores que reportó Briceño et al (2014) de consumo de leña por núcleo familiar fue de 10 kg/día, con un promedio mensual de 300 kg/mes, en cocinas mejoradas en zonas rurales de Lambeyeque, Perú.

Con base a lo anterior, se puede denotar una tendencia a la disminución de consumo maderable, en la medida que cambia la forma de los fogones tradicionales; en el caso de los indígenas wayuu están acostumbrados a disponer piedras en el suelo, en espacios abiertos, aunque estos espacios pueden disminuir la eficiencia calórica de los fogones, pero es por una razón mayor; el fogón wayuu, tiene un valor más allá de su uso para cocinar los alimentos, es un espacio simbólico con un valor alto en la cosmovisión de su cultura, un sitio donde los miembros de la familia al despertarse, comparten su "*Kassa Pulapuinkka*" que traducido al español es "¿Qué soñaron?" los sueños y esa interpretación por los miembros de la familia más veteranos y experimentado es un lugar especial y sagrado para ellos.

La Fundación Natura con el apoyo de Ecopetrol, han venido instalando desde el año 2017 estufas mejoradas, en muchas comunidades de los municipios de Uribia, Dibulla y Distracción del departamento de La Guajira. Las comunidades que fueron objeto de este estudio no han sido beneficiadas con este programa, pero se debe realizar un nuevo sondeo, de que tan aceptadas han sido estas estufas mejoras, en comparación con los fogones sostenidos por piedras. La fundación Natura apuesta que este proyecto mejore la calidad de vida de muchas familias indígenas Wayuu, realizando más rápidamente las labores de cocción de los alimentos, la disminución de la tala de cobertura vegetal y combatir las enfermedades que pueden presentar las estufas tradicionales.

Existen estudios que evidencias como estas estufas mejoradas a base de leña pueden tener impactos positivos en la vida de las personas, proporcionando beneficios socioeconómicos como es el ahorro de leña y tiempo para las familias (Ameraseker y Sepalage,1998; Aguilar, 1982; Mura y Paredes, 2010; Diaz 2010). Sin embargo, pienso que el principal factor limitante para estas nuevas cocinas implementadas, son los espacios donde se han dispuesto. Tradicionalmente el lugar donde se dispone la cocina, son espacios abiertos, que hace alusión a invitar a los miembros de la familia a acercarse y compartir experiencias, cuentos, chistes, vivencias, sueños entre otros, si el modelo de la estufa que están implementado conocida con el nombre "*Patsari*" en la lengua Wayuu, no tienen en cuenta este valor importante, no tendrá la aceptación de muchas familias wayuu y sobre todo aquellas zonas apartadas que siguen sosteniendo el valor ancestral de sus usos y costumbres indígenas.

Así mismo, los procesos de combustión de CO₂ en cocinas generados por las cocinas ancestrales presenta un grado de contaminación del aire, correlacionado con el sistema de diseño de las cocinas y la cantidad de biomasa que se utiliza. Resultados de los datos obtenidos en esta investigación permitieron demostrar que la comunidad *Pujuru* presenta los valores más altos de CO₂, si analizamos el porqué de esto, tendríamos que volver a revisar que en la comunidad *Pujuru* se presentaron

familias con más número de integrantes, y por ende mayor consumo de leña para abastecer sus necesidades alimentarias. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), ha encontrado evidencias de sustancias tóxicas que genera esta quema de biomásas, las cuales se desarrollan en el interior de las viviendas con las recurrentes exposiciones de estos contaminantes, siendo las mujeres y los niños las poblaciones más afectadas. Aunque no existe información sobre la cantidad de CO₂ emitido por la quema de biomasa en cocinas artesanales del territorio indígenas Wayuu, y la relación que puede tener con las afectaciones a la salud, este estudio constituye un aporte importante para visualizar los efectos que puede tener el monitoreo de los contaminantes atmosféricos de estas cocinas artesanales y los beneficios que traerá implementar cocinas mejoradas que disminuyen estas afectaciones.

En el caso del principal componente vegetal usado como leña en esta investigación, fue la especie *Prosopis juliflora*, por la ventaja de su distribución y abundancia en las extensas superficies de ecosistemas xerofíticos (Matteucci, 1979). Esta especie presenta un importante valor económico y ecológico para las zonas áridas y semiáridas. En el caso de este estudio, en lo que se refiere al uso que le dan a esta especie vegetal, solo se conoce el empleo que tiene para realizar corrales, enramadas (quioscos), casas y usarse como leña; pero el uso que tienen esta especie, va más allá de los mencionados anteriormente, presenta excelentes funciones medicinales, en tratamientos traumatológicos oftalmológicos, afrodisíaco, antihirperglicémico, oncológico, digestivo, revitalizante, viral adelgazante, urológico, antihelmíntico (Veja y Fernández, 2010; Purohit y Ram 2012b; Omid y Ghazaghi 2013; Taisma, 2017), todos estos usos pueden ser evidencia suficiente para categorizar esta especie vegetal como importante para el mantenimiento de los ecosistemas xerofíticos y la importancia de salvaguardar sus poblaciones.

