

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN MEDICINA

Relación entre el nivel de monóxido de carbono intradomiciliar y función pulmonar.

San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, Guatemala, agosto 2015.
TESIS DE GRADO

ANA GABRIELA CHAVARRÍA ROSALES
CARNET 10225-09

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, SEPTIEMBRE DE 2015
CAMPUS CENTRAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN MEDICINA

Relación entre el nivel de monóxido de carbono intradomiciliar y función pulmonar.

San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, Guatemala, agosto 2015.

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA SALUD

POR

ANA GABRIELA CHAVARRÍA ROSALES

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE MÉDICA Y CIRUJANA EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, SEPTIEMBRE DE 2015
CAMPUS CENTRAL

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

DECANO: DR. CLAUDIO AMANDO RAMÍREZ RODRIGUEZ
VICEDECANO: MGTR. GUSTAVO ADOLFO ESTRADA GALINDO
SECRETARIA: LIC. JENIFFER ANNETTE LUTHER DE LEÓN
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. EDGAR ENRIQUE CHÁVEZ BARILLAS

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

MGTR. CANDELARIA GUILLERMINA LETONA BERGANZA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

LIC. MAYRA LORENA GARRIDO ORTIZ DE SIERRA
LIC. RUTH MARIA GUERRERO CABALLEROS
LIC. SAMUEL ALEJANDRO JOVEL BANEGAS



**VISTO BUENO INFORME FINAL DE TESIS
ASESOR DE INVESTIGACION**

Guatemala, 14 de agosto de 2015

Comité de Tesis
Departamento de Medicina
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Rafael Landívar

Estimados miembros del Comité:

Deseándoles éxitos en sus actividades académicas regulares, me place informales que he revisado el informe final de tesis de graduación titulado: "*Caracterización de la función pulmonar y niveles de monóxido de carbono intradomiciliar en viviendas rurales. Quetzaltenango, Guatemala. Agosto 2015*" del estudiante **Ana Gabriela Chavarría Rosales** con **carne N° 1022509**, el cual he acompañado desde la fase de protocolo y, hasta el momento, ha cumplido con las exigencias y procedimientos establecidos en la Guía de Elaboración de Tesis de la Licenciatura en Medicina de esa universidad.

Por lo anterior, doy mi anuencia para que dicho informe pase a consideración del Comité de Tesis para su aprobación, no teniendo de mi parte ningún inconveniente para que dicho alumno pueda continuar con el proceso establecido por la Facultad de Ciencias de la Salud, para solicitar la *defensa de tesis* del trabajo en mención.

Sin otro particular, atentamente,

Candelaria Guillermina Letona Berganza
Asesor de Investigación

Dra. Candelaria G. Letona B.
MÉDICO Y CIRUJANO
Colegiado No. 2242

Cc/

- Archivo
- Gestor Académico de FCS



Universidad
Rafael Landívar

Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
No. 09373-2015

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante ANA GABRIELA CHAVARRÍA ROSALES, Carnet 10225-09 en la carrera LICENCIATURA EN MEDICINA, del Campus Central, que consta en el Acta No. 09801-2015 de fecha 26 de agosto de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

Relación entre el nivel de monóxido de carbono intradomiciliar y función pulmonar.
San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, Guatemala, agosto 2015.

Previo a conferírsele el título de MÉDICA Y CIRUJANA en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 10 días del mes de septiembre del año 2015.



LIC. JENIFFER ANNETTE LUTHER DE LEÓN, SECRETARIA
CIENCIAS DE LA SALUD
Universidad Rafael Landívar

RESUMEN

Antecedentes: En el 2011 la OMS determinó que tres mil millones de personas cocinan y calientan sus hogares quemando biomasa (madera, excrementos de animales) o carbón en fuegos abiertos o en cocinas y estufas con fugas (1). En el año 2009, el Sistema de Información Forestal de Guatemala, estableció que el 64% de la población guatemalteca depende de leña como fuente de energía, el 67% de ella se encuentra en el área rural y el 33% en el área urbana (2).

Objetivos: Caracterizar la función pulmonar y los niveles de monóxido de carbono intradomiciliar en las viviendas del área rural. Determinar la sintomatología de las mujeres expuestas al humo de leña, el tiempo de exposición al humo de leña y la relación de la saturación de oxígeno con el nivel de monóxido de carbono en la mujer que cocina con leña.

Diseño metodológico: Se realizó un estudio transversal, descriptivo y observacional en la aldea La Nueva Concepción. Se seleccionó aleatoriamente a 50 mujeres, que cocinaran con leña. Se evaluó la estructura de la casa y se midieron niveles de CO, FEV1, SatO2. Se recolectaron los datos utilizando una boleta. Se tabuló y se utilizó el software EPI INFO versión 6.04d, se construyeron indicadores y se obtuvo la estadística descriptiva y resultados con Chi cuadrado y ANDEVA.

Resultados: La media de CO fue de 419ppm, de FEV1 1.98L; SatO2 96% y frecuencia respiratoria 21rpm.

Conclusiones 6 de cada 10 mujeres que cocinan con leña tienen la función pulmonar disminuida.

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Marco teórico	
2.1 Contaminación aérea	3
2.1.1 Humo de leña	3
2.1.2 Humo de cigarro	4
2.2 Contaminación intradomiciliar	5
2.2.1 Factores de la vivienda	6
2.3 Efectos de la contaminación aérea intradomiciliar en la salud	7
2.4 Investigaciones acerca de la contaminación intradomiciliar	11
2.4.1 Investigaciones realizadas en Guatemala	11
2.5 Contaminantes aéreos	13
2.5.1 Monóxido de carbono	13
2.5.1.1 Efectos del monóxido de carbono en salud	14
2.5.1.2 Eliminación de CO	17
2.5.2 Partículas respirables PM10 y PM2.5	17
2.6 Fisiología pulmonar	18
2.6.1 Función pulmonar	19
2.6.2 FEV1	20
2.7 Aldea La Nueva Concepción	20
3. Objetivos	23
3.1 Objetivos Generales	23
3.2 Objetivos específicos	23
4. Metodología	24
4.1 Diseño del estudio	24
4.2 Unidades de análisis	24
4.3 Criterios de inclusión y exclusión	24
5. Definición y operacionalización de variables	25
6. Instrumento	27
7. Metodología de análisis	31
8. Resultados	35
9. Discusión de resultados	45
10. Conclusiones	48
11. Recomendaciones	49
12. Bibliografía	50
13. Anexos	55

1. INTRODUCCIÓN

El interés que, en los últimos años, ha generado la contaminación atmosférica ha pasado por alto el incremento y los efectos nocivos de la contaminación intradomiciliar. Contaminación intradomiciliar es la emisión de sustancias que se da en ambientes con ventilación inadecuada o nula afectando la salud de quienes están expuestos.

En septiembre del 2011 la Organización Mundial de la Salud (OMS) determinó que tres mil millones de personas cocinan y calientan sus hogares quemando biomasa (madera, excrementos de animales o residuos agrícolas) o carbón en fuegos abiertos o en cocinas y estufas con fugas (1). Las principales causas de contaminación intradomiciliar son el humo de leña o gas y el tabaco. Sin embargo, se deben mencionar las mascotas, hongos en las paredes, hacinamiento, cucarachas y roedores. La estructura de la vivienda tiene relación inversa con el nivel de contaminación: mientras más ventilación (número de habitaciones y ventanas) menos contaminación intradomiciliar. En el año 2008 Rivas, Edith realizó estudio **Fuentes de contaminación intradomiciliar y enfermedades respiratorias en jardines infantiles y salas cunas de Temuco y Padre Las Casas Chile**, se encuestó 335 madres de niños que asistieron a jardines infantiles y salas cunas sobre la contaminación intradomiciliar y el número de enfermedades respiratorias que presentaban. Se establecieron estos índices de contaminantes intradomiciliarios: 74.6% el cigarrillo; 65.3% el carbón; 62.2% el polvo; 54.2% parafina y se clasificaron como contaminantes extradomiciliarios: 89.4% humo; 74.6% combustión de vehículo; 46.8% tierra-polvo; 71.5% combustión de fábricas.(2)

En el año 2009, el Sistema de Información Forestal de Guatemala (SIFGUA), estableció que el 64% de la población guatemalteca depende de la leña como fuente de energía, el 67% de ella se encuentra en el área rural y el 33% en el área urbana (3). En la tesis “Caracterización clínico-epidemiológico de mujeres del área rural expuestas al humo de leña utilizada como combustible para cocinar”, de la Universidad de San Carlos de Guatemala realizada en el año 2010 se afirma que en la comunidad de Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa el 72% de la población vive en área rural, de la cual el 85% cocina con leña (4).

La contaminación del ambiente interno de la vivienda aumenta al estar cerca de una ferretería, cementera, zapatería, industria, basurero o de una vía muy transitada, por la acumulación de partículas tóxicas. Si estas partículas son muy pequeñas pueden mantenerse suspendidas y ser transportadas a grandes distancias. Dentro de las partículas suspendidas se denominan “respirables” a las de diámetro menor o igual a 10 micrómetros (PM10), por su capacidad de introducirse en las vías respiratorias: mientras más pequeñas mayor es la capacidad de penetración en el árbol respiratorio. Las partículas menores de 2.5 micrómetros de diámetro (PM2.5) alcanzan los bronquiolos terminales y alveolos, donde son fagocitados y atraviesan la barrera alvéolo capilar para ser transportadas hacia otros órganos por la circulación sanguínea”(5). Las partículas

generadas que causan daño a la salud: monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, benceno, formaldehído, hidrocarburos, hollín y al utilizar carbón se agrega el azufre, arsénico y flúor.

Las personas con más riesgo de presentar enfermedades causadas por la contaminación intradomiciliar son las mujeres, personas de la tercera edad y niños menores de cinco años, quienes permanecen dentro del hogar aproximadamente un 80% a 90% del tiempo. Por otro lado, las mujeres embarazadas expuestas al humo de cigarro o leña tienen riesgo de complicaciones durante el embarazo, o de tener un hijo con bajo peso al nacer. Los hombres, al igual que las mujeres expuestas a humo, tienen 3 veces más el riesgo de padecer enfermedad pulmonar obstructiva crónica. La exposición crónica puede tener un efecto mutágeno, causando malformaciones congénitas, cáncer pulmonar, cáncer laríngeo o cáncer nasofaríngeo. Es de suma importancia determinar cuántas personas están en riesgo de padecer enfermedades adquiridas por contaminación del ambiente del interior de la vivienda, cuáles son los principales contaminantes para prevenir numerosas enfermedades, muertes y ahorrar gastos en salud.

El presente estudio pretende investigar la relación entre el nivel de Monóxido de Carbono intradomiciliar y la función pulmonar, en mujeres expuestas al humo de leña al cocinar.

2. MARCO TEÓRICO

El 7 de mayo del 2014 la OMS alertó sobre el aumento de la contaminación ambiental a nivel mundial: el 90% de las ciudades que miden la polución, esta supera los límites de calidad que han sido establecidos por lo que sus habitantes están en riesgo de sufrir más problemas respiratorios y otras patologías. En la actualización de la base de datos de la OMS participaron 1,600 ciudades de 91 países. De las cuales, únicamente el 12% de las personas en esas ciudades respira aire limpio y el 50% está expuesto a niveles de contaminación 2.5 veces mayores a los establecidos por la OMS. El aumento de contaminación se debe al uso de combustibles, aumento de medios de transporte motorizados y deficiencias en el consumo energético de hogares y oficinas. (14)

El término "smog", se comenzó a utilizar a principios del siglo XX en Inglaterra. Es el resultado de las palabras "smoke" (humo) y "fog" (niebla), con la cual se denominaba una espesa niebla cargada de sustancias tóxicas como hollín y azufre, consecuencia de la contaminación atmosférica por la combustión del carbón. (15)

La directora de Salud Pública de la OMS, María Neira, estableció que "se puede ganar la lucha contra este problema y reducir la incidencia del cáncer de pulmón y las enfermedades cardiorrespiratorias". (14)

2.1 Contaminación Aérea:

Es la presencia de sustancias tóxicas, producto de la actividad industrial y de vehículos, tales sustancias no se dispersan de forma adecuada y tiene efectos negativos en la salud de las personas (20). La contaminación atmosférica incluye numerosos componentes biológicos y químicos. Entre los contaminantes riesgosos para la salud, se encuentran el material particulado inhalable (PM10; PM2.5), dióxido de nitrógeno, ozono, dióxido de azufre y monóxido de carbono. Los contaminantes se clasifican en antropogénicos, derivados de la actividad humana, o naturales, resultantes de procesos naturales. Según el estado físico, pueden ser gases (óxidos de azufre (SO), de nitrógeno (NO), el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos y el ozono (O3)), o partículas como polvo y aerosoles. (11)

El aire intradomiciliar contiene compuestos nocivos derivados de múltiples fuentes, siendo los más importantes el humo del cigarro y humo de la leña que se utiliza para la calefacción y cocción de alimentos. (11)

2.1.1. Humo de leña

Según el informe de desarrollo humano del año 2011, 1.500 millones de personas, es decir uno de cada 5 habitantes, carece de acceso a electricidad, lo que significa que 2,600 millones de personas alrededor del mundo utilizan madera,

paja, carbón vegetal y estiércol para cocinar. (24)

El humo de la leña contiene una compleja mezcla de sustancias volátiles y partículas constituidas por elementos orgánicos e inorgánicos, principalmente por monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno. Se han identificado más de 200 compuestos químicos, de los cuales el 90% son partículas inhalables con un diámetro menor de 10µm (PM₁₀). Una única exposición no causa enfermedad, sin embargo las agrava. Las enfermedades secundarias más frecuentes, causadas por la exposición prolongada son: enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), infección respiratoria aguda (IRA) principalmente en niños menores de 5 años y cáncer; también se han asociado a la exposición de humo de leña las cataratas, enfisema, bronquitis crónica, problemas perinatales (mortalidad intrauterina, parto prematuro, bajo peso al nacer, mortalidad perinatal) y cáncer de cérvix. (27). La relación entre enfermedades respiratorias y e humo de leña es directa: en los hogares que utilizan leña para cocinar la probabilidad de contraer una infección respiratoria aguda aumenta un 31%. (20)

El artículo *Indoor Fuel Exposure*, reportó que cocinar con leña libera más partículas respirables (1,260µm/m³), en comparación al carbón (540µm/m³) y el gas (200-380µm/m³). (28)

En latinoamérica, los bosques están siendo deforestados, por el aumento del uso de leña en los hogares.. La población continúa utilizando leña para cocinar porque no hay conocimiento de las enfermedades que el humo de esta causa, por su fácil disponibilidad y por su bajo costo. El uso de gas es una opción para personas con mayores ingresos económicos, que vivan en las ciudades. (16)

2.1.2 Humo de cigarro

El humo del cigarrillo contiene una mezcla de más de 7,000 sustancias tóxicas, las cuales a largo plazo causan enfermedades. El tabaquismo produce leucocitosis, que es causa de lesiones, enfermedades y cáncer. El cuerpo, al estar sometido al estrés continuo produce inmunosupresión, contrayendo enfermedades más fácilmente. Fumar, estimula la producción coágulos, aumentando la probabilidad de un infarto agudo al miocardio o un evento cerebrovascular.

Los científicos establecieron que el riesgo de enfermedades aumenta aún más después de haber fumado durante 20 años.

Tabla 1: Componentes tóxicos del humo de cigarro

COMPONENTES DEL HUMO DEL CIGARRO		
SUSTANCIAS	Formaldehído	Utilizado para embalsamar cadáveres
	Benceno	Componente de gasolina
	Polonio 210	Material radioactivo y tóxico
	Cloruro de vinilo	Utilizado para la fabricación de tuberías
METALES	Cromo	Utilizado en la fabricación de acero
	Arsénico	Componente de pesticidas
	Plomo	Usado en el pasado en la fabricación

		de pintura
	Cadmio	Componente de baterías
GASES TÓXICOS	Monóxido de carbono	Componente de las emisiones vehiculares
	Cianuro de hidrógeno	Fabricación de armas químicas
	Amoniaco	Productos de limpieza del hogar
	Butano	Combustible para encendedores
	Tolueno	Componente de disolventes de pintura

Benjamin, Regina. "Informe de la Cirujana general de los Estados Unidos: El humo del tabaco causa enfermedades". CDC 2010.