Por tanto, el uso excesivo de esta especie, puede repercutir en la disminución de sus coberturas, lo que puede generar la desaparición de estas poblaciones en el territorio, como ha sucedido con otras especies vegetales, que tenían un uso

frecuente por sus pobladores indígenas wayuu; como es el caso del “Guayacan” (*Guaiacum officinale*), especie que ha sido categorizada como en peligro crítico por el libro rojo de plantas de Colombia (Cárdenas, 2007), que fue una especie vegetal preferida por su característica de madera resistente y durable, dispuesta para las construcciones y la comercialización de carbón vegetal. Lo mismo ha sucedido con otras especies como el “Carreto” (*Aspidosperma polyneuron*), el “Ebano” (*Libidibia ebano*), el “Guayacan blanco” (*Bulnesia arborea*), que hoy día ocupan lugares en las listas del libro rojo de especies vegetales de Colombia, por su descontrolado uso y poco mantenimiento de sus poblaciones.

Por tales razones, si se continua utilizando el arbusto “Trupillo” para esta actividad (Coccion de alimentos), como lo refleja el presente estudio, sin cuidar el mantenimiento de sus poblaciones, y le sumamos los factores de antropización del uso del suelo que se está acrecentando en el departamento de la Guajira, como la instalación de nuevos parque eólicos y otras tipos de empresas de energía renovables, que si deforestan grandes extensiones de ecosistema xerofítico para su instalación; estas actividades si generaría el descenso de poblaciones de esta especie vegetal y los efectos que puede apalea para todo el ecosistema del bosque seco xerofítico; sin dejar de un lado que en las comunidades indígenas Wayuu, no tienen un hábito de reforestar sus espacios naturales, evidenciándose históricamente como una comunidad indígena que se adapta al medio, toma y se ayuda con él para sobrevivir y cuando los recursos escasean, se mudan y migran hacia otro lugar, así pasaría con las coberturas vegetales, cuando estas no existan cercanas a sus asentamientos, sus costumbres les dictará que es mejor mudarse que trabajar por mantener su territorio y espacio.

Es importante expresar que estos valores registrados de emisiones de partículas suspendidas son los primeros reportes de concentraciones de contaminantes atmosféricos estimados en cocinas indígenas Wayuu en esta zona de la alta Guajira. En Paraguay y la india el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social en el año 2015; cuando midieron las concentraciones de $PM_{2.5}$ en cocinas que utilizan

combustible como biomasa con leña en ambientes interiores, arrojaron valores altos entre los $635 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $850.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cifras alarmantes permisibles recomendadas por la OMS.

Por su parte, Tumwesige (2017) y Sidhu et al., (2017), han sugerido que las concentraciones de $\text{PM}_{2.5}$ seguirán siendo mayores en cocinas que se encuentran en el interior de las viviendas, en comparación de las cocinas dispuestas en el exterior. Lo anterior, debido a factores climáticos como la altura y la humedad relativa, asimismo factores arquitectónicos, en el caso de la posición de las cocinas que puedan ayudar en su ventilación y el lugar donde disponen las estufas de piedras, que no cuente con impedimento que pueda interrumpir la dispersión del material particulado.

En relación a las partículas suspendidas de PM_{10} , estas se asocian principalmente a las emisiones de humos. Sanchez y Ccoyllo (2011) relataron que las partículas que más afectan la salud de las personas son las del rango respirable. El poco cuidado que se tienen en las cocinas artesanales con la disposición de humos por la quema de leña a la hora de preparar los alimentos, pueden ser las partículas suspendidas más peligrosas para los miembros de las comunidades indígenas. En esta investigación, aunque los valores de PM_{10} no son mayores que los valores de $\text{PM}_{2.5}$, no dejan de ser menos peligrosos para las poblaciones humanas. Zambrano (2017), sugirió que se deben modificar los procesos de cocción, optimizando las estructuras de las estufas y las cocinas en general, es decir, que, si no cambiamos la estructura de nuestras cocinas artesanales de los indígenas Wayuu, no podremos disminuir las concentraciones del material particulado en las viviendas o rancherías indígenas Wayuu.

Asimismo, las emisiones de partículas suspendidas totales (PST), con diámetros mayores a $10 \mu\text{m}$ hasta los $100 \mu\text{m}$, las cuales son consideradas como partículas sedimentables debido que no permanecen mucho tiempo en la atmósfera, si no que por su peso descienden al suelo (Chiluiza, 2019). En el caso de nuestro estudio las

partículas de este tipo son imperceptible y no debería existir mayor riesgo de sus efectos adversos, debido a la buena ventilación que tienen las cocinas artesanales en el interior de las viviendas indígenas wayuu de las comunidades *Ishothimana* y *Pujuru*.

Actualmente la humanidad enfrenta varios problemas ambientales que ponen en riesgo el bienestar y salud de las personas, así como la sostenibilidad de los territorios y quizás incluso la existencia de la sociedad global como la conocemos. Entre estos, el cambio climático y la contaminación del aire son dos de los problemas más importantes y apremiantes. Algunos de estos contaminantes contribuyen tanto al cambio climático como a la contaminación del aire (Territorios sostenible, 2021).

Un ejemplo importante es el de los llamados contaminantes de vida corta como el metano, el carbono negro y el ozono troposférico. Estos contaminantes contribuyen tanto a exacerbar el cambio climático como a deteriorar la calidad del aire. Asimismo, el ozono troposférico es un GEI que afecta la salud humana y, además, altera la capacidad de los ecosistemas de absorber CO₂. En general, los contaminantes de vida corta causan entre el 40% y 45% del calentamiento global y deterioran significativamente la calidad del aire.

Mitigar el cambio climático requiere reducciones fuertes y sostenidas de las emisiones de GEI causadas por las actividades humanas, principalmente el uso de combustibles fósiles como fuente de energía. Sin embargo, es importante considerar que las estrategias de mitigación del cambio climático también podrían llegar a tener efectos negativos sobre la calidad del aire, afectando por ejemplo las concentraciones de material particulado, ozono superficial y la carga global de aerosoles (Territorios sostenible, 2021).

Aunque no comprendemos del todo cómo puede afectar el cambio climático a la calidad del aire y viceversa, recientes investigaciones indican que esta relación

recíproca puede ser más intensa de lo que se creía hasta ahora. En muchas regiones del mundo se prevé que el cambio climático afectará a las condiciones climáticas locales, entre ellas la frecuencia de las olas de calor y los episodios de aire estancado (Agencia europea del medio ambiente, 2021).

El tema del cambio climático en las últimas décadas ha sido uno de los ejes principales a tener en cuenta para el diseño de políticas de desarrollo a nivel mundial y, actualmente, en los ámbitos regional y local (Forero, 2018). Siendo así el CO₂ en la atmósfera es de 415 partes por millón esto para el 2019, este año la concentración media de CO₂ aumentará probablemente en 2,14 partes por millón. Por lo que la temperatura promedio de la Tierra ya ha subido 0.8 °C, y las proyecciones del IPCC calculan que ese aumento va a llegar a ser de entre 1 y 5 °C para final de siglo (Vargas, s.f).

8. CONCLUSIÓN

Esta investigación es la primera en identificar las fuentes de emisiones contaminantes producidas en cocinas artesanales del pueblo Wayuu del Norte del departamento de La Guajira. Las 40 familias objetos de esta investigación, tenían en sus domicilios fuentes de emisiones provenientes de las estufas artesanales de tres piedras características de la gran mayoría de los indígenas de nuestro territorio nacional, solo el 1% utilizaba gas propano y cabe aclarar que no todo el tiempo, lo que demuestra como esta alternativa en la preparación de los alimentos aún sigue estando alejada de muchas familias del sector rural de nuestro país, y mucho más en las inmediaciones de la gran mayoría de los pueblos indígenas Colombianos.

La especie de trupillo (*Prosopis juliflora*), es la más utilizada debido a la abundancia y por ser la única en la zona, pero se desconoce su importancia ecológica y los servicios en el ecosistemas que prestaría, se debe abordar estudios sobre el uso que podría prestar a las comunidades locales indígenas y de esta manera con campañas ambientales, concientizar el cuidado de sus coberturas vegetales y de esta manera se podría detener la degradación de estos biomas secos y la desertificación del territorio.

Los paquetes estadísticos (Rstudio, ANOVA, Excel, Pearson, Sharipo Will) que se implementaron en este estudio, arrojaron datos bajos debido a su variabilidad, lo cual determina que el muestreo sería aceptable y ratifica que la metodología implementada podría ayudar en el diagnóstico de la calidad del aire.

De acuerdo con la metodología de la EPA para estimar los riesgos a la salud se tuvo en cuenta ciertas ecuaciones, de las que se pudo concretar que el coeficiente de peligrosidad para este caso es aceptable para las comunidades estudiadas. Sin embargo, no existe evidencia suficiente para estar seguros de la salud de las poblaciones expuestas continuamente a estos materiales particulados, y como no

existe un banco de información de pacientes con enfermedades cardiopulmonares, es casi imposible en el momento asociar estos casos a la utilización de estufas artesanales. Por esta razón, se debe trabajar este tipo de proyectos de salud pública de la mano con los centros de salud locales, y tener sumo cuidado de registrar los diagnósticos clínicos y solicitar el estado que viven los pacientes para poder relacionar las consecuencias de sus cuadros clínicos.

Las afectaciones al medio ambiente pueden verse reflejadas más que por la falta de control de las autoridades ambientales, puede deberse más por los pocos programas de educación ambiental en estas regiones y sobre todo implementarlos en su lengua natal, porque en la mayoría de las veces, cuando los talleres son impartidos en español es mucho más difícil que no sea atentado por la comunidad indígena. Así que la desmedida deforestación que estas comunidades tienen del bosque seco tropical, no se acabará, hasta que puedan los programas del gobierno presentar una alternativa más asequible para las comunidades, pero en este momento no hay otra manera de como subsistir sus necesidades básicas, dado al tipo de extracción del bosque, pero si no se frena su consumo pueden tener una futura producción de biomasa más lenta.

A manera general, desde el punto de vista de cambio climático y efecto del MP sobre los ecosistemas, las partículas atmosféricas alteran la cantidad de radiación solar transmitida a través de la atmósfera terrestre. La absorción de radiación solar por partículas atmosféricas junto a la captura de radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre por parte de ciertos gases, intensifica el calentamiento de la superficie terrestre y la baja atmósfera, es lo que actualmente conocemos como efecto invernadero. Por consiguiente, los efectos producidos por el PM, incluye la alteración de la cantidad de radiación ultravioleta procedente del Sol que llega a alcanzar la superficie terrestre lo que puede ejercer efectos a la biota y otros componentes ambientales.

9. RECOMENDACIONES

En Colombia aproximadamente 1.6 millones de familias usan la madera como combustible de cocción, el uso continuo de estas estufas tradicionales está relacionado con enfermedades respiratorias crónicas. La planeación, en el año 2015, como resultado de este fenómeno se alcanzaron en torno a 10.527 muertes y 67.8 millones de enfermedades, dicha problemática ha generado una carga económica que asciende a los \$COP 20.7 billones. Por tal motivo es importante desarrollar soluciones orientadas a un mejor manejo de la leña, que es el recurso energético que prima en las zonas rurales y no interconectadas (Muñoz, 2021).