El tabaquismo puede causar cáncer en boca, nariz, laringe, tráquea, esófago, pulmones, estómago, páncreas, riñones, uréteres, vejiga, cervix y médula ósea.

2. 2. Contaminación intradomiciliar

La Real Academia Española define contaminación como la alteración nociva de las condiciones normales de un medio, ya sea por agentes químicos, físicos o aéreos. La contaminación intradomiciliar se refiere a la alteración del ambiente dentro de un domicilio. Según la Organización Panamericana de la Salud la fuente principal de contaminación intradomiciliar son productos químicos: cuerpo humano, construcciones, muebles, artefactos y productos domésticos. Entre los contaminantes biológicos se encuentran la humedad, sistemas de ventilación-calefacción, animales, polvo, ácaros, esporas.

Aunque las fuentes externas (industrias, vehículos) a menudo son las mayores de las emisiones de la contaminación aérea, las emanaciones por fuentes internas tienen un índice de exposición más alto (29). En los países desarrollados la concentración de contaminantes es similar tanto en el interior como el exterior. Sin embargo, puede elevarse la contaminación del interior si se utiliza calefacción o si se cocina en espacios poco ventilados, lo que ocurre más en países en desarrollo, donde las estufas utilizadas tienen un diseño inadecuado. Idealmente, la combustión completa de leña brinda luz, calor, dióxido de carbono y agua. Sin embargo, en la realidad, la combustión es incompleta, produciendo más de 100 compuestos químicos (dioxinas, cadmio, arsénico monóxido de carbono, benceno, antraceno, butadieno, formaldehído, hidrocarburo poliaromático, sodio, magnesio, aluminio, azufre, cloro, potasio, calcio, hierro, zinc, entre otras). Numerosos contaminantes son similares a los producidos por el humo del tabaco, pero se considera que el humo de leña es 12 veces más carcinogénico que cantidades iguales de humo de tabaco y ataca a las células en exposiciones prolongadas 40 veces más que el humo de tabaco. Si durante una hora se queman 10 libras de madera, se generan 4,300 veces más carcinógenos polocíclicos e hidrocarburos aromáticos que 30 cigarrillos. (31)

2.2.1. Factores de la vivienda

La ventilación es fundamental para remover las impurezas y humedad excesiva del aire del interior, con el objetivo de suministrar oxígeno a los habitantes del domicilio. El abrir y cerrar ventanas es una forma de controlar el aire exterior para la ventilación, la cual no es útil para todo el año. La mayoría de investigadores de la construcción creen que no hay una casa con ventilación perfecta, por lo que recomiendan los sistemas mecánicos de ventilación para todos los hogares.

La cantidad de ventilación requerida depende de la cantidad de ocupantes, de su estilo de vida y del diseño del hogar. En el año 2007, el estándar ANSI/ASHRAE (Ventilación Para Calidad Aceptable del Aire Interior en Edificios Residenciales de Pocos Pisos) recomendó que “los hogares tengan 7,5 pies cúbicos de aire fresco natural por minuto por ocupante, más flujo adicional de aire igual (en pies cúbicos por minuto) a 1% del área acondicionada del hogar, medido en pies cuadrados.” Al aumentar el número de ocupantes o al aumentar los pies cuadrados del hogar aumentaría los requisitos de ventilación necesarios. (17)

La cantidad recomendada por AHRAE se calcula mediante la operación:

$CFM / PERSONA \times \# PERSONAS + 1\% \text{ DEL \u00c1REA DEL PISO (PIES}^2)$

#cfm (\u00cdndice del volumen del aire movido en un periodo de tiempo, medido en pies c\u00fabicos por minuto) (17)

La diluci\u00f3n de contaminantes en espacios cerrados depende del volumen del aire dentro de la habitaci\u00f3n, el cual depende del tama\u00f1o y del dise\u00f1o de la construcci\u00f3n. La eliminaci\u00f3n depende del grado de aislamiento, vinculaci\u00f3n con el exterior y existencia de filtros. Los factores determinantes de la calidad del aire intradomiciliar se pueden dividir en cuatro grupos:

1. H\u00e1bitos de los ocupantes: tabaquismo
2. Nivel socioecon\u00f3mico: hacinamiento y uso de combustibles
3. Intercambio de aire con el ambiente externo: puertas, ventanas, sistemas de aislaci\u00f3n y ventilaci\u00f3n
4. Remoci\u00f3n de contaminantes: superficie del suelo, volumen de aire en habitaciones, dise\u00f1o de la construcci\u00f3n, eficiencia de la ventilaci\u00f3n, sistema de aire acondicionado. (12)

La construcci\u00f3n de viviendas por el sector p\u00fablico y privado ha sido insignificante comparada a la demanda existente. Para los a\u00f1os 1985-86 se necesitaban 46, 303 viviendas para completar el d\u00e9ficit nacional, sin embargo \u00fanicamente se construyeron 4,017 (8.7%). En los seis a\u00f1os siguientes, la demanda aument\u00f3 a 246, 801, \u00fanicamente se construyeron 23,133, siendo el 9.4%. En 1992, el d\u00e9ficit de viviendas era de 875, 000, 45% de la poblaci\u00f3n total del pa\u00eds. En el interior del pa\u00eds se localiza el 79% del d\u00e9ficit (21). Al ser el d\u00e9ficit tan elevado, las personas que carecen de vivienda deben construir con el material al que tengan acceso, sin cumplir normas de seguridad, ventilaci\u00f3n y sin acceso a servicios b\u00e1sicos, construyendo de una manera precaria. En un \u00fanico cuarto est\u00e1 la cocina, la cama y el comedor; lo que significa que una parte importante de la poblaci\u00f3n vive en

hacinamiento. En la vivienda, generalmente, no hay piso, únicamente tierra, lo que aumenta la contaminación por el polvo. Según el tipo de material que utilicen y la localización en dónde construyan la vivienda se pueden clasificar en:

1. Tugurios: viviendas construidas con materiales de desechos de cartón, latas, papel, madera vieja. Localizada en barrancos, terrenos invadidos, carentes de servicios básicos
2. Suburbana: viviendas semi-rurales deterioradas, construidas con materiales precarios. Localizada en las periferias progresiva de la expansión de la ciudad, alejadas de los servicios públicos establecidos.
3. Periféricas: vivienda deteriorada localizada en las urbanizaciones ilegales que existen en los límites políticos-territoriales de la ciudad, carente de drenajes y agua potable, en su mayoría.
4. Palomares: viviendas deterioradas, localizadas en áreas centrales de la ciudad que albergan por unidad a numerosas familias, en condiciones de hacinamiento y compartiendo los servicios en forma colectiva.
5. Deteriorada antigua: viviendas en condiciones de deterioro variable, construidas con materiales de baja y mediana calidad, localizadas en zonas urbanizadas de la ciudad, con servicios de agua, drenajes, electricidad y acceso directo a los medios de transporte y de comunicación. (13)

2.3. Efectos de la contaminación aérea intradomiciliar en la salud

El efecto de los contaminantes sobre el sistema respiratorio se puede calcular a partir de:

Dosis efectiva = concentración x tiempo exposición x ventilación minuto

Si aumenta la ventilación, se eleva la cantidad de contaminantes que entran al pulmón. Existen numerosas situaciones que aumentan la ventilación: aumento de la altitud (disminuye la presión de oxígeno), embarazo, fiebre, ejercicio, aumento de la temperatura y humedad. La población más expuesta son las mujeres, niños menores de cinco años y adulto mayor. Sin embargo, los más susceptibles son los niños, adultos mayores y personas con enfermedades respiratorias o cardiovasculares; las cuales pueden presentar disnea, aumento de ventilación por minuto, dificultad de la depuración de material mucoso por edema, inflamación, limitación de flujo aéreo o disminución de la capacidad de movilización de volúmenes pulmonares. (11)

Tabla 2: Causas de susceptibilidad en niños menores de 5 años y adulto mayor

CAUSA DE SUSCEPTIBILIDAD	
NIÑOS < 5 AÑOS	ADULTO MAYOR
Menor efectividad de la tos por menor desarrollo de la musculatura respiratoria.	Disminución de la fuerza de los músculos inspiratorios y menor efectividad de la tos.
Mayor ventilación por mayor frecuencia respiratoria en reposo, aumenta la dosis efectiva de contaminantes.	Rigidez torácica.
Ausencia de ventilación colateral agrava la obstrucción de vías aéreas periféricas (<2mm)	Disminución de la respuesta ventilatoria a la hipoxia y a la hipercapnia.
Mayor resistencia de las vías aéreas periféricas genera el 50% de la resistencia total al flujo aéreo	Disminución de la percepción de la obstrucción bronquial
Menor volumen pulmonar y menor superficie alveolar	Disminución de la superficie alveolar por "enfisema senil"
Mecanismos defensivos no plenamente desarrollados y mayor dificultad en la eliminación de partículas desde las vías aéreas	Disminución de la depuración mucociliar
Mayor exposición a contaminantes atmosféricos, porque los niños pasan mayor parte de su tiempo al aire libre	

Dr. Oyarzún, Manuel. "Contaminación aérea y sus efectos en la salud". Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias. Chile. 2010.

Cada contaminante tiene un efecto específico en la salud. Sin embargo, la exposición al humo de leña implica una mezcla de contaminantes, que afectan de una manera distinta y potencian su efecto. En la siguiente tabla se muestra el efecto que cada uno tiene en el sistema respiratorio

Tabla 3: Efectos de los contaminantes en sistema respiratorio y en otros sistemas

Contaminante	Efecto en sistema respiratorio	Efecto en otros sistemas
Material particulado respirable (PM10 y PM2.5)	Disminución de la función pulmonar Interferencia en mecanismos de defensa pulmonar: fagocitosis y depuración mucociliar Síndrome bronquial obstructivo Mayor riesgo de cáncer en la edad adulta	Bajo peso y talla al nacer Disminución de la variabilidad en la frecuencia cardíaca ante el estrés
Ozono (O3)	Disminución de frecuencia respiratorio y disminución CVF y VEF1 Alveolitis neutrofílica, aumento de permeabilidad e hiperreactividad bronquial Alteración del epitelio alveolar (células tipo II)	Comunicación interventricular (administración prenatal en ratas) Daño cerebeloso en células de Purkinje (ratas)
Dióxido de azufre (SO2)	Obstrucción bronquial Hipersecreción bronquial Bronquitis crónica	
Dióxido de nitrógeno (NO3)	Hiperreactividad bronquial Aumento de síntomas respiratorios y exacerbaciones de asma Disminución de la actividad mucociliar Posible decremento en el desarrollo pulmonar.	
Monóxido de carbono (CO)	Disminución en la capacidad de ejercicio	Interfiere el transporte de O2 por la hemoglobina Cefalea, irritabilidad, disminución de percepción auditiva y visual. Compromiso progresivo y letal de conciencia en concentraciones altas
Plomo (Pb)	Alteración del epitelio bronquilar (células de Clara)	Mayor frecuencia de hipertensión arterial en población adulta y anemia Hiperquinesia, trastorno de aprendizaje, encefalopatía y cólicos intestinales, tubulopatía

CVF: Capacidad vital forzada

FEV1: volumen de gas espirado en el primer segundo de una espiración forzada

Dr. Oyarzún, Manuel. "Contaminación aérea y sus efectos en la salud". Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias. Chile. 2010.

Un estudio realizado para evaluar los efectos agudos de la exposición a PM₁₀ y dióxido de azufre en Santiago y Temuco, Chile determinó que el aumento de 50µm/m³ de PM₁₀, durante 24 horas produce un aumento del 3% de la mortalidad por causas cardiopulmonares. Por otro lado, un estudio realizado en Valparaíso, Chile en 114 niños de edades entre 6-12 años, durante 66 días, estableció la reducción del flujo espiratorio máximo, aumento de la incidencia de tos con expectoración y uso de broncodilatadores.(11)

El estudio realizado en el 2003 “Diagnóstico comparativo de la calidad del aire de los interiores de las viviendas de dos poblaciones indígenas del Perú”, estableció los principales efectos de la exposición del humo de leña sobre la salud de las personas:

- Infecciones respiratorias agudas: son la causa más importante de mortalidad en niños menores de cinco años, ocasionando 2 millones de muertes anuales, asociadas al uso de combustible de biomasa para calefacción y cocina.
- Consecuencias adversas en el embarazo: bajo peso al nacer está asociado con la exposición al humo del tabaco. *Boy y col.*, en un estudio realizado en Guatemala, determinaron que los bebés de mujeres que únicamente estuvieron expuestas a humo de leña presentaban una reducción de 63 gramos al nacer y establecieron que el bajo peso al nacer puede estar relacionado con la presencia de monóxido de carbono en el humo de leña.
- Cáncer al pulmón: en países en desarrollo, los no fumadores, con mayor frecuencia mujeres, constituyen una proporción mayor de los pacientes con cáncer de pulmón. Estudio en Osaka demostró que el cáncer al pulmón en mujeres mayores no fumadoras tenía asociación significativa con una exposición crónica al humo de biomasa.
- Enfermedades crónicas de pulmón (bronquitis crónica, asma), el informe de la Salud en el Mundo 2002, estima que la contaminación intradomiciliar causada por el uso de combustibles sólidos para cocinar y calentarse, provoca el 36% de las infecciones de las vías respiratorias inferiores y el 22% de las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas. Un estudio de casos y controles realizado en una comunidad rural del Estado de México por el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, estableció que el riesgo para el desarrollo de bronquitis crónica y de enfisema en mujeres expuestas al humo de la leña es 5 veces mayor que en las no expuestas y se incrementa con la dosis. Otro estudio, realizado por Fajardo Vásquez en mujeres expuestas al humo de biomasa por más de 30 años, quienes padecían sibilancias, disnea y bronquitis crónica, determinó una relación inversa entre el tiempo de exposición y el volumen espiratorio forzado (VEF), la capacidad vital forzada (CVF) y el flujo espiratorio forzado (FEF). Del mismo modo se encontró que las mujeres con radiografía de tórax anormal tuvieron mayor tiempo de exposición.

El estudio de Herrera realizado en la ciudad de Abanca, en 35 mujeres

expuestas por más de 20 años a contaminación intradomiciliar por combustión de biomasa y 41 mujeres no expuestas crónicamente, encontró una disminución significativa del volumen espiratorio forzado (VEF) en las mujeres expuestas, y estableció que podría tratarse de una patología obstructiva reversible, asociada a valores de saturación de oxígeno menores de 90%.

- Cáncer del tracto nasofaríngeo y de la laringe: Un estudio de casos y controles realizado en Brasil encontró que el cáncer de boca está asociado a tabaco, al alcohol y al uso de estufas o cocinas a leña. En Shanghai, se estableció asociación entre el cáncer de la cavidad nasal y senos nasales y el uso de leña y paja para cocinar.
- Problemas oculares: Existen escasas investigaciones acerca la relación de la exposición al humo de combustión de biomasa y efectos oculares. Sin embargo, se sugiere que los efectos observados con el humo del tabaco pueden relacionarse al humo de biomasa (conjuntivitis aguda y crónica, catarata, degeneración macular, isquemia retinal y daño al nervio óptico). (31)

2.4. Investigaciones acerca de la contaminación intradomiciliar

El Banco Internacional, en un artículo publicado en Agosto de 2013 determinó que la contaminación intradomiciliar causó 3.5 millones de muertes en el año 2010. En Centro América se registran 37, 000 muertes prematuras de mujeres y niños, causada por contaminación intradomiciliar. Aproximadamente, 20 millones de personas centroamericanas utilizan leña para cocinar: las mujeres trabajan haciendo tortillas sobre fuego de leña, pasando aproximadamente 4 horas al día cocinando e inhalando humo tóxico. Del mismo modo, en Asia sudoriental, el 96% de personas utiliza combustibles sólidos para cocinar. En Indonesia, el 40% de la población, utiliza biomasa para cocinar, causando 165,000 muertes prematuras anuales. A nivel mundial el 40% de la población utiliza biomasa para cocinar; el 78% se localiza en área rural.