Otra estrategia para mejorar la calidad del aire al interior de los hogares en las zonas rurales, la ha planteado el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante el apoyo al desarrollo de estufas mejoradas con eficiencias > 20%, que contribuyan a la reducción de emisiones contaminantes críticas como lo son el monóxido de carbono y el material particulado fino, con un menor consumo de biomasa (Pérez, 2013; De la Hoz, 2017). Las estufas de cocción mejoradas a biomasa son consideradas como una alternativa para reducir los impactos asociados a la problemática nacional por la cocción con leña. Se pretende que dichas estufas incrementen su eficiencia como mínimo hasta un 20%, es decir, que dupliquen la eficiencia de las tecnologías del escenario de referencia colombiano (UPME, 2017).

Promoción de energías más limpias como la eléctrica, a través de programas gubernamentales que el estado invierta más en estas comunidades de escasos recursos ya que no quieren invertir en programas que por ley todo ser humano tiene derecho y es una vida digna. Estas poblaciones no cuentan con ningún tipo de servicio público (agua, luz, alcantarillado).

Promover la reforestación por parte de las entidades ambientales, capacitando a las comunidades, de esta manera que llevaría un equilibrio con el bosque seco tropical, como también establecer proyectos de restauración productiva (sistemas

agroforestales y agroecológicos) cercanos a las viviendas y de beneficio productivo en las zonas de bosque destapada, para aumentar la oferta de leña y reducir la extensión extractiva sobre los pocos restos de bosque, conservado aun los que existen.

Colombia en comparación con otros países, son varios los estudios que busca caracterizar como es el estado de la calidad de aire al interior de estas viviendas que aún no cuentan con suministro de gas natural, y existe aún menos información en poblaciones indígenas Wayuu, si realizamos un seguimiento de casos de enfermedades respiratorias, en personas del pueblo wayuu podríamos asociarlas con el tipo de tecnología que utilizan para preparar sus alimentos, pero se necesita crear las iniciativas y los proyectos que salvaguardar la salud pública de nuestros indígenas Wayuu.

Estudio realizado por Pérez (2017), soportan que todos los años se pierden millones de hectáreas de bosques originales, aumenta la fragmentación y la fragilidad de la calidad de sus hábitats para mantener sus poblaciones faunísticas y botánicas, así como las fuentes renovables de agua. Si las comunidades de Ishotshimana y Pujuru, no solucionan el abastecimiento de su materia prima como es la biomasa que utilizan como suministro energético, en un tiempo no muy lejano se verán en la penosa tarea de reubicarse. Son los miembros de las comunidades los que tiene que tener las iniciativas de controlar la tala discriminada y no responsables, para evitar la desertificación rápida de sus territorios, las autoridades les quedaría difícil controlar estas actividades, primeramente, porque no existe una mejor alternativa para estas familias y como se encuentran en áreas alejadas del casco urbano dificulta el control y monitoreo de estas zonas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceituno Sagastume, M. V. (2016). Evaluación de cuatro especies forestales de rápido crecimiento: eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), Patamula (*Albizia niopoides*), Caulote (*Guazuma ulmifolia*) y Laurel (*Cordia alliodora*), para la producción de carbón vegetal en la línea A-13, Sector SIS, San José La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala, C.A. Licenciatura tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Agencia Europea Del Medio Ambiente, (2021). Recuperado en: <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2013/articulos/cambio-climatico-y-aire>.
- Alfonso, D. M. (2018). Emisiones de material particulado de los vehículos en Bogotá. Estrategias de gestión ambiental para su mitigación. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10554/38114>.
- Álvarez, I. A., y Méndez Martínez, J. (2017). Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud. Rev.Med.Electrón. vol.39 no.5 Matanzas set.
- Amaral, S., Andrade, J., Martins, M., y Pinheiro, C. (2016). Factores partículas de emisión para la biomasa de combustión. Revista atmosfera, 7, 141. Recuperado de file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/atmosphere-07-00141.pdf.
- Ameraseker, R., & Sepalage, B. (1988). Sri Lankan Stoves Past & Present. (15), 40.
- Andrade-Castañeda, H. J., Arteaga-Céspedes, C. C y Segura-Madrugal, M. A. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia). Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 18 (1), 103-112. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:561.
- Barregard L, Sa'llsten G, Andersson L, Almstrand A, Gustafson P, Andersson M, C Olin A. (2008). Experimental exposure to wood smoke: Effects on airwayinflammation and oxidative stress. Occup Environ Med. 65:319–324.
- Bocanegra Higuera, D. M. (2020). Indagación de material con características biodegradables para la retención de partículas menores a 10 micras emitidas por procesos de combustión vehicular.
- Boronat-Gil, R. Gómez-Tena, M. López-Pérez, J. P. (2018). Diseño experimental de un sumidero de CO₂ y sus implicaciones en el cambio climático. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 15(1).
- Camps, M., y Marcos, F. (2001). Energías renovables: Los biocombustibles. Madrid: Ediciones Mandí-Prensa.

- Cano-Salas MC, Castañón-Rodríguez RP, Toral-Freyre SC, León-Molina H, García-Bolaños C, Arroyo-Hernández M. (2021). Consenso 2020 en Terapia Nebulizada en México. *Neumol Cir Torax*. 80 (1): 6-47. <https://dx.doi.org/10.35366/98506>.
- CAR, Cae, Cámara de comercio de Bogotá. (2013). Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono corporativa a nivel sectorial. Bogotá.
- Cárdenas L., D. (2007). Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de investigaciones Científicas. SINCHI-Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Salinas (eds). 232 pp.
- Caroline Ochieng, Sotiris Vardoulakis, Cathryn Tonne, (2017). Household air pollution following replacement of traditional open fire with an improved rocket type cookstove, *Science of The Total Environment*. 580: 440-447. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.233>.
- Chiluiza, C. (2019). Evaluación de la concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} en la parroquia Belisario Quevedo de la provincia de Cotopaxi en el periodo 2018 – 2019. Universidad Técnica de Cotoaxi.
- Comisión Interdepartamental del Cambio Climático. (2011). Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero. Catalunya: Comisión Interdepartamental del Cambio Climático, Catalunya
- Correa Hernandez, O. (2019-06-18.). Valores relacionales y sustentabilidad: el sistema socio-ecológico de la quebrada Artieta, Municipio de San Pedro, Valle del Cauca.
- Cristancho Niño, A. T. Baez Curtidor, N.A. Gelvez Diaz, R. A. (2021). Propuesta Metodológica Antropometría para personas con Enfermedades Cardiovasculares y Respiratorias.
- Cuello Rojas, Y. (2020). Análisis multicriterio para elegir alternativas de solución al problema de desabastecimiento de agua potable en los municipios de Manaure y Uribia en el departamento de la Guajira. Universidad de los Andes.
- Dávalos Calderón, A. G. (2019). Contaminación del ecosistema terrestre por material particulado y relaves de plantas procesadoras de la pequeña minería en Nasca.
- De La Hoz, C. K., Pérez, J.F. y Arrieta, E.L.C. (2017). Design of a top-lit up-draft micro-gasifier biomass cookstove by thermodynamic analysis and fluent modeling, *Int. J. Renew. Energy Res*. 7: 2172–2187.

- Decreto 1076 del 2015. (Agosto de 2020). Gestor normativo. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
DS
- Díaz Castillo, L. B. (2016). Alternativas estratégicas viables en la conservación, cuidado y mantenimiento del medio ambiente para el buen vivir. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Díaz Fonseca, O. (2021). Impacto de la contaminación producto del tráfico vehicular sobre los niveles de carboxihemoglobina y la respuesta respiratoria en ciclistas urbanos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.
- Díaz-Nigenda, E., Vázquez-Morales, W., Venegas-Sandoval, A., Morales-Iglesias, H., & Hernández-Jiménez, S. (2021). Emisiones generadas por el consumo de leña y carbón en la preparación de comida rápida. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8(2).
- EPA. (1995). AP 42, Fifth Edition, Volume I. Compilation of Air Pollutant Emission Factors (USEPA, 1995). Recuperado de <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors>
- Equipo RStudio (2020). Desarrollo integrado para R. RStudio, PBC, Boston, MA
Recuperado de: <http://www.rstudio.com/>.
- Escobar Jiménez, L. (2020). Evaluación de las concentraciones atmosféricas de PM₁₀ y PM_{2.5} en el casco urbano del municipio de Vijes, Valle del Cauca. Recuperado de: <http://red.uao.edu.co//handle/10614/12224>.
- Escobar Córdoba, J.D. (2018). Análisis del aprovechamiento sustentable de los residuos generados en la transformación de madera en dos municipios del departamento del chocó. Universidad de Antioquia.
- Fernández Salamanca, V. C. (2021). Conservación y potencialización de las rancherías Wayúu: patrimonio de la arquitectura vernácula (Aplicado en la comunidad Arpushana Ranchería Dividivi).
- Forero, L. N. T., Castillo, J. S. B., & Castillo, C. A. B. (2018). Transformación de las coberturas vegetales y uso del suelo en la llanura amazónica colombiana: el caso de Puerto Leguizamo, Putumayo (Colombia). *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 27(2), 286-300.
- García Pinto, C. L. (2021). Interacciones tóxicas entre contaminantes ambientales y el hombre. Recuperado de: <https://doi.org/10.22490/notas.4286>
- Gallo Rivera, A. D., y Paredes Vargas, C. S. (2019). Determinación y caracterización de las concentraciones de material particulado sedimentable del sector de

ladrilleras de la Matriz del Cantón Chambo. Universidad Nacional de Chimborazo.