Según Kirk Smith, profesor de Salud Ambiental de la Universidad de California “El humo de un típico fuego de leña equivale a fumar alrededor de 400 cigarrillos por hora”. (16)

Según el artículo de revisión de literatura científica “Contaminación del aire domiciliario y enfermedades respiratorias” en países desarrollados el cigarrillo es el principal factor de riesgo para bronquitis crónica y enfisema, tanto en hombres como para mujeres. Por otro lado, en países en desarrollo, la exposición al humo de biocombustibles es la causa principal de las enfermedades respiratorias en mujeres. (7)

2.4.1 Investigaciones realizadas en Guatemala

En el año 1971, se realizó el primer estudio de la contaminación ambiental en Guatemala “Investigación preliminar de los contaminantes gaseosos y sólidos en las zonas de mayor tráfico del área urbana de la ciudad de Guatemala”, elaborado por la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de San Carlos

de Guatemala. Se evaluaron ocho contaminantes gaseosos (dióxido de nitrógeno, ácido fluorhídrico, cloro, anhídrido sulfuroso, ozono, amoníaco, formaldehído y ácido sulfúrico) y nueve sólidos (plomo, cobre, mercurio, cromatos, selenio, hierro, níquel, fosfatos y arsénico). Se utilizaron estos contaminantes debido a que en Guatemala, durante esa época, los vehículos automotores y las industrias eran las principales fuentes de contaminación. El estudio determinó que el dióxido de nitrógeno y el anhídrido sulfuroso, rebasaron el límite mínimo de $70\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor establecido por la OMS, como la cantidad de gas presente en el aire, a partir de la cual puede causar enfermedades.

En marzo de 1974, se realizó un estudio “Investigación de monóxido de carbono en las zonas de mayor tráfico del área urbana de la ciudad de Guatemala”. Se concluyó que el monóxido de carbono no llegó al máximo admisible para la industria.

En 1983, se realizó la “Investigación de la contaminación del aire en el área central de la ciudad de Guatemala”. Se concluyó que la falta de asfalto y mal estado de las calles, la suciedad acumulada en las mismas y los vientos, causan que la ciudad se contamine fácilmente con partículas sedimentables. Se determinó que en los caminos muy transitados las concentraciones de plomo y dióxido de azufre estaban en niveles muy altos, teniendo efectos negativos para la salud y eran causa de síntomas respiratorios y que la falta de mantenimiento de los vehículos origina una combustión incompleta, liberando densas nubes de humo, lo cual es otro contaminante.

En 1995 se inició la medición sistemática de las partículas totales de suspensión (dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, ozono y sólidos sedimentables) y se obtuvo valores mayores a los límites de referencia internacional. Los resultados se utilizaron como fundamento para implementar el Reglamento de Emisiones Vehiculares. En 1998 se inhabilitó el reglamento.(22)

Guatemala contribuye con el 0.04% del total anual de emisiones de dióxido de carbono (CO_2) a nivel mundial en la atmósfera. Sin embargo, según el Inventario de Gases de Efecto Invernadero, en el pasado decenio las emisiones totales aumentaron 13.8 toneladas de CO_2 , es decir un 184%, respecto al año 1990 (20). En el año 1990 se emitía 961.66 miles de toneladas de monóxido de carbono (CO), lo que aumentó para el año 2000 a 1,651.55 miles de toneladas. Los rangos de contaminación del aire en espacios cerrados se han incrementado por la pobreza y extrema pobreza. En Guatemala, la leña es el combustible más ampliamente utilizado tanto en el área rural como en la urbana, debido a su bajo costo, accesibilidad y tradición. El 64% de hogares guatemaltecos están expuestos a contaminación intradomiciliar por combustión de leña. En el año 2006 el IARNA/URL asociado a Larsen y Strukova establecieron el costo anual estimado por la exposición de la población rural a fuentes contaminantes:

Tabla 4: Costo de los casos de infecciones respiratorias agudas y crónicas en Guatemala

		Casos	Costo (millones de quetzales)
INFECCION RESPIRATORIA AGUDA	Mortalidad <5años	1, 620	870
	Morbilidad <5 años	2, 200,000	330
	Morbilidad en mujeres >30años	315, 000	80
CRÓNICA	Morbilidad mujeres	2, 050	90
	Mortalidad mujeres	195	125

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) y Universidad Rafael Landívar. "Contaminación ambiental: Perfil ambiental de Guatemala 2008-2009, las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo". Guatemala 2010.

2.5 Contaminantes aéreos

2.5.1 Monóxido de carbono

Tabla 5: Propiedades del monóxido de carbono

GRAVEDAD Y TIPO DE RIESGO	INFAMABILIDAD	PRECAUCIONES GENERALES
Fuertemente peligroso	Se dispersa rápidamente en el aire y arde o explota fácilmente	Úsese buena ventilación o equipos personales
Riesgo grave y serio Peligro Gas muy tóxico Gas muy inflamable	Normalmente estable incluso en condiciones de exposición a fuego	Evitar respirar el gas Evitar derrames y contacto del líquido con piel, ojos y ropa Los recipientes deben mantenerse bien cerrados Mantener alejado de toda fuente de ignición, no fumar

Arana Biblao, Miguel. "Fichas de sustancias químicas – monóxido de carbono". Mutual de seguridad.

Las fuentes intradomiciliarias de CO son el humo de tabaco, estufas, chimeneas de leña y conductores de ventilación mal diseñados: En el proceso de combustión, un exceso de combustible favorece la formación de monóxido de carbono y un exceso de oxígeno la de dióxido de carbono (11). Las características principales del monóxido de carbono (CO) son no tener olor ni color y no ser un irritante primario de las mucosas o del epitelio del tracto respiratorio.

Según los estándares aceptados en Estados Unidos, los niveles promedio en los hogares que no tienen estufas de gas están entre 0.5 a 5ppm. Los niveles de monóxido de carbono cerca de las estufas de gas debidamente ajustadas frecuentemente son de 5 a 15 ppm y con las estufas que están mal ajustadas puede llegar a ser de 30 ppm o más.

Los Estándares Nacionales de Calidad de Aire Ambiental en los EE.UU para el aire exterior son de 9 ppm (40,000 µg/m³) durante 8 horas, y 35 ppm por un plazo de 1 hora. Condiciones que rebasen estos límites pueden causar malestar o daño, según se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6: Síntomas presentados según niveles de CO

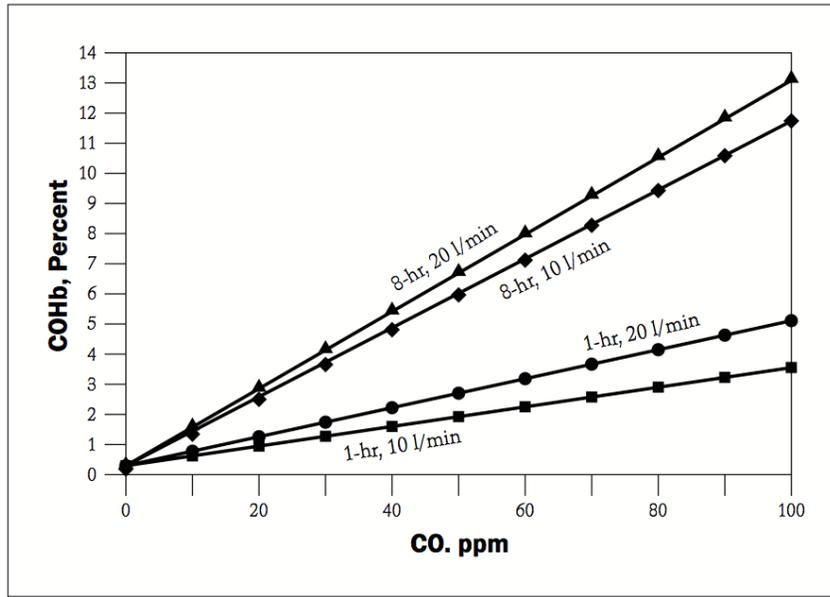
Exposición	Síntomas
Niveles bajos de CO	<ul style="list-style-type: none"> • Fatiga • Náusea • Mareo
Niveles moderados de CO	<ul style="list-style-type: none"> • Cefalea • Mareo • Confusión mental • Mareos • Síncopes
Exposición prolongada	<ul style="list-style-type: none"> • Muerte

EPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. "Monóxido de carbono en interiores". [artículo en línea] 2014.

2.5.1.1 Efectos del Monóxido de carbono en la salud

Los efectos no son percibidos inmediatamente por las personas expuestas. El CO al ser inhalado se une con la hemoglobina, formando carboxihemoglobina, desplazando al oxígeno, ya que la afinidad es 245 veces más que la del oxígeno. La intoxicación es muy común con una ventilación inadecuada. La concentración de CO en sangre depende del nivel y el tiempo de exposición.

Gráfica 1: Niveles de carboxihemoglobina según las concentraciones de CO



United States Environmental Protection Agency. "Indoor Air pollution, an introduction for health professionals". 2012.

Tabla 7: Efectos en la salud según las concentraciones de carboxihemoglobina

% COHb	Efectos en la salud
2.9 – 4.5	Estadísticamente significativa la disminución de la capacidad de hacer ejercicio (disminuye el tiempo en aparecer el dolor de pecho en pacientes con angina de pecho)
5 - 17%	Estadísticamente significativa disminución de percepción visual, deterioro cognitivo en adulto joven
7 – 20 %	Estadísticamente significativo la disminución de oxígeno al realizar ejercicio extenuante
30%	Cefalea, fatiga
40%	Confusión, colapso al hacer ejercicio
60%	Pérdida de la conciencia Si la exposición continua muerte
80%	Muerte

United States Environmental Protection Agency. "Indoor Air pollution, an introduction for health professionals". 2012.

Puede estimarse una relación aproximada entre la concentración de CO en el aire y sus consecuencias:

- 50 ppm en 150 minutos = la concentración de COHb es del 7 %, cefalea
- 100 ppm en 120 minutos = COHb es de 12 % cefalea, ligera confusión
- 250 ppm = COHb del 25 %, cefalea y confusión severa
- 500 ppm en 90 minutos = COHb 45%
- 1000 ppm en 60 minutos = COHb de 60%, coma
- 10,000 ppm en 5 minutos = COHb 951%, muerte

En personas que no han estado expuestas a monóxido de carbono las concentraciones de COHb son de 0.5%, si están expuestas a concentraciones de CO entre 25-50ppm se tiene una COHb de 4-15%. Los fumadores, dependiendo la cantidad de cigarrillos, pueden tener concentraciones de COHb de 4-15%. Según la Guía OMS y norma de calidad del aire, personas no fumadoras expuestas a una concentración de CO de 9ppm durante 8 horas sufren un incremento en la concentración de COHb al 1,5, a nivel del mar. A mayor altura, hay menor saturación de oxígeno. Montalvo, en su estudio *Contaminación en interiores por fuentes de energía doméstica* realizado en Lima en el año 1998, simuló una cocina para realizar mediciones de CO durante ocho horas con distintos combustibles. Sus resultados con briquetas de carbón mineral, 19.77ppm; briquetas de carbón vegetal, 29.77ppm; y carbón vegetal, 41.66ppm. Su estudio concluyó que las personas que viven en zonas rurales de la sierra están expuestas a un promedio de 18-45ppm, incrementando COHb en un rango de 3-65%, debido a los combustibles y la escasa ventilación. (31)

La carboxihemoglobina es una reacción reversible. Al suprimir la exposición al CO, se aumenta la hemoglobina, con el objetivo de disminuir la COHb. Al principio de la impregnación tóxica, el CO inhalado se difunde rápidamente a través de las membranas alveolares, se disuelve en la sangre y se combina con la hemoglobina rápidamente. El restante CO se une con mioglobina, citocromooxidasa e hidroperoxidasas. La sangre de los fumadores de cigarrillos no expuestos a contaminación industrial, muestra concentraciones de COHb del 4 al 20 %; estimándose para fumadores de una cajetilla diaria, del 5 al 6 %. Cada molécula de CO que se combina con hemoglobina reduce la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre y provocando estrés, por lo que cualquier dosis de CO causa efecto en el organismo. El organismo, compensa el estrés secundario a la hipoxemia incrementando el ritmo cardíaco y el flujo de sangre a órganos específicos: cerebro y corazón.(30)

Tabla 8: Síntomas en intoxicación aguda y grave por monóxido de carbono

Intoxicación aguda	Intoxicación aguda grave
<ul style="list-style-type: none"> • Efectos dependen del nivel de COHb, dependiendo de la concentración ambiental, duración de la exposición, número de respiraciones, metabolismo del individuo, temperatura ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición de corta duración, restablecimiento completo en horas o días.
<ul style="list-style-type: none"> • Cefalea, palidez, opresión torácica, confusión mental, náusea • Debilidad en miembros inferiores (50% COHb) • Pérdida de la conciencia • Enrojecimiento piel y mucosas 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición severa, si el individuo no fallece, puede aparecer una neumonía. Puede presentarse glucosuria, albuminuria, las cuales desaparecen después de unos días. • El daño cerebral, consecuencia de la anoxia de las neuronas después de 8 minutos sin oxígeno.

United States Environmental Protection Agency. "Indoor Air pollution, an introduction for health professionals". 2012.

2.5.1.2 Eliminación de CO

Coburn y colaboradores describieron matemáticamente la absorción y eliminación del CO, tomando en cuenta variables como la duración de la exposición, la ventilación alveolar, la presión parcial del CO en el aire inhalado, el volumen sanguíneo, la presión barométrica, la difusividad de los pulmones para el CO, la tasa de producción endógena de CO, la presión parcial media del oxígeno en los pulmones y en los capilares y la afinidad de la sangre por el CO. De estas variables, las que mayor influencia tienen en la determinación de la saturación de COHb, son las tres primeras. Después de exposiciones moderadas o ligeras el restablecimiento es completo entre 16 a 24 horas y normalmente el contenido de la sangre en COHb disminuye al 50 % en 4 horas, período que aumenta casi al doble para los fumadores.(30)

Tabla 9: síntomas presentados en intoxicación crónica por monóxido de carbono

Intoxicación crónica	
<ul style="list-style-type: none">• Repetidas dosis de CO tienen un efecto degenerativo sobre los tejidos hematopoyéticos y produce alteraciones metabólicas.	<ul style="list-style-type: none">• Cefaleas, astenia, aturdimiento• Niveles de COHb aumentados• Después de normalizarse los niveles de COHb, desaparecen los síntomas pero las lesiones del sistema nervioso central, como la epilepsia o cardiovasculares pueden agravarse.

United States Environmental Protection Agency. "Indoor Air pollution, an introduction for health professionals". 2012.

2.5.2 Partículas PM10 y PM2.5

Las PM10 y PM2.5 son partículas diminutas, sólidas y líquidas presentes en el aire en gran número, originadas principalmente por procesos de combustión de biomasa, utilizados en actividades industriales, domésticas y de transporte. También se originan de las erupciones volcánicas, procesos de erosión y en los incendios forestales.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) estableció los niveles permitidos de partículas en el aire: para 24 horas los niveles máximos son de $240\mu\text{g}/\text{m}^3$, para un promedio anual es de $75\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cualquier valor por arriba de estos indicadores, representa un impacto negativo para la salud del ser humano.

Las partículas totales en suspensión han sido el contaminante más significativo para la ciudad de Guatemala desde 1995, ya que la mayoría de los promedios anuales han rebasado el valor sugerido. Las principales fuentes de emisión de partículas para la ciudad han sido los vehículos automotores, emisiones industriales, calles no asfaltadas, las erupciones del volcán de Pacaya, la erosión y los incendios forestales.

Las partículas totales en suspensión en su fracción PM_{10} son todas aquellas partículas sólidas o líquidas dispersas en el aire con un diámetro menor a $10\mu m$. Se conforman, generalmente, por polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen. Los efectos adversos a la salud se deben a la capacidad de penetrar por el tracto respiratorio, en donde pueden producir graves irritaciones a las vías respiratorias, agravar el asma y las enfermedades cardiovasculares. Los niveles sugeridos por la OMS en el año 2005 son de $50\mu g/m^3$ en 24 horas, para un promedio anual de $20\mu g/m^3$

Las partículas pueden mantenerse suspendidas cerca de la fuente de emisión, o si son de menor diámetro pueden transportarse a grandes distancias. Se denominan “respirables” a las partículas con un diámetro menor o igual a $10\mu m$ (PM_{10}) por su capacidad de introducirse en las vías respiratorias. Mientras menor sea el diámetro, mayor la capacidad de penetración en el árbol bronquial. Las partículas con diámetro menor o igual a $\leq 2,5 \mu m$ alcanzan con facilidad los bronquiolos terminales y los alveolos, son fagocitadas por los macrófagos alveolares, atraviesan la barrera alveolo-capilar y son transportadas a través de la circulación sanguínea a otros órganos.

2.6 Fisiología pulmonar

La respiración está compuesta por dos etapas: el intercambio de gases y la respiración celular. El intercambio de gases se da en dos niveles, el primero transfiere el O_2 y CO_2 entre la atmósfera y los pulmones y el segundo, implica el intercambio de O_2 y CO_2 entre el sistema sanguíneo y los tejidos metabólicamente activos. El intercambio gaseoso se lleva a cabo en los alvéolos, células especializadas que forman una pared de sacos de aire.

El pulmón está compuesto del árbol vascular, formado de arterias y venas conectadas por capilares y el árbol de las vías respiratorias, tráquea, bronquios, bronquiolos. El árbol respiratorio se encarga de calentar y humidificar el aire inspirado, distribuir el aire uniformemente, y el sistema inmunológico elimina polvo, bacterias y gases.

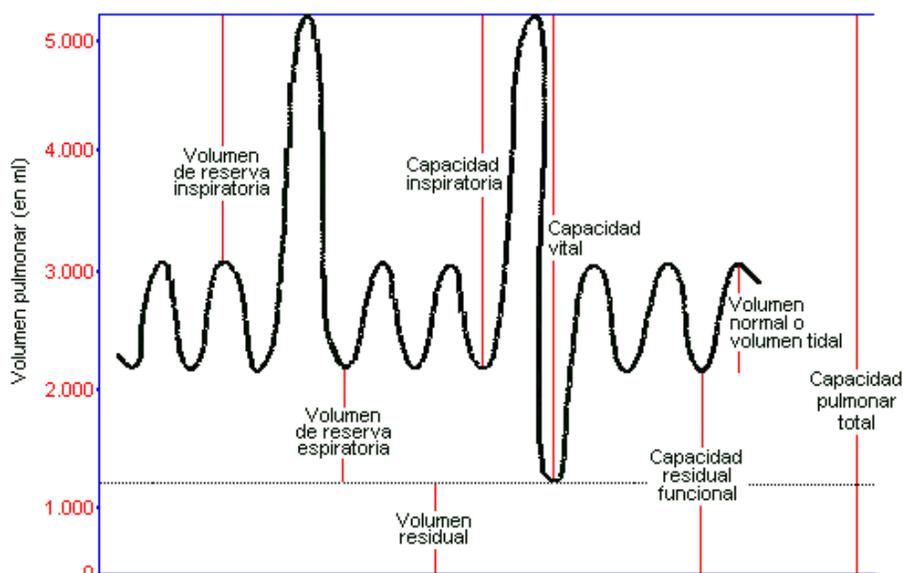
En la zona respiratoria, los alvéolos se unen a los capilares para formar la unidad respiratoria terminal (aproximadamente 60, 000 unidades en ambos pulmones). La membrana alveolocapilar separa la sangre de los capilares del gas de los alvéolos. La barrera alveolocapilar sirve de límite para varias funciones: proporciona área superficial para la difusión de oxígeno y dióxido de carbono y disminuye la probabilidad de formación de burbujas de aire en la sangre, así como el paso de sangre en los alvéolos. (31)

2.6.1 Función pulmonar

La espirometría determina la función pulmonar a través de la medición de volúmenes, los cuales se dividen en estáticos y dinámicos:

- **Volúmenes pulmonares estáticos:** Determinan la cantidad de aire que hay en los pulmones
 - **Volumen Corriente (VT):** volumen de aire que entra en los pulmones durante una respiración normal (500 ml).
 - **Volumen Residual (VR):** volumen de aire que permanece en los pulmones después de una espiración forzada máxima (1.200 ml).
 - **Volumen de Reserva Espiratorio (VRE):** volumen de aire expulsado durante una maniobra espiratoria máxima después de haber eliminado el volumen corriente(1.100 ml).
 - **Volumen de Reserva Inspiratorio (VRI):** volumen de aire inhalado durante una maniobra inspiratoria máxima tras una inspiración normal (3.000 ml).
- **Volúmenes dinámicos:** Miden cantidad de aire en condiciones de movimiento del mismo, fundamentalmente durante una espiración forzada. Flujo es la relación entre el volumen de aire y tiempo, para medirlo se requiere espirometro.
 - **FEV₁:** volumen de gas espirado en el primer segundo de una espiración forzada.
 - **Capacidad Vital Forzada (CVF):** volumen total espirado mediante una espiración forzada máxima.
 - **Flujo mesoespiratorio:** flujo espiratorio forzado de aire en la parte media de la espiración (FEF 25%-75% o VMFM). Es la medida más sensible para valorar la obstrucción precoz de la pequeña vía aérea (vías de diámetro menor a 2 mm) y suele ser la primera alteración detectada en fumadores. (38)

Imagen 1. Volúmenes del pulmón



Cimas Hernando, Juan Enrique y Pérez Fernández, Javier. "Espirometría" [monografía en línea]. 1999.

2.6.2 FEV1

FEV1 es el volumen de aire expulsado durante el primer segundo de la espiración forzada. Su valor se expresa en litros. Se considera normal si es mayor o igual del 80% de su valor teórico, cuando es menor indica obstrucción al flujo aéreo o enfermedad restrictiva. Los cuales son obtenidos de poblaciones sanas, sujetos con edad, talla y condiciones raciales similares a los pacientes. El valor normal en adultos es de 3 – 4.5L; en una obstrucción moderada entre 1.5-2.5. El descenso anual es de 27-33 mL/año. (36)

2.7. Aldea La Nueva Concepción, San Juan Ostuncalco

Datos generales:

- **Nombre de la Aldea:**

La Nueva Concepción, municipio San Juan Ostuncalco, departamento de Quetzaltenango.

- **Ubicación:**

La aldea se encuentra en la latitud 14°52'41.11"N, longitud 91°41'18.23"O. Se ubica a 15Km del Municipio de San Juan Ostuncalco, Carretera a San Marcos y pertenece al territorio 1 de San Juan Ostuncalco, sector D del área de salud de Quetzaltenango. A 1,333 metros sobre el nivel del mar

Imagen 2. Mapa territorial de San Juan Ostuncalco



Mapa de San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango. Compare Infobase, Ltd. Copyright 2002-2015.

Tabla 10. Población de La Nueva

Población Total		
	Familias	Población Total
C. Ajpop	118	617
González	87	500
Nueva C.	87	487
Cipreses	54	225
C. Canak	94	484
Escobares	42	233
Total	502	2652

Datos obtenidos del censo realizado en el año 2014 por estudiantes de medicina realizando su práctica profesional supervisada de la Universidad Rafael

La Nueva Concepción cuenta con una extensión de 8 kms²; 2,435 habitantes, distribuidos en 494 familias. El idioma predominante es el Mam. La población está dividida en 7 comunidades.

Tabla 11. Características de las viviendas de La Nueva Concepción, San Juan Ostuncalco

Piso								
Tipo	González	C. Ajpop	Nueva Con.	Cipreses	C. Kanak	Edén Chiquito	Escobares	Total
ladrillo	14	31	27	9	13	3	8	105
tierra	10	10	7	12	8	10	3	60
torta de cemento	64	72	53	28	72	10	28	327
Techo								
Tipo	González	C. Ajpop	Nueva Con.	Cipreses	C. Kanaq	Edén Chiquito	Escobares	Total
lamina	73	79	59	44	77	20	35	387
terracea	12	33	27	4	17	0	7	100
otro	2	1	1	1	0	0	0	5
Paredes								
Tipo	González	C. Ajpop	Nueva Con.	Cipreses	C. Kanaq	Edén Chiquito	Escobares	Total
Block	16	70	48	2	71	8	30	245
Adobe	69	43	38	40	21	12	7	230
otro	2	0	1	7	2	0	5	17
Cocina								
Tipo	González	C. Ajpop	Nueva Con.	Cipreses	C. Kanaq	Edén Chiquito	Escobares	Total
Estufa de Gas	0	1	2	2	1	0	0	6
Fuego abierto en alto	81	107	80	37	91	13	41	450
Fuego abierto en el suelo	6	5	5	10	2	7	1	36
Ubicación de la cocina								
Tipo	González	C. Ajpop	Nueva Con.	Cipreses	C. Kanaq	Edén Chiquito	Escobares	Total
Dentro del dormitorio	2	7	6	5	3	2	5	30
En otro Ambiente	85	106	81	44	91	18	37	462

Datos obtenidos del censo realizado en el año 2014 por estudiantes de medicina realizando su práctica profesional supervisada de la Universidad Rafael Landívar

Tabla 12. Disposición de excretas y abastecimiento de agua en La Nueva Concepción, San Juan Ostuncalco

Abastecimiento de Agua								
Tipo	González	C. Ajpop	Nueva Con.	Cipreses	C. Kanaq	Edén Chiquito	Escobares	Total
Chorro Comunitario	0	3	1	7	4	2	0	17
Chorro Intradomiciliario	84	107	82	37	85	16	34	445
Pozo	3	3	4	5	5	2	8	30

Disposición de Excretas								
Tipo	González	C. Ajpop	Nueva Con.	Cipreses	C. Kanaq	Edén Chiquito	Escobares	Total
Al Aire Libre	3	1	0	3	2	3	3	15
Letrina con pozo	81	108	82	43	78	17	33	442
Inodoro	3	4	5	3	14	0	6	35

Disposición de basura								
Tipo	González	C. Ajpop	Nueva Con.	Cipreses	C. Kanaq	Edén Chiquito	Escobares	Total
Adecuada	76	100	87	42	82	12	34	433
Inadecuada	11	13	0	7	12	8	8	59

Datos obtenidos del censo realizado en el año 2014 por estudiantes de medicina realizando su práctica profesional supervisada de la Universidad Rafael Landívar

3. OBJETIVOS

2.3 GENERAL

Caracterizar la función pulmonar y los niveles de monóxido de carbono intradomiciliar en las viviendas de La Nueva Concepción, San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango en el mes de mayo del año 2015.

3.2 ESPECÍFICOS

1. Determinar la sintomatología de las mujeres expuestas al humo de leña
2. Determinar la relación de la saturación de oxígeno con el nivel de monóxido de carbono en la mujer que cocina con leña.
3. Determinar el tiempo de exposición al humo de leña.

4. METODOLOGÍA

4.1 Diseño de estudio

Estudio de transversal, descriptivo, observacional.

4.2 Muestra

Mujeres que cocinen con leña y que vivan en La Nueva Concepción, San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango en el mes de mayo del año 2015.

Se visitaron 50 viviendas de manera aleatoria. Por la estructura de la casa y disponibilidad de tiempo se seleccionaron

- 32 mujeres que utilizan “poyo”¹ con chimenea
- 12 mujeres que utilizan “poyo” sin chimenea
- 6 mujeres que utilizan fuego abierto

4.3 Criterios de inclusión y exclusión

5.3.1 Criterio de inclusión

- Mujeres que cocinen con leña
- Que tengan la leña prendida por más de dos horas
- Que la cocina esté en un ambiente cerrado.

5.3.2 Criterio de exclusión

- Que tengan patología previa y/o uso de medicamentos (esteroides o quimioterapia).
- Que haya algún miembro de la familia que consuma tabaco dentro de la casa.

¹ Poyo: lenguaje coloquial guatemalteco para referirse a una estufa antigua alimentada con leña.

5. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable y escala de medición	Indicador o unidad de medida
Saturación de oxígeno	Es el contenido de oxígeno de una muestra de sangre expresado como porcentaje de su capacidad	Se calculará a partir de los valores obtenidos del oxímetro Concord Sapphire	Cuantitativa	% de saturación de oxígeno. >90% = normal ≤ 90% = anormal
Niveles de monóxido de carbono	Gas producido por la combustión, no se puede ver ni oler, pero que puede causar la muerte cuando se inhala en niveles elevados	Se calculará a partir de los valores obtenidos de del medidor de monóxido de carbono BG20	Cuantitativa de razón	Partículas por millón (PPM) Rangos <ul style="list-style-type: none"> • 0-1 ppm → normal • 9 ppm→Concentración máxima admisible para espacios interiores • 50 ppm → Máxima exposición de 8 horas • 200 ppm → Ligero dolor de cabeza, fatiga, náuseas y mareos • 400 ppm →Dolor frontal de cabeza, amenaza para la vida después de 3 horas • 800 ppm→Mareos, náuseas, calambres, la muerte se produce en un intervalo de 2-3 horas • 1600 ppm→ Náuseas en el intervalo de 20 minutos, la muerte se produce en 1 hora • 12800 ppm → La muerte se produce en un intervalo de 2-3 minutos

<p>FEV1</p>	<p>La cantidad de aire expulsado en el primer segundo en una espiración forzada.</p>	<p>Se obtendrá a partir del valor del Piko-1 y se comparará con el rango obtenido de la calculadora que utiliza los criterios de Hankinson en población Hispana disponible en: http://www.cdc.gov/niosh/topics/spirometry/RefCalculator.html</p>	<p>Cualitativa nominal</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Función pulmonar normal • Función pulmonar disminuida
--------------------	--	--	----------------------------	--

6. Instrumento

La técnica utilizada fue la inspección de la vivienda y la entrevista a las mujeres que cocinan con leña. El instrumento utilizado fue un cuestionario elaborado de acuerdo a los objetivos planteados (ver anexo 1). Por lo que se visitaron 50 viviendas de la Aldea La Nueva Concepción, San Juan Ostuncalco, para captar a las participantes. Antes de iniciar se explicó el objetivo de la prueba y se pidió la autorización.

La población de la Aldea La Nueva Concepción es, en su mayoría, maya. Su idioma es el Mam. Por esta razón, se contó con una intérprete, que es parte del personal del puesto de salud. No hubo barrera lingüística al momento de realizar la entrevista ni al explicar los síntomas y las instrucciones para realizar las mediciones, ya que la intérprete está familiarizada y maneja la terminología médica.

El cuestionario consta de 3 partes. La primera, son los datos generales. La segunda, características de la vivienda. La tercera, la medición de niveles de monóxido de carbono, saturación de oxígeno, FEV1, frecuencia respiratoria y sintomatología que presentan a la exposición al humo. Antes de llenar el cuestionario, se solicitó la autorización y disponibilidad de tiempo. Luego, se procedía a realizar preguntas y por último se realizaban las mediciones de los niveles de monóxido de carbono, FEV1, PEF, saturación de oxígeno, frecuencia respiratoria y síntomas.

El cuestionario, se validó con 5 mujeres que cocinen con leña y que las condiciones de la vivienda sean similares.. Sin embargo, la información obtenida al validar el cuestionario no se incluirán en el estudio.

6.1 Herramientas para la recolección de datos

a) Concord Sapphire

- a. Saturación de Oxígeno: 0 – 100%
- b. Rangos: normal >90%
- c. Resolución: +-1%
- d. Exactitud: +-2% (70% - 100%) 35% - 70% No especificado

Ritmo Del pulso

- e. Rango de medición: 30-240 lpm
- f. Resolución: +-1bpm
- g. Exactitud: +-2bpm

b) BG-20

A. Indicaciones de seguridad

Indicios por intoxicación por CO	
0-1 ppm	Concentración de fondo normal
9 ppm	Concentración máxima admisible para espacios interiores
50 ppm	Máxima exposición de 8 horas
200 ppm	Ligero dolor de cabeza, fatiga, náuseas y mareos
400 ppm	Dolor frontal de cabeza, amenaza para la vida después de 3 horas
800 ppm	Mareos, náuseas, calambres, la muerte se produce en un intervalo de 2-3 horas
1600 ppm	Náuseas en el intervalo de 20 minutos, la muerte se produce en 1 hora
12800 ppm	La muerte se produce en un intervalo de 2-3 minutos

Fuente: Manual de uso BG20, TROTEC

B. Manejo

IMPORTANTE: se encendió en ambientes libres de CO

1. Se presionó la tecla ON/OFF para encender el instrumento de medición. Se tardó 10 segundos en que realizara la autocomprobación y la estabilización del display.
2. Al realizar las mediciones, se movió el instrumento de medición hacia donde se suponía que había escape de CO.
3. El instrumento de medición mostró la existencia de monóxido de carbono (en ppm) en el display LCD. Se emitía un tono de advertencia acústico al detectar un contenido de CO superior a 35ppm con el fin de advertir que existía una concentración de CO peligrosa. Cuanto más elevado es el contenido de CO más rápido sonaba el sensor o tono de advertencia. En caso de más de 200ppm se emitía un tono de advertencia continuo.
4. Para apagar el instrumento, se presionó la tecla ON/OFF. El instrumento se apagó automáticamente después de una inactividad de 15 minutos.