- Gaviria, C. F. (2009). Contaminación por material particulado ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín.
- Green, J. y Sánchez S. (2013). La Calidad del Aire en América Latina: Una Visión Panorámica usa. Elaborado por: Clean Air Institute EUA, Washington D.C.
- Gustafsson, L. (1986). Éxito reproductivo y heredabilidad de por vida: apoyo empírico para el teorema fundamental de Fisher. *The American Naturalist*. 128 (5), 761-764.
- Hernández Lalinde, J. D. Espinosa Castro, F. Rodríguez, J. E. Chacón Rangel, J. G. Toloza Sierra, C. A. Arenas Torrado, M. K. Carrillo Sierra, S. M. y Bermúdez Pirela, V. J. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Sociedad Venezolana de Farmacología Clínica y Terapéutica, Venezuela*. 37(5).
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de Bosques. (2017). Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC). Bogotá, Colombia.
- IPCC. (2016). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
- Jaramillo, M., Núñez, M., Ocampo, W., Pérez, D., y Portilla, G. (2003). Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos convencionales en la zona de Cali-Yumbo. *Revista facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 31: 38-48. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/430/43003103.pdf>
- JFM Herrera · (2020). Propuesta de actualización y consolidación de escenarios de emisiones de GEI por sector y evaluación de costos de abatimiento asociado a Colombia. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/cambio-climatico-Informe-sobre-el-desarrollo-y-los-supuestos-para-la-realizacion-de-escenarios-de-referencia-ndc.pdf>
- Mantilla Díaz, J. S. (2020). Reconocimiento de utensilios tradicionales de la gastronomía santandereana en las localidades urbanas informando su uso y amparando la tradición en las cocinas.
- Malagón Barbero, R. (2021). Cocina ancestral y tradicional de la Guajira A'lakajawaa.
- Maldonado Maya, A. C. Rojas Monroy, N. F. (2019). Propuesta de bajo costo para el monitoreo de material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} en tiempo real en la Universidad El Bosque, Bogotá. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12495/2089>.

- Marín Ortíz, E. M. (2014). Cosmogonía y rito en la vivienda Wayuu. Escuela de Arquitectura y Urbanismo.
- Martínez González, V. (2020). Etnobotánica de plantas medicinales con uso para enfermedades respiratorias en el departamento de Caldas. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11634/28935>.
- Menéndez, L. (2021). Predicción de valores del contaminante atmosférico benceno en madrid con metodologías de machine learning, y análisis mediante georreferenciación de datos 2021. León, España.
- Melo Correa, D. (2013). Reubicación de vivienda indígena y reinterpretación de la cosmogamia para proyectar nueva arquitectura inspirada en el Yagé (Bachelor's thesis, Universidad Piloto de Colombia).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (18 de marzo de 2020). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2020. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/asuntos-ambientales-sectorial-yurbana/gestion-del-aire/contaminacion-atmosferica>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT. (2010). Política de Prevención y control de la contaminación del aire. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/asuntos-ambientales-sectorial-yurbana/gestion-del-aire/politica-de-prevencion-y-control-de-la-contaminacion-del-aire-ppcca>
- Min. Ambiente (2015). Guía para la elaboración de estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente en sitios contaminados.
- Mora, J. G. (2018). Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA.
- MORALES VARGAS, Ricardo. Contaminación del aire y efectos tóxicos por partículas respirables (PM₁₀) en el humo, de madera en comercios de alimentos San José - Costa Rica. Rev. costarricenses. salud pública [en línea]. 2003, vol.12, n.22, pp.16-28. ISSN 1409-1429.
- Mulumba Ilunga, Ó. (2021). Estudio de la optimización de estufas de cocción tradicionales empleadas en países en desarrollo utilizando biomasa leña gasificada (aplicado a la RD Congo) (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Muñoz Iguarán, K. K. García Parra, A. J. Foronda Aldana, L. L. Florián Rincón, K. V. (2020). Diseño de una Etno-Aldea turística para promover la cultura y tradición del pueblo Wayúu en la ranchería Kayushiwarralu-la Guajira.
- Muñoz García, D. F. (2021). Efecto de la relación de los flujos de aire en el desempeño energético y emisiones específicas de una estufa de gasificación de tiro forzado.

- Noboa Vásquez, D. R. (2020). Tesis. Quema de caña de azúcar como factor asociado a síntomas respiratorios en niños del cantón Marcelino Maridueña Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50167>
- Novillo Rameix, N. (2018). Cambio climático y conflictos socioambientales en ciudades intermedias de América Latina y el Caribe. 24: 124-142. Recuperado de: <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.24.2018.3323>.
- López Haro, J. A. (2020). Determinación de la concentración de NO_x a la que se encuentran expuestos los peatones en el terminal terrestre de Riobamba.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Guías de calidad del aire de la OMS.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2018). Organización Mundial de la Salud. Recuperado de: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Palacios-Ramírez A, Flores Ramírez R, Pérez-Vázquez FJ, Rodríguez-Aguilar M, Schilmann-Halbinger A, Riojas-Rodríguez H, Van Brussel E, Díaz-Barriga F. (2018). Evaluación de la exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos y partículas en suspensión (PM_{2,5}) por quema de biomasa en una zona indígena del Estado de San Luis Potosí, México. Rev. salud ambiental. 18(1): 29-36.
- Pedrosa, I. Juarros Basterretxea, J. Robles Fernández, A. Basteiro, J. García Cueto, E. (2014). Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar?. Universidad de Oviedo, España.
- Pérez, A. (2017). FONCODES, el análisis de implementación de la política de cocinas mejoradas a leña y la incidencia en el mejoramiento de las condiciones de vida en usuarios rurales del distrito de Huaricolca-Tarma, lima.
- Pérez Bayer, D. Graciano Bustamante, J. Gómez Betancur. (2013). Caracterización energética y emisiones de una estufa de cocción ecoeficiente con biomasa a diferentes altitudes, Ing. 16: 227–237.
- Pinzón Cárdenas, 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. Uniandes.
- Portero González, H. M. (2018). Estudio experimental de peletizado en planta piloto y de combustión en caldera de biomasa a baja potencia.
- Quintero Rojas, A. P. (2010). Neumopatía por humo de leña en la población de Guavio Cundinamarca.