C. Datos técnicos

- a. Gama de medición = 0-1000ppm
- b. Resolución = 1ppm
- c. Precisión = $\pm 5\%$ o ± 10 ppm
- d. Tipo de sensor = estabilizado electroquímicamente según especificación de gas (CO)
- e. Vida útil de sensor = 3 años
- f. Fase de calentamiento = <20 segundos
- g. Alimentación corriente = Pila de 9V
- h. Duración de las pilas = aprox. 50horas con una pila alcalina

- i. Temperatura de servicio = 0-50 grados C
- j. Temperatura de almacenamiento -30 – 60 grados C
- k. Humedad de servicio = 0-99% RH
- l. Peso = 180g

c) Piko-1

Se utilizó para obtener el valor de FEV1 de las mujeres que utilizan leña para cocinar. Luego ese valor se utilizó para clasificar la función pulmonar como “normal” o “disminuida”, según los parámetros internacionales para población hispana de Hankinson.

Uso del Piko

Se siguieron los lineamientos de ATS para la ejecución de la prueba. Los cuales son: no pinzar la nariz al momento de realizar la prueba, realizar al menos 3 pruebas, tomar el valor más alto y realizar la prueba de pie. La intérprete les explicaba en Mam las instrucciones para utilizar el Piko-1, se hicieron ejercicios previos a las pruebas definitivas. Se comprobó que las personas comprendieran adecuadamente las instrucciones, ya que al momento de hacer los ejercicios los hacían correctamente.

Las instrucciones del Piko-1 para realizar la prueba son:

1. Póngase de pie. Sostenga el PiKo de manera horizontal en su mano derecha con la pantalla apuntando hacia arriba. **NO CUBRA LOS ORIFICIOS DE VENTILACIÓN**
2. Ponga el PiKo cerca de su boca y presione el botón de operación momentáneamente con el dedo índice. Se oirá un pitido corto.
3. Apenas oiga un segundo pitido y aparezca la animación de soplido, inhale tanto aire como pueda. Coloque la boquilla en su boca y sople tan fuerte como pueda durante al menos 1,5 segundos.

NOTA: Indicador de factor de calidad (!): puede aparecer el símbolo “!” junto a la lectura, lo que indica que durante la prueba se produjeron uno o más de los siguientes eventos:

- A. Se detectó tos.
- B. El esfuerzo de soplido no duró lo suficiente. (FEV1 - 1 segundo)
- C. El esfuerzo de soplido tuvo un inicio lento.
- D. El resultado de la prueba fue bajo o alto de una forma no natural para su referencia.

d) Secuencia

- Elegir aleatoriamente 50 viviendas
- La intérprete explicaba en Mam el objetivo del estudio y pedía autorización para realizar las pruebas

- Iniciar a llenar la boleta de recolección de datos
 - Datos generales: Edad, número de casa
 - Inspeccionar → Llenar las características de la vivienda
 - Preguntar:
 - Lo enciende más de una vez al día.
 - Duración del fuego.
 - Cuántas horas está expuesta al día.
 - Hora que enciende el fuego.
 - Cuántos años ha estado expuesta.
 - Cuánta leña utiliza al día y cuánta para cocinar.
 - Hay alguien que fume en su casa.
 - Trabaja
 - Realizar mediciones
 - Explicar cómo se realizarán las mediciones, hacer ejercicio de la prueba de función pulmonar.
 - Niveles de CO.
 - FEV1-PEF (realizar ejercicios previos para asegurarse que se entendió adecuadamente, luego realizar al menos 3 pruebas)
 - Saturación de oxígeno.
 - Auscultar a la mujer en ambos campos pulmonares.
 - Realizar medición de frecuencia respiratoria.
 - Preguntar acerca de la presencia de síntomas.
 - Explicar acerca el significado de los valores obtenidos.
 - Impartir plan educacional.

- Tabular y analizar datos.

7. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Debido a que el objetivo general del estudio es estimar los niveles de emisión de monóxido de carbono en las viviendas de la población de estudio, el análisis estadístico es principalmente descriptivo; adicional a ello se utilizó estadística inferencial para buscar la relación entre la concentración de monóxido de carbono y la función pulmonar. Se construyeron indicadores (variables), tanto para caracterizar la muestra, como para medir las concentraciones de CO y sus posibles efectos. Para ello, se calcularon promedios (medias y porcentajes, según correspondía), y se calculó intervalos de confianza al 95%².

Se consideró importante conocer asociación entre alguna de las características de las mujeres entrevistadas y/o su casa, con los indicadores del CO y sus efectos; para lo cual, se llevó a cabo los cruces y se evaluó la asociación con pruebas de ANDEVA, Kruskal Walllis y Chi cuadrado, según correspondía. En los resultados se presentan únicamente los que fueron estadísticamente significativos ($P < 0.05$).

Con el software EPI INFO versión 6.04d se construyeron los indicadores y se obtuvo la estadística descriptiva y resultados con Chi cuadrado.

Indicadores (variables)

1. Indicadores de las características de las mujeres entrevistada, familia y vivienda

1. **Edad:** Media de la edad de las mujeres (en años)
2. **Edad:** Grupos de edad:
 - a. 18 a 30 años
 - b. 31 a 50 años
 - c. 51 a 75 años
3. **Talla:** Media de la talla de las mujeres (metros).
4. **Talla1:** Grupos según la talla:
 - a. 1.44 mts. a 1.50 mts.
 - b. 1.51 mts. a 1.61 mts.
5. **Habitantes:** Media de la cantidad de personas en la familia
6. **Fam:** Grupos según la cantidad de personas:
 - a. 3 a 6 personas
 - b. 7 a 12 personas
7. **Hacina:** Hacinamiento, según la cantidad de personas que duermen juntas:
 - a. No hay: 3 o menos personas (*se encontró solo cuatro familias, por lo que para los análisis cruces se juntaron con el siguiente grupo*)
 - b. Hacinamiento bajo: 4 a 5 personas

² Intervalo de confianza para variables cualitativas, usando fórmula de Fleiss J. 1981. Statistical Methods for Rates and Proportions, 2nd Ed. Pp14

- c. Hacinamiento alto: 6 o más personas
- 8. **Ninos5**: Media de menores de 5 años en la familia
- 9. **Ninos5a / b**: Grupos según la cantidad de menores de 5 años en la familia:
 - a. No hay (*se encontró solo tres familias, por lo que para los análisis cruces se juntaron con el siguiente grupo*)
 - b. 1 a 2 niños
 - c. 3 a 4 niños
- 10. **Viv1**: Grupos según la calidad de la vivienda:
 - a. Calidad baja: piso de tierra y techo de lámina
 - b. Calidad media: piso de tierra y techo de madera, piso de cemento y techo de lámina, piso de cemento y techo de madera

2. Indicadores de prácticas relacionadas con la calidad del aire en la vivienda

1. **Viv2**: Grupos según la vivienda posee estructura “protectora” contra CO:
 - a. Posee 2 o más ventanas y cocina afuera
 - b. Posee una ventana/no posee, y/o cocina adentro
2. **Estufa1**: Grupos según la vivienda posee estufa “protectora” contra CO:
 - a. Poyo con chimenea
 - b. Poyo sin chimenea o fuego abierto
3. **Viv2Est1**: Grupos según la vivienda posee estructura y estufa “protectora” contra CO:
 - a. Posee vivienda y estufa protectora
 - b. Sin vivienda protectora y/o sin estufa protectora
4. **Malprac1**: Mujeres con mala práctica: tienen encendido el fuego todo el día (durfuego) o se exponen al humo del mismo por más de 10 horas (horaexp)
 - a. **Durfuego**: el fuego:
 - i. Lo encienden más de una vez
 - ii. Lo mantienen encendido
 - b. **Horaexp**: Cantidad de horas expuesta a la leña encendida
 - i. 1 a 4 horas
 - ii. 5 a 10 horas
 - iii. Más de 10 horas
5. **Horaenc1**: Grupos según la hora en que encienden el fuego:
 - a. 4am para antes de 6am
 - b. 6am para 7am
6. **Timexp1**: Grupos según el tiempo que lleva la mujer de estar expuesta:
 - a. Menos de 15 años
 - b. 15 o más años
7. **Leniadia**: Media de la cantidad de leños que usan diariamente para cocinar

8. **Lenia1:** Grupos según la cantidad de leños que usa diariamente (*la mediana fue de 12 leños al día*):
 - a. Usa 12 o menos
 - b. Usa 13 o más
9. **Trabcasa:** Mujeres que trabajan en casa
10. **Trabcamp:** Mujeres que trabajan fuera de casa
11. **Riesgo:** Las mujeres se clasificaron en riesgo si cumplían con por lo menos tres de las siguientes cuatro:
 - a. Familias sin estructura protectora Y/O sin estufa protectora
 - b. Poseen mala práctica: fuego encendido todo el día / por más 10 horas
 - c. Usan 13 o más leños diariamente
 - d. Trabajan en casa

Nota: con el instrumento se midieron otras variables para establecer si las mujeres o alguien en su familia fuma. Los resultados con las 50 mujeres entrevistadas es que ninguna fuma, y tampoco hay familiares que fumen, razón por lo cual no se presentan indicadores al respecto en el cuadro 1.

3. Indicadores del CO y sus efectos

1. **CO:** Media de la cantidad de monóxido de carbono en la vivienda (ppm)
2. **ExpoCO:** Grupos según exposición al CO:
 - a. Exposición Baja: hasta 200 ppm por hasta 4 horas
 - b. Exposición media: cumple con cualquiera de:
 - i. hasta 200 ppm por más de 4 horas
 - ii. entre 201 ppm a 400 ppm por hasta 4 horas
 - c. Exposición alta: cumple con cualquiera de:
 - i. entre 201 ppm a 400 ppm por más de 4 horas
 - ii. entre 401 ppm a 600 ppm por hasta 4 horas
 - d. Exposición muy alta: cumple con cualquiera de:
 - i. entre 401 ppm y 600 ppm por más de 4 horas
 - ii. 601 ppm o más, sin importar el tiempo
3. **ExpoCO1:** Grupos según exposición al CO: (*ver los grupos de arriba*)
 - a. Riesgo: Exposición Baja y media
 - b. Peligrosa: Exposición alta y muy alta
4. **PEF:** Media de PEF
5. **FEV1:** Media de FEV1
6. **SatO2:** Media de saturación de oxígeno
7. **FrecResp:** Media de la frecuencia respiratoria
8. **Lagrimeo:** Mujeres con lagrimeo
9. **Tos:** Mujeres con tos
10. **Rinorrea:** Mujeres con rinorrea
11. **Fatiga:** Mujeres con fatiga
12. **Cefalea:** Mujeres con cefalea

13. **ConfMent:** Mujeres con confusión mental

14. **Funcpul:** Grupos de mujeres según función pulmonar:

- a. Disminuida
- b. Normal

Nota: Con respecto al examen realizado a las mujeres de auscultación pulmonar, los resultados con las 50 mujeres entrevistadas es que todas están normal (no hay sibilancias, estertores o roncus), por eso no se presenta ésta información en el cuadro 3.

8. RESULTADOS

El estudio se llevó a cabo con información de un total de 50 mujeres y sus viviendas.

Cuadro 1: Características personales de las mujeres expuestas al humo de leña de San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, Guatemala 2015

Características	Número de casos	Media o Porcentaje
De la mujer		
Media de la edad de las mujeres (en años) (Edad)		41.4 años
Grupos según edad (GEdad)	18 a 30 años	12
	31 a 50 años	28
	51 a 75 años	10
Media de la talla de las mujeres (en mts) (Talla)		1.49 mts
Grupos según la talla (Talla1)	1.44 a 1.50 mts	35
	1.51 a 1.61 mts	15
De la familia		
Media de la cantidad de personas en la familia <i>(la mediana es de 7 personas)</i> (Habitant)		6.4 personas
Grupos según la cantidad de personas (Fam)	3 a 6 personas	23
	7 a 12 personas	27
Grupos según hacinamiento (hacina)	No hay <i>(3 o menos personas /dormitorio)</i>	4
	Bajo <i>(4 a 5 personas /dormitorio)</i>	13
	Alto <i>(6 o más personas /dormitorio)</i>	33
Media de la cantidad de menores de 5 años en la familia (ninos5)		1.5 niños
Grupos según la cantidad de menores de 5 años (ninos5a)	No hay	3
	1 a 2 niños	41
	3 a 4 niños	6
De la vivienda		
Grupos según la calidad de la vivienda (viv1)	Calidad baja <i>(piso de tierra y techo de lámina)</i>	32
	Calidad media	18

Información obtenidos de la boleta de recolección de datos
n=50 familias/viviendas

Cuadro 2: Prácticas relacionadas con la calidad del aire en las viviendas de las mujeres expuestas al humo de leña de San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, Guatemala 2015 .

Características	Media o Porcentaje	Intervalo de confianza al 95%		
		Límite inferior	Límite superior	
Grupos según la vivienda posee estructura "protectora" contra CO (viv2)	2 o más ventanas + cocina afuera	42.0%	28.2%	56.8%
	Sin o con 1 ventana y/o cocina adentro	58.0%	43.2%	71.8%
Grupos según la vivienda posee estufa "protectora" contra CO (estufa1)	Poyo con chimenea	64.0%	49.2%	77.1%
	Poyo sin chimenea/ fuego abierto	36.0%	22.9%	50.8%
Grupos según la vivienda posee estructura Y estufa "protectora" contra CO (Viv2Est1)	Posee vivienda y estufa protectora	36.0%	22.9%	50.8%
	Sin vivienda protectora y/o sin estufa protectora	64.0%	49.2%	77.1%
Porcentaje de mujeres con mala práctica. <i>Tienen encendido el fuego todo el día o se exponen al humo del mismo por más de 10 horas</i> (MalPrac1)		8.0%	7.2%	29.1%
Grupos según encienden el fuego (Durfuego)	Lo encienden más de más de una vez	94.0%	83.5%	98.7%
	Lo mantienen encendido	6.0%	1.3%	16.5%
Grupos según cantidad de horas expuestas al fuego (HoraExp)	1 a 4 horas	28.0%	16.2%	42.5%
	5 a 10 horas	60.0%	45.2%	73.6%
	Más de 10 horas	12.0%	4.5%	24.3%
Grupos según la hora en que encienden el fuego (HoraEnc1)	4am - antes de 6 am	20.0%	10.0%	33.7%
	6am a 7am	80.0%	66.3%	90.0%
Grupos según el tiempo que lleva la mujer de estar expuesta (TimeExp1)	Menos de 15 años	20.0%	10.0%	33.7%
	15 o más años	80.0%	66.3%	90.0%
Media de la cantidad de leños que usan diariamente para cocinar <i>Mediana = 12 leños</i> (LeniaDia)		13.1 leños	13.0 leños	13.3 leños
Grupos según la cantidad de leños que usa diariamente (Lenia1)	Usa 12 o menos	54.0%	39.3%	68.2%
	Usa 13 o más	46.0%	31.8%	60.7%
Porcentaje de mujeres que trabajan en casa (Trabcasa)		96.0%	84.9%	99.3%

Características	Media o Porcentaje	Intervalo de confianza al 95%	
		Límite inferior	Límite superior
Porcentaje de mujeres que trabajan fuera de casa <i>(Trabcamp)</i>	42.0%	28.3%	57.0%
Porcentaje de mujeres en riesgo <i>(Riesgo)</i>	34.0%	21.2%	48.8%

Información obtenida de boleta de recolección de datos
n=50 familias/viviendas

Cuadro 4: Asociaciones entre los marcadores de función pulmonar: Peak expiratory flow (pico de flujo espiratorio PEF), forced expiratory volumen in the first second (volumen espiratorio forzado en el primer segundo FEV1), saturación de oxígeno (SatO2), frecuencia respiratoria con CO las mujeres expuestas al humo de leña de San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, Guatemala 2015

Indicador	Característica	Media o Porcentaje	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior	Límite superior
Marcadores de función pulmonar en las mujeres				
Media de PEF (PEF)	18 a 30 años Gedad, n=12	314.0 L/min	269.4 L/min	358.6 L/min
	31 a 50 años Gedad, n=28	287.7 L/min	263.3 L/min	312.1 L/min
	51 a 75 años Gedad, n=10	222.1 L/min	148.0 L/min	296.2 L/min
	ANDEVA: P=0.03321. La asociación se presenta debido a que a mayor edad, menor es el valor de PEF.			
	Mujeres sin mala práctica (malprac1) n=42	Mediana: 292.5 L/min	286.4 L/min	298.6 L/min
	Mujeres con mala práctica (malprac1) n=8	Mediana: 195.0 L/min	98.7 L/min	291.3 L/min
	Kruskal Wallis: P=0.00289. La asociación se presenta debido a que el grupo de que no posee la mala práctica presenta el valor más alto de PEF			
	Mujeres sin riesgo n=33	303.3 L/min	284.4 L/min	322.2 L/min
	Mujeres con riesgo n=17	237.4 L/min	182.1 L/min	292.7 L/min
	ANDEVA: P=0.00896. La asociación se presenta debido a que el grupo de mujeres sin riesgo posee una media muy alta en comparación con las mujeres con riesgo; la diferencia es, en promedio de 65.9 L/min.			
Mediana de FEV1 (FEV1)	18 a 30 años Gedad, n=12	2.07 L	1.95 L	2.19 L
	31 a 50 años Gedad, n=28	1.95 L	1.89 L	2.01 L
	51 a 75 años Gedad, n=10	1.89 L	1.84 L	1.94 L
	Kruskal Wallis: P=0.01297. La asociación se presenta debido a que a mayor edad, menor es el valor de FEV1.			
	Vivienda NO posee estructura "protectora" contra CO (viv2), n=29	1.89 L	1.85 L	1.93 L

Indicador	Característica	Media o Porcentaje	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
	Vivienda posee estructura "protectora" contra CO (viv2), n=21	2.03 L	1.95 L	2.11 L
	Kruskal Wallis: P=0.0088. La asociación se presenta debido a que el grupo que posee una "vivienda con estructura protectora contra CO" presenta el valor más alto de FEV1			
	Vivienda NO posee estructura "protectora" ni estufa "protectora contra CO" (viv2est1), n=32	1.90 L	1.86 L	1.94 L
	Vivienda posee estructura "protectora" ni estufa "protectora contra CO" (viv2est1), n=18	2.04 L	1.95 L	2.12 L
	Kruskal Wallis: P=0.0312. La asociación se presenta debido a que el grupo que posee una "vivienda con estructura protectora y estufa protectora contra CO" presenta el valor más alto de FEV1			
	Menos de 15 años de exposición <i>Timexp1, n=10</i>	40.0%	13.4%	73.1%
	15 o más años de exposición <i>Timexp1, n=40</i>	85.0%	69.1%	93.9%
Mujeres con exposición peligrosa al CO (ExpoCO1)	Chi cuadrado: P=0.01027. La asociación se presenta debido a que el grupo con más años de exposición posee el mayor porcentaje de mujeres con exposición peligrosa, que las mujeres de menos exposición. Mujeres con 15 años o más de exposición poseen 8.5 veces más probabilidad (<i>Odds Ratio</i>) de tener una exposición peligrosa al CO que mujeres con menos años de exposición.			
	1.44 a 1.50 mts <i>Talla1, n=35</i>	96.2 %	95.9 %	96.6 %
	1.51 a 1.61 mts <i>Talla1, n=15</i>	95.2 %	94.6 %	95.8 %
Mujeres con saturación de oxígeno (SatO2)	ANDEVA: P=0.0030. La asociación se presenta debido a que el grupo de mayor altura presenta un valor más bajo de saturación de oxígeno que el grupo de menor altura. La diferencia es, en promedio de 1.0 %.			

Indicador	Característica	Media o Porcentaje	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
	Menos de 15 años de exposición <i>Timexp1, n=10</i>	96.6 %	96.1 %	97.1 %
	15 o más años de exposición <i>Timexp1, n=40</i>	95.8 %	95.4 %	96.1 %
ANDEVA: P=0.036444. La asociación se presenta debido a que el grupo con mayor cantidad de años de exposición presenta un valor más bajo de saturación de oxígeno que el grupo de con menos años de exposición. La diferencia es, en promedio de 0.85 %.				

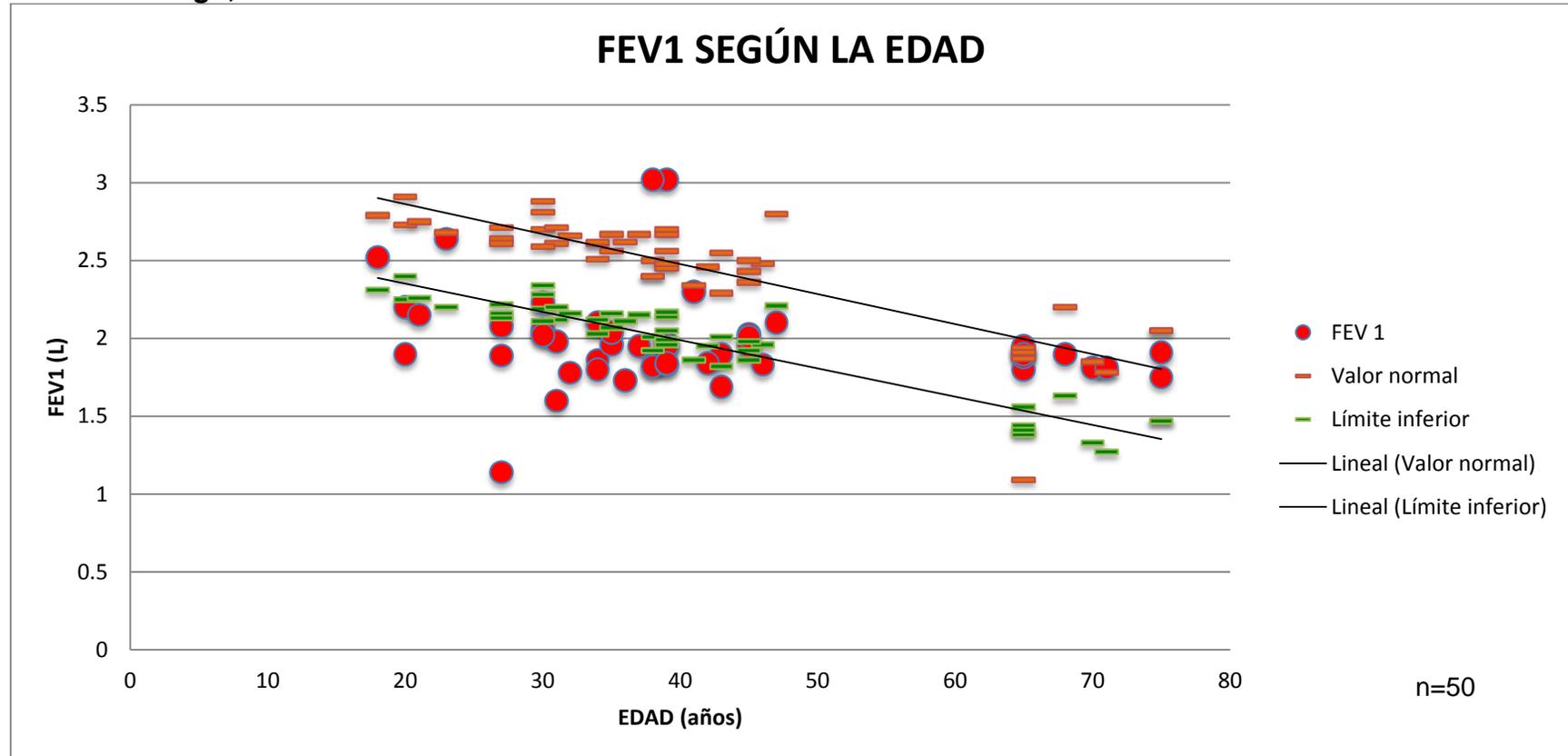
Media de la frecuencia respiratoria (FrecResp)	Usa 12 o menos leños <i>Lenia1, n=27</i>	21.6 rpm	21.0 rpm	22.2 rpm
	Usa 13 o más leños <i>Lenia1, n=23</i>	20.7 rpm	20.0 rpm	21.2 rpm
	ANDEVA P =0.02839. La asociación se presenta debido a que el grupo que usa menos leños presenta valores más altos de frecuencia respiratoria, en comparación con quienes usan más leños; en promedio tiene 0.98 rpm más.			

Síntomas en las mujeres				
Grupos de mujeres según su función pulmonar DISMINUIDA (FuncPul)	18 a 30 años <i>Gedad, n=12</i>	75.0%	42.3%	93.5%
	31 a 50 años <i>Gedad, n=28</i>	75.0%	54.4%	88.7%
	51 a 75 años <i>Gedad, n=10</i>	0.0%	0.9%	35.2%
Chi cuadrado: P exacto=0.000044. La asociación se presenta debido a que el grupo de mayor edad no presentó casos con función pulmonar disminuida				

Mujeres con tos (dos)	No trabaja fuera de casa <i>trabcamp, n=29</i>	48.3%	29.6%	67.4%
	Trabaja fuera de casa <i>trabcamp1, n=21</i>	14.3%	3.7%	37.8%
Chi cuadrado: P=0.02768. Por lo que se concluye que el porcentaje de mujeres con tos es mayor entre quienes no trabajan fuera de casa. Mujeres que no trabajan fuera de casa poseen 5.6 veces más probabilidad (<i>Odds Ratio</i>) de tener tos, que mujeres que trabajan fuera de casa.				

Información obtenida de boletas de recolección de datos

Gráfica 2: Relación entre FEV1 y la edad de las mujeres expuestas al humo de leña de San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, Guatemala 2015

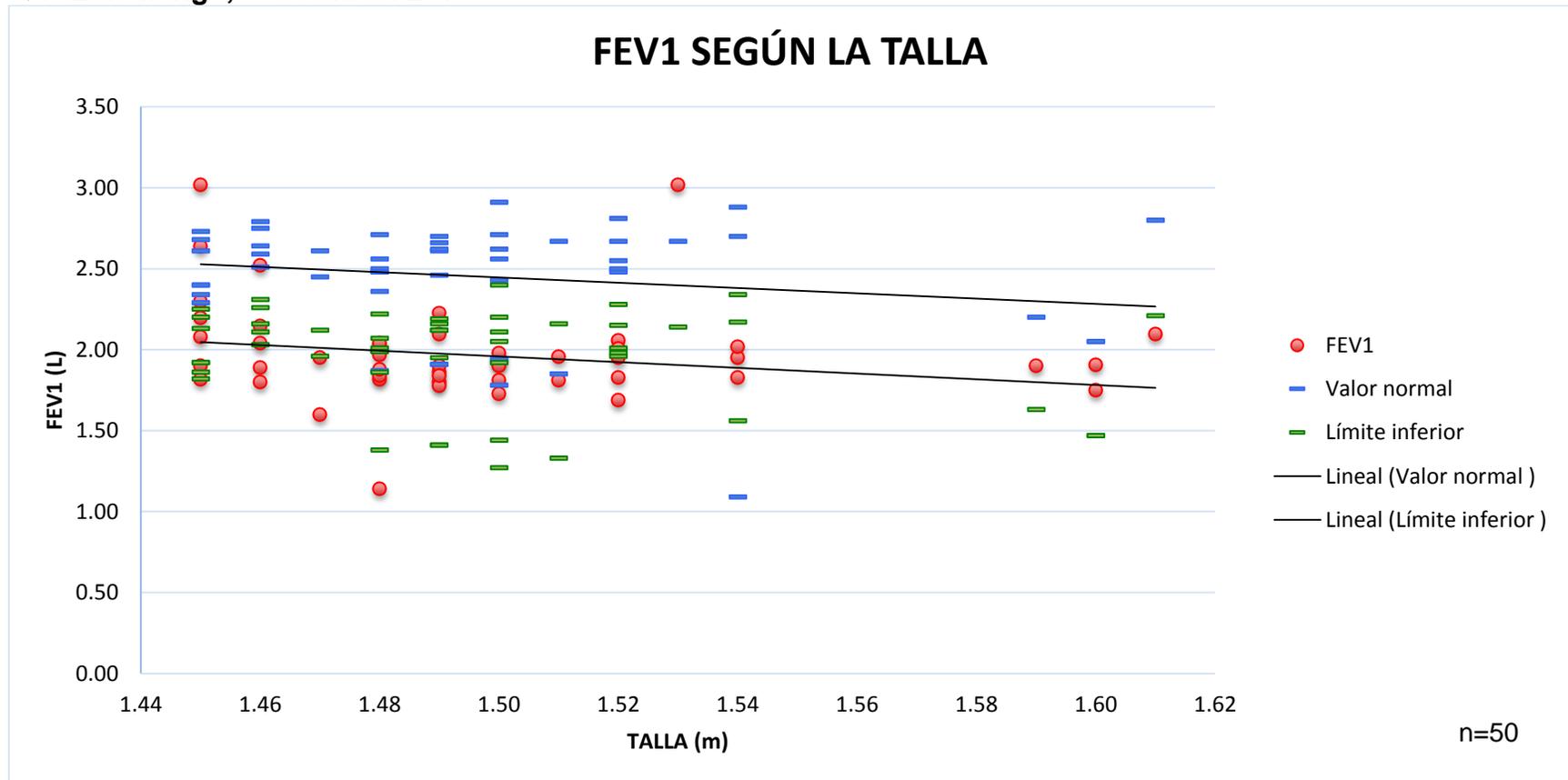


Información obtenida de boletas de recolección de datos

En la gráfica anterior se muestran los valores normales y el límite inferior³ según los criterios de Hankinson para población hispana. El FEV1 graficado es el obtenido de las mujeres de La Nueva Concepción, se observa que la mayoría está por debajo de los valores normales.

³ <http://www.cdc.gov/niosh/topics/spirometry/RefCalculator.html>

Gráfica 3: Relación entre FEV1 y la talla de las mujeres expuestas al humo de leña de San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, Guatemala 2015

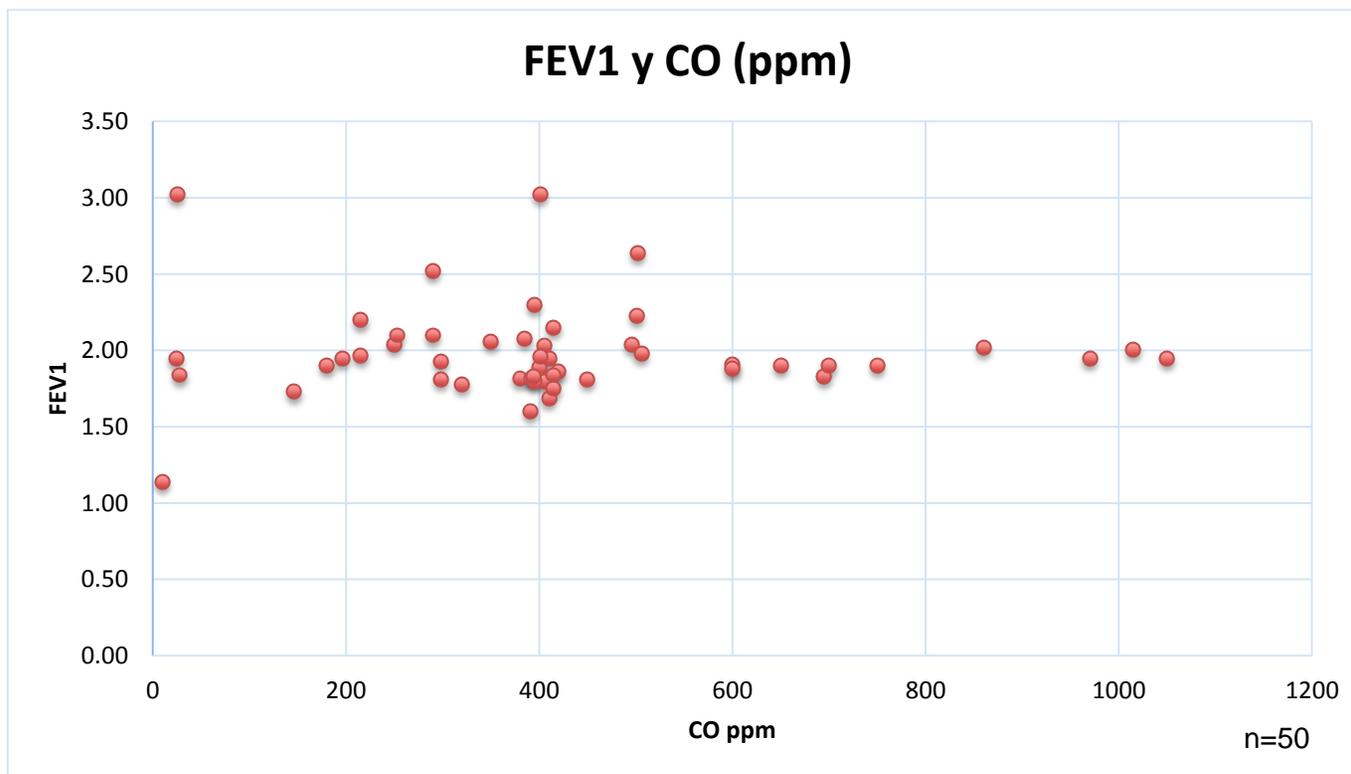


Información obtenida de boletas de recolección de datos

En la gráfica anterior se muestran los valores normales y el límite inferior⁴ según los criterios de Hankinson para población hispana. El FEV1 graficado es el obtenido de las mujeres de La Nueva Concepción.