- Quirama, J. F. y Vergara, A. L. (2014). Consumo de leña en fogones tradicionales en familias campesinas del oriente antioqueño. *Producción +Limpia*, 9(1), 99-114. Grupo de Investigación y Desarrollo Agroambiental de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Ramírez Etene, O. (2019). Evaluación de impacto socioambiental producido por el uso de leña en cocinas mejoradas, en el centro poblado de Mazán, Maynas-Loreto-2019.
- Ramos, A. K. (2017). Enfermedades respiratorias relacionadas con el uso de fogones de leña. *Tlamati Sabiduría*.
- Represa, NS. (2020). Elaboración e implementación de una propuesta metodológica para la evaluación y gestión de la calidad del aire mediante el enfoque de la ciencia de datos. *Universitat Politècnica de València*. Recuperado de: <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/144645>.
- Rico Melo, Y. P. y Torres Salcedo, C. D. (2018). Evaluación de la calidad de aire por inmisión de PM₁₀ y su correlación con las enfermedades respiratorias reportadas para el año 2016 en el área urbana municipio de Ráquira, Boyacá. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12495/3240>.
- Rodas Trejo, J. Medina Sansón, L. Chang Gutierrez, D. Ocampo González, P. Marín Muñoz, E. S. Carrillo López, M. R. (2017). Impactos y adaptaciones ante los efectos del cambio climático: un caso de estudio en una comunidad ganadera en Chiapas, México REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18 (10), 1-14.
- Rodríguez Ayala, L. J. D. P. (2020). Mujeres campesinas cocinando por la vida en sus territorios (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Rojano, E., Angulo, C. y Restrepo, G. (2012). Niveles de Partículas Suspendidas Totales (PST), PM₁₀ y PM_{2.5} y su relación en lugares públicos de la ciudad Riohacha, Caribe Colombiano. *Información tecnológica*, 24(2), 37-46.
- Ruiz Pastor, C. (2017). Técnicas de aprendizaje automático para el análisis de datos de calidad del aire. UAM. Departamento de Ingeniería Informática.
- Sanchez-Ccoyllo, (2011). Clasificación del material particulado menor de 10 micrometros PM-10. Barcelona- España.
- Santamaría, S. (2002). *La cocina de Santi Santamaría: La ética del gusto*. Barcelona: Everest. 59 p.
- Serrano-Medrano, M., Ruiz-García, V., Maserá, O., & Berrueta, V. (2021). Efectos a la salud por el uso de fogones abiertos de leña y alternativas. *Juan Rivera Dommarco Tonatiuh Barrientos Gutiérrez Carlos Oropeza*, 141.

- Stanford, La quema de biomasa plantea un gran problema climático, Futurity. (2014). <https://www.futurity.org/biomass-burning-climate-743082/>.
- Sidhu, M. K., Ravindra, K., Mor, S. & Jhon, S. (2017). Household air pollution from various types of rural kitchens and its exposure assessment. ScienceDirect. 586, 419-429.
- Solomon O. Giwa, Collins N. Nwaokocha, Bashir O. Odufuwa. (2019). Air pollutants characterization of kitchen microenvironments in southwest Nigeria, Building and Environment, 153, 138-147., <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.02.038>.
- Stuart-Smith, R. F. Roe, G. H. Li, S. and Allen, M. R. (2021). Increased outburst flood hazard from Lake Palcacocha due to human-induced glacier retreat. Nat. Geosci. 14, 85–90. <https://rdcu.be/ceLUg>
- Territorios sostenible (2021). Recuperado de: <https://territoriossostenibles.com/calidad-del-aire/que-dicen-el-ipcc-y-la-omm-sobre-la-relacion-entre-cambio-climatico-y-contaminacion-del-aire>
- Torres, H. A., Agreda, J. N., & Polo, C. A. (2012). Evaluación de impacto ambiental producido por el uso de cocinas tradicionales en el área de conservación regional Vilacota-Maure de la región Tacna. Informador Técnico (Colombia) Edición 76.
- Trelles Motte, R. (2018). Determinación del material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO) en el distrito de Ocoruro-Provincia Espinar región Cusco. Arequipa – Perú.
- Tumwesige, V., Okello, G., Semple, S. & Smith, J. (2017). Impact of partial fuel switch on household air pollutants in sub-Saharan Africa. ScienceDirect. 231, 1021- 1029.
- Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2017). Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño. MED. CLIN. CONDES. 28(1), 111-118.
- Unidad de planeación Minero Energética - (UPME), Plan de acción indicativo de eficiencia energética PAI-PROURE 2017-2022, (2017) Recuperado de: http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI_PROURE_2017-2022.pdf.
- US EPA (2009). Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment. Recuperado de: http://www.epa.gov/swerrims/riskassessment/ragsf/pdf/partf_200901_final.pdf

- Vahos Monsalve, D. L. (2020). Percepciones de los habitantes del Municipio de Sabaneta frente a los cambios en la calidad del aire y su influencia en la salud pública entre los años 2015 – 2020.
- Vargas, E. C., Fonseca, T. G., & Cascante, J. L. H. Cambio climático y agricultura campesina.
- Veja J.R.R. & M.I.M. Fernández. (2010). Farmacopea Guajira: el uso de las plantas medicinales xerofíticas por la etnia wayuu. Revista CENIC. Ciencias Biológicas. 41: 1-10.
- Viena, A., & Cam, K. (2016). Determinación del nivel de concentración de partículas suspendidas respirables a nivel intradomiciliario, y su influencia en la salud pública, en la ciudad de Moyobamba. Tarapoto.
- Viena Ramírez, A. (2018). Determinación de la concentración del material particulado respirable, influenciado por el tránsito vehicular, en la carretera Calzada – Soritor. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11458/3006>.
- Villán Cristian, D. M. y Velasco Merino, C. (2019). Caracterización de las propiedades ópticas y microfísicas de tres tipos de aerosoles atmosféricos durante tres eventos de alta turbiedad en Castilla y León.
- Villena Chávez, J.A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Wanden-Berghe, C., Virgili Casas, N., Ramos Boluda, E., Cuerda Compes, C., Moreno Villares, J.M., Pereira Cunill, J. L., ...Carrera Santaliestra, M.J. (2017). Home and Ambulatory Artificial Nutrition (NADYA) Group Report: Home parenteral nutrition in Spain, 2016. *Nutrición Hospitalaria*, 34(6), 1497-1501. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.1686>
- Wenlu Ye, Eri Saikawa, Alexander Avramov, Seung-Hyun Cho, Ryan Chartier, (2020). Household air pollution and personal exposure from burning firewood and yak dung in summer in the eastern Tibetan Plateau, *Environmental Pollution*, Volume 263, Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114531>.
- Zambrano, D. (2017). Concentración de material particulado por combustión de leña en la zona rural del municipio de santa Sofía, Boyacá. Bogotá D.C.
- Zambrano, Elizabeth Leonor. (2018). Prácticas pedagógicas para el desarrollo de competencias ciudadanas. *Revista electrónica de investigación educativa*, 20(1), 69-82.
- Zavaleta Castellón, P. R. (2018). Análisis de impactos productivos y ambientales de la implementación de ventiladores y cambio de combustible en ladrilleras artesanales de Riberalta, Beni. *Acta Nova*, 8(4), 679-699.



ANEXO 1

Tabla 12. Formato de emisiones

N°	NOMBRE	RANCHERIA	ACTIVIDAD	COMBUSTIBLE	Nº DE PERSONAS	F (H/DIA)	CANT (KI/DIA)	TASA DE PROCESO
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								

ANEXO 2

ENCUESTA DE ANALISIS DE LOS RIESGOS Y LAS AFECTACIONES AL MEDIO AMBIENTE Y A LA SALUD.

La siguiente encuesta se hace con fines académicos e investigativos por parte de la Universidad de la Guajira, en el área de postgrados maestría en ciencias ambientales, la cual es realizada por la estudiante **SELEINER ZULAY ELIAS GUILLEN** en dirección de la docente **YOMA ISABEL MENDOZA GUERRA**. Esta investigación tiene como objetivo Evaluar las emisiones de contaminantes atmosféricos asociados al consumo de carbón vegetal en 40 familias de las comunidades ISHOTSHIMANA y PUJURU del Cabo de la Vela, Uribía La Guajira.

Esperamos contar con su colaboración, donde las respuestas serán tomadas de manera confidencial.

NOMBRE: _____

COMUNIDAD: _____ **FECHA:** _____

1. ¿Cuántas personas habitan en el hogar?

2. ¿Edad de las personas que habitan en el hogar?

0-3años

4-8 años

9-13 años

14-18

>18 años

3. ¿Existen mujeres en embarazo? ¿Cuántas?

Sí

No

4. ¿Qué producto consumen?

Leña

Carbón

Gas

Otro

¿Cuál?

5. ¿De qué zona o lugar extrae la leña?

6. ¿Qué especie de árbol o arbusto consumen?

7. ¿Cuántos kilos de leña consumen al mes?

8. ¿Cuántas horas lleva recolectar la leña y cuántas veces al mes?

Horas

veces/mes

9. ¿para qué usas la leña?

Cocinar

comercializar

Otro

¿Cuál?

10. ¿Qué tipo de cocina usas?

Tradicional

Barro

Metal

Otra

¿Cuál?

11. ¿Cuántas veces al día y cuantas horas usan la cocina a leña?
Veces/día Horas/uso
12. ¿Quién cocina los alimentos?
Madre sola Madre y otro familiar Padre Otro familiar
13. La cocina está:
Dentro de la casa al aire libre en habitación sola en dormitorio
Otro ¿Cuál? _____
14. La cocina tiene:
Chimenea agujero ventana otra salida para el humo
15. ¿Cuál es la enfermedad más frecuente en el hogar?

16. ¿cuentan con algún servicio de salud?
Sí No
17. ¿A qué tipo de EPS está afiliado/contributivo/subsidiado?

18. ¿usted o algún miembro de su familia sufre de alguna enfermedad crónica?
Sí No
19. ¿Considera que el humo proveniente de la quema de leña afecta la salud?
Sí No
20. ¿Con que frecuencia va al puesto de salud?
21. ¿Considera que el humo y otros contaminantes que genera la leña afecta la salud?
Sí No
22. ¿considera usted que el uso de carbón vegetal genera algún tipo de impacto al medio ambiente y a los ecosistemas?
Sí No
23. Atendiendo la lista de efectos ambientales que se presentan a continuación cual considera usted que se genera con el uso de carbón vegetal:
Deforestación ()
Erosión del suelo ()
Aumento de la temperatura ()
Disminución de los potenciales hídricos de la zona ()
Contaminación atmosférica ()
Deterioro de la salud ()
Desertificación ()
Otras () ¿Cuál?
24. Observaciones: _____