⁴ <http://www.cdc.gov/niosh/topics/spirometry/RefCalculator.html>

Gráfica 4: Relación entre FEV1 y monóxido de carbono (CO) en las mujeres expuestas al humo de leña de San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, Guatemala 2015



Información obtenida de boletas de recolección de datos

Puede observarse que no existe asociación entre FEV1 y niveles de monóxido de carbono ($P>0.05$).

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El estudio se llevó a cabo en diferentes comunidades de la aldea La Nueva Concepción, ubicada en San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango. Las viviendas en las cuales se midió el nivel de monóxido de carbono fueron elegidas aleatoriamente. Se entrevistaron 50 mujeres, entre las edades de 18 a 75 años. Sin patología previa ni síntomas de infecciones respiratorias. El idioma que predomina en la población de la Aldea La Nueva Concepción es el Mam. Al momento de la entrevista iban traductores para facilitar la comunicación.

La estructura, de las viviendas de la aldea es, en su mayoría, un cuarto en donde se ubicaban las camas para toda la familia y en un cuarto aparte, pero no independiente, la cocina. Carecen de servicios básicos; únicamente cuentan con luz, agua no potable (no todas las casas tienen chorro intradomiciliario), únicamente utilizan letrina (no tienen drenajes).

Según el censo realizado en el año 2014 por los estudiantes de la Universidad Rafael Landívar que hicieron su práctica profesional supervisada en La Nueva Concepción, la aldea no cuenta con disposición de basura adecuada, porque no tienen tren de aseo, por lo cual tienen que quemar la basura, la mayoría de las veces sin separar la orgánica de la inorgánica.

Durante el estudio surgieron numerosas interrogantes acerca de qué genera más contaminación. Al principio se pensó que la corteza de la leña aumentaba los niveles de monóxido de carbono. Se comprobó que no influía. Luego, se investigó acerca del tipo de leña que utilizan. Los vendedores de leña de la aldea, informaron que la leña que utilizan no es siempre la misma, pues depende del árbol al que tengan acceso para talar, de la época del año y de la capacidad económica de la familia. Una muestra de las entrevistadas confirmó que la leña, que utilizaban era aliso que cuesta Q250 la tarea, arrayan, Q100 la tarea o chiribisco, Q500 la tarea. Una tarea de leña es 1m³, aproximadamente 90-100 rajas de leña.

En la Aldea La Nueva Concepción, el 100% de la población cocina con leña.

Según los estándares aceptados en Estados Unidos, los niveles promedio en los hogares que no tienen estufas de gas están entre 0.5 a 5ppm. Los niveles de monóxido de carbono cerca de las estufas de gas debidamente ajustadas frecuentemente son de 5 a 15 ppm y con las estufas que están mal ajustadas puede llegar a ser de 30 ppm o más. No hay estándares guatemaltecos. Sin embargo, los indicadores de seguridad según el manual del BG-20 establece que: 0-1ppm es la concentración de fondo normal; 9ppm concentración máxima admisible para espacios interiores; 50 ppm máxima exposición de 8 horas; 200ppm genera ligero dolor de cabeza, fatiga, náuseas y mareos; 400ppm dolor frontal de cabeza y amenaza la vida después de 3 horas; 800ppm mareos, nauseas, la muerte se produce a un intervalo de 2-3horas y 1600ppm nauseas en

el intervalo de 20 minutos, la muerte se produce en 1 hora. Los niveles de monóxido de carbono detectados en las viviendas sobrepasan el límite considerado como aceptable. Las personas están expuestas a concentraciones tóxicas todos los días: la media de niveles de monóxido de carbono es de 419ppm; la concentración máxima en una vivienda fue de 1050ppm. Es más, en días muy fríos, en que las temperaturas descienden a 0°C, las familias duermen alrededor del fuego para calentarse, pasando más de 8 horas continuas expuestas al humo de leña.

En algunas viviendas los niveles de monóxido de carbono variaban considerablemente cuando las hornillas estaban tapadas y al momento de destaparlas para colocar las ollas. Se iniciaba la medición con las hornillas tapadas, y los niveles de CO oscilaban en valores por debajo de 100ppm, y al momento de destaparlas, los niveles se elevaban por arriba de 500ppm.

Los valores normales de FEV1, según J. Johnson, para un adulto sin patología pulmonar son de 3 a 4.5L; para un adulto con obstrucción pulmonar moderada son de 1.5-2.5L con un descenso anual de 27 a 33mL por año. Sin embargo, Hankinson et. Al, en un estudio titulado "Spirometric reference values from a sample of the general U.S population", llevado a cabo en el año 1999, realizó una espirometría a una muestra de 20,627 personas, siguiendo los criterios establecidos por American Thoracic Society. Su población se dividía en caucásicos, afro-americanos y mexico-americanos. Se establecieron los valores normales según la talla y según la edad (Anexo 2). La medición de función pulmonar en las mujeres participantes del estudio se realizó siguiendo los criterios de American Thoracic Society (la persona debe estar de pie, realizar como mínimo 3 pruebas y se toma el valor más alto y no se debe pinzar la nariz al momento de la prueba). Al tener los valores de FEV1, se clasificaron según la talla y edad como función pulmonar normal o disminuida, según las gráficas de Hankinson. Sin embargo, únicamente se determinaron 5 mujeres con función pulmonar normal. Por lo que se buscó otro método para clasificarlo: se encontró una calculadora de función pulmonar siguiendo los criterios de Hankinson para población hispana. Únicamente se debía colocar el sexo, la edad, la estatura en centímetros y el valor de FEV1 para obtener el rango normal (valor normal y el límite inferior). De esta forma se clasificó: 20 mujeres con función pulmonar normal y 30 con función pulmonar disminuida.

Se utilizaron estos parámetros internacionales para poder discutir la función pulmonar en la población nacional con la utilizada en otros países para la población hispana.

En el estudio que se presenta, al relacionar la función pulmonar y los niveles de monóxido de carbono no se encontró asociación. Sin embargo, el 60% de la población a estudio tiene la función pulmonar disminuida. Puede que la causa sea otro componente del humo de leña. A pesar de contar con chimenea, los niveles de monóxido de carbono en el ambiente son alarmantes.

Un objetivo del estudio, era determinar la sintomatología de las mujeres expuestas al humo de leña. Se colocaron síntomas provocados por el humo: lagrimeo, tos, rinorrea; y síntomas provocados por las concentraciones elevadas de monóxido de carbono: náusea, mareo, fatiga (aparecen a niveles bajos de CO); cefalea, confusión mental y síncope (aparecen a niveles moderados de CO). Se determinó que el 34% presentó tos, 18% presentó lagrimeo y 6% rinorrea. Por otro lado, 4% ha presentado más de alguna vez confusión mental, 2% fatiga y cefalea.

La exposición al humo de leña se puede dividir en: años de exposición y horas al día. El 94% de las mujeres lo encienden más de una vez al día, estando expuestas de 5 a 10 horas al día. El 80% ha estado expuesto por más de 15 años. El 82% tiene de 1 a 2 niños menores de 5 años, quienes están en riesgo de padecer problemas respiratorios. Al momento de cocinar, las mujeres no le dan importancia a la ventilación. Únicamente el 42% posee más de dos ventanas y cocina afuera. Al momento de la evaluación se aprovechó a dar plan educacional: si había mucho humo o al presentar algún síntoma abrir la puerta, para mejorar la ventilación y que salieran para evitar intoxicarse.

Al estar expuestos al monóxido de carbono, la saturación disminuye debido a que el CO desplaza al oxígeno y la afinidad es 245 veces más que la del oxígeno. La saturación de las mujeres estaba en un rango entre 93-98%, es decir en rangos normales, a pesar de los niveles tan altos de CO. La saturación en el grupo de mujeres que han estado menos de 15 años expuestas al humo de leño es mayor (96.6%) en comparación a la de las mujeres expuestas por más de 15 años (95.8%). Por lo tanto, si hay relación entre los niveles de monóxido de carbono y saturación de oxígeno.

Aunque es sorprendente la adaptabilidad que el ser humano es capaz de desarrollar, es importante hacer notar que más del 60% de los hogares guatemaltecos usan leña para cocina y están expuestos a concentraciones sumamente tóxicas de monóxido de carbono todos los días desde que nacen. Ni las estructuras de la vivienda que pudieran considerarse adecuadas ni el uso de estufas con chimenea previenen altos niveles de CO en el ambiente.

Deben tomarse medidas para reducir el consumo de leña. La OMS está promoviendo el uso de estufas mejoradas, con el fin de usar menos leños, y producir menos contaminación. En Guatemala, Good Neighbors ha diseñado un tipo de estufas mejoradas buscando mejorar la salud y reducir la contaminación ambiental (reduciendo las emisiones tóxicas del humo, mejorando la eficiencia del combustible y uso de energía). “En un estudio de Rolando Zanotti, realizado en el año 2009, se determinó que cada año se consumen 19 millones 456 mil 552 metros cúbicos sólidos de leña”. Lo cual es una parte importante de la contaminación atmosférica y del calentamiento global.

10. CONCLUSIONES

- 1.** 6 de cada 10 mujeres que cocinan con leña tienen la función pulmonar disminuida.
- 2.** Los niveles de monóxido de carbono (mínimo 180ppm y máximo 1050ppm) medidos en las viviendas están en valores peligrosos para la salud.
- 3.** Las mujeres que cocinan con leña presentan más síntomas asociados al humo que por los altos niveles de monóxido de carbono.
- 4.** Se encontró relación entre los niveles de monóxido de carbono y la saturación de oxígeno: a más años de exposición al monóxido de carbono menor es la saturación de oxígeno.
- 5.** 8 de cada 10 mujeres ha estado expuesta al humo de leña por más de 15 años; 7 de cada 10 está expuesta entre 5-10 horas al día.

11. RECOMENDACIONES

- 1.** Realizar estudios que midan los demás contaminantes del humo de leña, para determinar cuál es el más dañino para la salud.
- 2.** Comparar los niveles de CO y demás contaminantes, que generan los distintos tipos de leña
- 3.** Realizar pruebas de sangre: niveles de carboxihemoglobina y hemoglobina, gases arteriales para conocer cómo están compenando.
- 4.** Impulsar proyectos de desarrollo mejorando tanto la construcción de la vivienda (más ventilación, servicios básicos) introduciendo estufas mejoradas, mejorando la calidad de vida de las personas.
- 5.** Realizar estudios en época de frío (noviembre a febrero), ya que la familia debe dormir alrededor del poyo para calentarse, lo que aumenta su tiempo de exposición.
- 6.** Medir el impacto que tienen las estufas mejoradas en la salud de los usuarios.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud, nota descriptiva No. 292 (sede Web). (Fecha de última actualización septiembre de 2011). “Contaminación del aire de interiores y salud”. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/es/>
2. Rivas, Edith et. Al. “Fuentes de contaminación intradomiciliar en jardines infantiles y salas cunas en Temuco y Padre Las Casas, Chile”. Revista Médica de Chile. 2008. (Consultado 2 de febrero de 2014) Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0034-98872008000600013&script=sci_arttext
3. Sistema de Información Forestal de Guatemala SIFGUA. “Propuesta de estrategia nacional de producción sostenible y uso eficiente de leña 2013-2024”. Guatemala. 2013. (Consultado el 11 de febrero de 2014) Disponible en: <http://www.sifgua.org.gt/Documentos/Informes/Estrategia%20leña%20140812.pdf>
4. De la Cruz Morales, Manuel A. Et al. “Caracterización clínico-epidemiológico de mujeres del área rural expuestas al humo de leña utilizada como combustible para cocinar. Estudio transversal realizado en mujeres de las aldeas San Andrés Semetabaj, Sololá, Estancia de la Virgen, El Llano y San Jacinto, Chimaltenango y Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa 20 enero al 3 de marzo del 2010. Universidad de San Carlos de Guatemala, Tesis de Licenciatura en Medicina. 2010. (Consultado 11 de febrero de 2014) Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/05/05_8690.pdf
5. Dra. Herrera, Astrid B, Dra Rodríguez, Laura. “Contaminación biológica intradomiciliar y su relación con síntomas respiratorios indicativos de asma bronquial en preescolares de Bucaramanga, Colombia. Red de Revistas Científicas de América Latina y El Caribe, España y Portugal, Revista: Biomédica. 2011. (Consultado 2 de febrero de 2014). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84322460008>
6. Organización Panamericana de la Salud. “Carga económica de las enfermedades no transmisibles en la región de las Américas”, Informe temático sobre las enfermedades no transmisibles. Washington. Estados Unidos, 2010. Consultado el 10 de febrero de 2014. Disponible en: http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=14371&Itemid=
7. Dr. Guzmán, Nelson y Dr. De la Hoz, Fernando. “Contaminación del aire domiciliario y enfermedades respiratorias (infección respiratoria aguda baja, EPOC, cáncer de pulmón y asma): evidencias de asociación. Colombia. 2008. (Consultado 2 de febrero de 2014). Disponible en: [http://www.researchgate.net/publication/237767020_CONTAMINACION_DEL_AIRE_DOMICILIARIO_Y_ENFERMEDADES_RESPIRATORIAS_\(INFECCION_RESPIRATORIA_AGUDA_BAJA_EPOC_CANCER_DE_PULMON_Y_ASMA\)_EVIDENCIAS_DE_ASOCIACION](http://www.researchgate.net/publication/237767020_CONTAMINACION_DEL_AIRE_DOMICILIARIO_Y_ENFERMEDADES_RESPIRATORIAS_(INFECCION_RESPIRATORIA_AGUDA_BAJA_EPOC_CANCER_DE_PULMON_Y_ASMA)_EVIDENCIAS_DE_ASOCIACION) Home_air_pollution_and_respiratory_illnesses_(low_sharp_respiratory_infection_COPD_lung_cancer_and_asthma)_evidences_of_association

8. Organización Mundial de la Salud, comunicado de prensa. (Sede web). (Fecha de última actualización 27 de octubre de 2009). “Controlar los factores de riesgo para la salud podría prevenir millones de muertes. http://who.int/mediacentre/news/releases/2009/health_risks_report_20091027/es/index.html
9. Smith, Kirk R. “El uso doméstico de leña en los países en desarrollo y sus repercusiones en la salud”. California, Estados Unidos. Depósito de documentos de la FAO. 2009 (Consultado 2 de febrero de 2014) Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/009/a0789s/a0789s09.htm>
10. Cortés, Alejandra y Ridley, Ian. “Efectos de la combustión de leña en la calidad del aire intradomiciliario. La ciudad de Temuco como caso de estudio”. Chile. Revista INVI. Agosto 2013. (Consultado 2 de febrero de 2014) Disponible en: <http://www.revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/812/1102>
11. Dr. Oyarzún, Manuel. “Contaminación aérea y sus efectos en la salud”. Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias. Chile. 2010. (Consultado 2 de febrero de 2014). Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/rcher/v26n1/art04.pdf>
12. Tema 1 “Gestión de la calidad del aire”. CEPAL – SERIE Seminarios y Conferencias. (Consultado 2 de febrero de 2014). Disponible en: http://www.cepal.org/search/default.asp?idioma=ES&base=/tpl/top-bottom.xslt&as_sitesearch=www.eclac.cl/
13. Organización Mundial de la Salud. “Energía doméstica y salud, combustibles para una vida mejor”. Francia, 2007. (Consultado: 10 de febrero de 2014) Disponible en: http://www.who.int/indoorair/publications/fuelforlife_es.pdf
14. El Mundo. “La OMS alerta del aumento de la contaminación ambiental en las ciudades”. (Artículo de periódico en línea), 07 de mayo del 2014. [accedido 2 de junio del 2014]. Disponible en: <http://www.elmundo.es/salud/2014/05/07/536a6608ca4741fe0d8b4573.html>
15. Fernández, Alex. “Smog: contaminación urbana”. Fundación Eroski. 22 de septiembre de 2006. [accedido 3 de junio del 2014]. Disponible en: http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2006/09/22/155607.php
16. Banco Mundial. “Estudios abordan maneras de cocinar con menos contaminantes”. [artículo en línea]. Agosto 06, 2013. [accedido el 18 de marzo del 2014]. Disponible en: <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2013/08/06/studies-look-for-clean-cooking-solutions>
17. College of agricultura, University of Kentucky. “Chapter 7: Heating, ventilation, air conditioning (HVAC)” [monografía en línea]. [accedido 10 de abril del 2014]. Disponible en: <http://www.bae.uky.edu/energy/residential/guide/english/Chapter%207%20Heating%20Ventilation%20Air%20Conditioning.pdf>
18. EPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. “Monóxido de carbono en interiores”. [artículo en línea] 2014. [accedido el 19 de abril del 2014].

- 2014]. Disponible en: <http://www.epa.gov/espanol/saludhispana/monoxido.html>
19. Cimas Hernando, Juan Enrique y Pérez Fernández, Javier. “Espirometría” [monografía en línea]. 1999. [Accedido 15 de mayo del 2014]. Disponible en: <http://www.semm.org/esp.html>
 20. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) y Universidad Rafael Landívar. “Contaminación ambiental: Perfil ambiental de Guatemala 2008-2009, las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo”. Guatemala 2010.
 21. Morán Mérida, Amanda; Martínez, José Florentín y Noriega, Carlos. “Centro de estudios urbanos y regionales: vivienda y política en Guatemala”. [Boletín 16]. Universidad de San Carlos de Guatemala. Noviembre 1992.
 22. Oliva Soto, Pablo Ernesto. “Calidad del aire en Guatemala, compilación de la información existente”. Tesis de maestría en docencia universitaria con especialización en evaluación educativa. Universidad de San Carlos de Guatemala, Octubre 2008.
 23. Smith, Kirk R.; Mehta, Sumi y Maeusezahl-Feuz, Mirjam. “Indoor air pollution from household use of solid fuels”. [monografía en línea]. Capítulo 18. [accedido 12 de febrero de 2014]. Disponible en: <http://ehs.sph.berkeley.edu/krsmith/Publications/Chapt%2018%20IAP%20from%20Solid%20Fuels.pdf>
 24. Informe de desarrollo humano 2011. “Sostenibilidad y equidad: un mejor futuro para todos”. Publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
 25. Arana Biblao, Miguel. “Fichas de sustancias químicas – monóxido de carbono”. Mutual de seguridad. [Accedido 7 de abril del 2014]. Disponible en: http://biblioteca.duoc.cl/bdigital/esco/INGENIERIA_PREVENCION/Ficha_quimica_monoxido_carbono.pdf
 26. Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Medicina. “Fisiología pulmonar”. [artículo en línea]. [accedido 6 de abril del 2014]. Disponible en: <http://escuela.med.puc.cl/publ/Aparatorespiratorio/02Mecanica.html#>
 27. Doctor Gallego, Hugo A. Toxicólogo Clínico. “Humo de leña: riesgos para la salud”. [artículo en línea]. 2012. [accedido 14 de abril del 2014]. Disponible en: <http://www.conexionlasamericas.com/diciembre12/paginas/humodelenariosgoparalasalud.html>
 28. Sood, Ashay. “Indoor Fuel Exposure and the Lung in both developing and developed countries: an update”. Elsevier, 2012. [accedido 21 de febrero del 2014]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23153607>
 29. Smith, Kirk; Desai, Manish y Mehta, Sumi. “Indoor smoke from solid fuels, assessing the environmental burden of disease at national and local levels”. OMS, Geneva 2004.
 30. United States Environmental Protection Agency. “Indoor Air pollution, an introduction for health professionals”. 2012. [accedido 21 de febrero del 2014]. Disponible en: http://www.epa.gov/iaq/pdfs/indoor_air_pollution.pdf

31. OPS. “ Diagnóstico comparativo de la calidad del aire de los interiores de las viviendas de dos poblaciones indígenas del Perú”. [Del informe de la 37 sesión del Subcomité de planificación y programación del comité ejecutivo de la OPS-OMS; Punto 7 “La familia y la salud” del 11 de febrero de 2003.
32. Benjamin, Regina. “Informe de la Cirujana general de los Estados Unidos: El humo del tabaco causa enfermedades”. CDC 2010. [accedido 9 de abril del 2014]. Disponible en: http://www.cdc.gov/tobacco/data_statistics/sgr/2010/consumer_booklet/spanish/pdfs/consumer_sp.pdf
33. Cardona, Rokael. “El problema metropolitano de la vivienda en Guatemala: notas introductorias para el estudio de políticas públicas”. [monografía en línea]. Revista Centroamericana de Administración Pública, 1983. [Accedido el 23 de abril del 2014]. Disponible en: <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/icce/unpan043066.pdf>
34. OMS. “Guía para la calidad del aire”. [monografía en línea]. Lima 2004. [Accedido el 16 de abril de 2014]. Disponible en: http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf
35. Hernández Florez, Luis Jorge; Quiroz Arcentales, Leonardo; Sarmiento, Rodrigo y Medina, Edna. “Protocolo de la vigilancia epidemiológica, ambiental y sanitaria del impacto en la salud por contaminación del aire”. Secretaría distrital de salud, área de vigilancia en salud pública. Plan de intervenciones colectivas, Colombia, 2012.
36. Johnson, Jeremy; Theurer, Wesley. “A stepwise approach to the interpretation of pulmonary function tests”. [artículo en línea]. 2014. [accedido en 5 de junio del 2014]. Disponible en: www.aafp.org/afp.
37. PiKo Monitors. Electronic lung health monitor. User’s Manual. Inspire.
38. AMIR Medicina. “Fisiología pulmonar”. Marbán, España, 2012.
39. Pellegrino, R et al. “Interpretative strategies for lung function test” [artículo en línea] 2005. [accedido 17 de junio 2015]. Disponible en: <http://erj.ersjournals.com/content/26/5/948.short>
40. Hankinson, John; Odencrantz, John; Fedan, Kathleen. “Spirometric reference values from a sample of general U.S population”. [artículo en línea] 1999. [accedido 17 de junio 2015]. Disponible en: <http://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/ajrccm.159.1.9712108>
41. MacIntyre, N. Et al. “Standardisation of the single breath determination of carbon monoxide uptake in the lung”. [artículo en línea] 2005. [accedido 17 de junio 2015]. Disponible en: <http://erj.ersjournals.com/content/26/4/720>
42. Wanger, J. Et al. “Standardisation of the measurement of lung volumes”. [artículo en línea] 2005. [accedido 18 de junio 2015]. Disponible en: <http://www.ersj.org.uk/content/26/3/511.full.pdf>
43. Hankinson, John; Knutti, Beth. “Third national health and nutrition examination survey III” Spirometry procedure manual. [artículo en línea] 1988. [accedido 18 de junio 2015]. Disponible en: <http://www.nber.org/nhanes/nhanes-III/docs/nchs/manuals/spiro.pdf>

44. Miller, M.R. et al. "Standardisation of spirometry". [artículo en línea] 2005. [accedido 18 de junio 2015]. Disponible en: <https://www.thoracic.org/statements/resources/pfet/PFT2.pdf>
45. Miller, M.R. et al. "General considerations for lung function testing". [artículo en línea] 2005. [accedido 18 de junio 2015]. Disponible en: <https://www.thoracic.org/statements/resources/pfet/PFT1.pdf>
46. Pérez- Padilla, Rogelio et al. "Reliability of FEV1/FEV6 to diagnose airflow obstruction compared with FEV1/FVC: The PLATINO longitudinal study". [artículo en línea] 2013. [accedido 18 de junio 2015]. Disponible en: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0067960>
47. Smith-Siversten, Tone et al. "Effect of reducing indoor air pollution on women's respiratory symptoms and lung function: the RESPIRE randomized trial, Guatemala". [artículo en línea] 2009. [accedido 6 de julio 2015]. Disponible en: <http://aje.oxfordjournals.org/content/170/2/211.full>
48. Lisanti, Raúl et al. "Comparación de las pruebas de función pulmonar en población adulta sana de la Provincia de Mendoza, Argentina con valores de referencia internacionales". [artículo en línea] 2013. [accedido 6 de julio 2015]. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S1852-236X2014000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
49. Pope, Daniel; Díaz, Esperanza; Smith-Siversten; Smith, Kirk et al. "Association of respiratory symptoms and lung function with measured carbón monoxide concentrations among nonsmoking women exposed to household air pollution: the RESPIRE trial, Guatemala" [artículo en línea] 2014. [accedido 6 de julio 2015]. Disponible en: <http://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/advpub/2014/11/ehp.1408200.acco.pdf>
50. Díaz, E.; Pope, D.; Smith, Kirk; Smith-Siversten, T et al. "Lung function and symptoms among indigenous mayan women exposed to high levels of indoor air pollution". [artículo en línea] 2007. [accedido 6 de julio 2015]. Disponible en: <http://www.ingentaconnect.com/content/iuatld/ijtd/2007/00000011/00000012/art00018?token=00511e418741a75a2f95dd7e2a46762c6b665d7e763425453a4a6d2d673f7b2f27375f2a72752d700>

13. ANEXO 1: Instrumento de recolección de datos



Universidad Rafael Landívar
Facultad de Ciencias de la Salud
Licenciatura en Medicina

**Relación entre el nivel de monóxido de carbono y función pulmonar,
La Nueva Concepción, San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango**
Guatemala, 2015.
Gabriela Chavarría

No. De casa:

Dirección:

Edad:

- No. De ventanas: _____
- # Habitantes _____
- Niños menores de 5 años: _____
- Techo: Lamina _____ Madera _____ Otros: _____
- Suelo: Tierra _____ Cemento _____
- No. De habitaciones: _____
- Cocina: Dentro de la casa: _____ Fuera de la casa: _____
- Tipo de estufa:
Poyo con chimenea: _____ Poyo sin chimenea: _____ Fuego
abierto: _____
- Duración de fuego: Lo enciende >1 vez _____ Lo mantiene encendido

- ¿Cuánto tiempo mantiene encendido el fuego? _____
- ¿Cuántas horas al día está expuesta a la leña encendida?
1 – 4 horas: _____ 5-10: _____ >10horas: _____
- ¿A qué hora enciende el fuego? _____
1. ¿Por qué? _____
- ¿Por cuánto tiempo ha estado expuesta?

5 años _____ 10 años _____ 15 años _____ 20 años _____

- Cuánta leña utiliza al día: _____
 - Cuánta leña utilizó para cocinar: _____
- Fuma: Sí: _____ No: _____
 - Cuántos cigarrillos al día: _____
 - Cuántos días a la semana: _____
 - Cuántas personas fuman: _____
- Trabaja: Sí: _____ No: _____
 - En dónde: Campo: _____ Espacios cerrados: _____
Casa: _____

OBSERVACIONES:

3. Mediciones

HORA	CO	PEF	FEV1	SatO2	Síntomas	Signos
					<ul style="list-style-type: none"> • Lagrimeo: _____ • Tos: _____ • Rinorrea: _____ • Fatiga: _____ • Náusea: _____ • Mareo: _____ • Cefalea: _____ • Confusión mental: _____ • Síncopes: _____ 	Frecuencia respiratoria: Pre: _____ Post: _____
						Auscultación pulmonar: <ul style="list-style-type: none"> • Normal: _____ • Sibilancias: _____ • Estertores: _____ • Roncus: _____

ANEXO 2 Gráficas de función pulmonar según criterios de Hankinson⁵

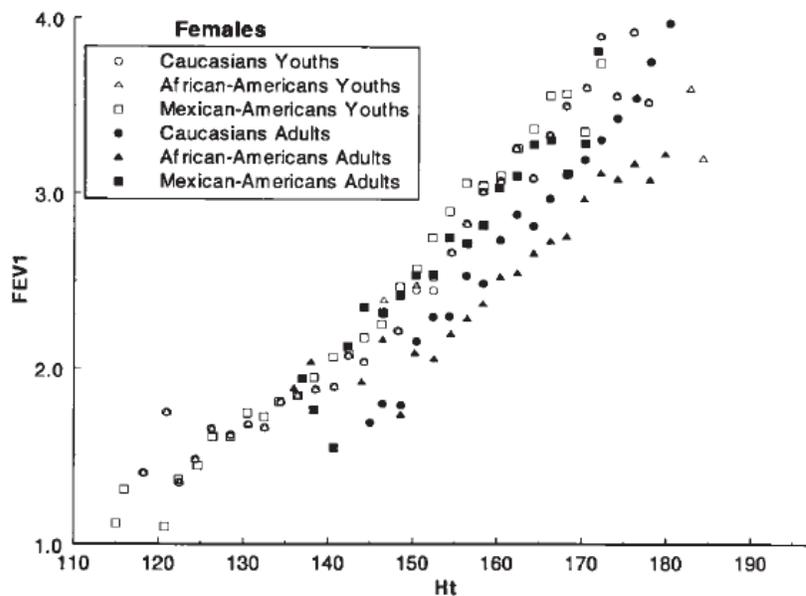


Figure 4. Mean FEV_1 versus height (2-cm increments) for youth and adult female subjects.

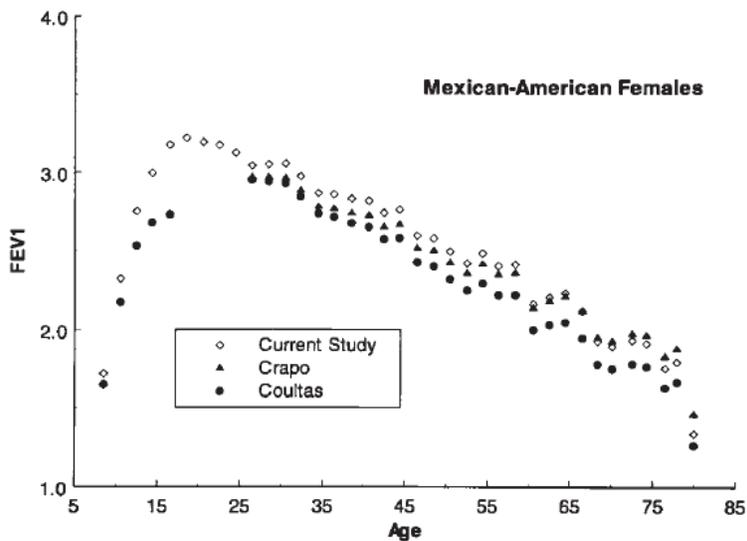


Figure 10. Predicted FEV_1 versus age for Mexican-American female subjects using equations from Crapo (7), Coultas (8), and current study.

⁵ Hankinson, John; Odencrantz, John; Fedan, Kathleen. "Spirometric reference values from a sample of general U.S. population". [artículo en línea] 1999. [accedido 17 de junio 2015].