

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE MÉDICO Y CIRUJANO

TRABAJO DE GRADUACIÓN



TESIS

EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL HUMO DE BIOMASA EN LA  
TASA DEL FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO (PEAK FLOW) Y EL  
VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO DENTRO DEL PRIMER  
SEGUNDO ( $VEF_1$ ) EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS DEL CASERÍO  
TAMAX, CAHABÓN, ALTA VERAPAZ

AURORA BEATRIZ ESCOBAR ESTRADA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE MÉDICO Y CIRUJANO

TRABAJO DE GRADUACIÓN

TESIS

EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL HUMO DE BIOMASA EN LA  
TASA DEL FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO (PEAK FLOW) Y EL  
VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO DENTRO DEL PRIMER  
SEGUNDO ( $VEF_1$ ) EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS DEL CASERÍO  
TAMAX, CAHABÓN, ALTA VERAPAZ

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR

AURORA BEATRIZ ESCOBAR ESTRADA  
CARNÉ 200930318

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE  
MÉDICA Y CIRUJANA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2016

# **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

## **RECTOR MAGNÍFICO**

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

## **CONSEJO DIRECTIVO**

PRESIDENTE:	Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
SECRETARIO:	Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey
REPRESENTANTE DOCENTES:	Lcda. T.S. Floricelda Chiquin Yoj
REPRESENTANTE EGRESADOS:	Lic. Admón. Fredy Fernando Lemus Morales
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES:	Br. Fredy Enrique Gereda Milián PEM. César Oswaldo Bol Cú

## **COORDINADOR ACADÉMICO**

Ing. Ind. Francisco David Ruiz Herrera

## **COORDINADORA DE LA CARRERA**

Dra. M.A. Carmen Elena Peláez Pinelo

## **COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

COORDINADOR:	Dr. M.A. Edgar Estuardo Rojas Gudiel
SECRETARIA:	Lcda. M.A. Juana Marta Hernández Chigüil
VOCAL:	Lcda. Psic. Iris Josefina Olivares Barrientos

## **REVISORA DE REDACCIÓN Y ESTILO**

Lcda. Psic. Iris Josefina Olivares Barrientos

## **REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Dr. M.A. Edgar Estuardo Rojas Gudiel

## **ASESORA**

Dra. M.A. Elia Séfora Reyes Laparra



**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario del Norte CUNOR  
Carrera de Médico y Cirujano**



**Comisión de Trabajos de Graduación**

Ref. 15-M-CTG 023/2016  
Cobán, Alta Verapaz 23 de agosto de 2016

Señores:  
Comisión Trabajos de Graduación  
Carrera de Médico y Cirujano  
Centro Universitario del Norte -CUNOR – USAC

Respetables señores:

Atentamente, hago de su conocimiento, que dictamino aprobado el proceso de asesoría de Tesis presentada como Trabajo de Graduación denominado con el tema EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL HUMO DE BIOMASA EN LA TASA DEL FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO (PEAK FLOW) Y EL VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO DENTRO DEL PRIMER SEGUNDO (VEF<sub>1</sub>) EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS DEL CASERIO TAMAX, CAHABÓN, ALTA VERAPAZ, elaborado por la estudiante de la Carrera de Médico y Cirujano, Aurora Beatriz Escobar Estrada, **Carné No.200930318**.

El trabajo en mención cumple con los requisitos establecidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala por lo tanto se remite a esa instancia para que continúe con el trámite correspondiente.

Deferentemente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

Dra. Elia Sefora Reyes Laparra  
Pediatra  
Colegiado No. 11,651

Dra. Elia Sefora Reyes Laparra  
Asesora



**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario del Norte CUNOR  
Carrera de Médico y Cirujano**



**Comisión de Trabajos de Graduación**

Ref. 15-M-CTG 026/2016  
Cobán, Alta Verapaz 14 de septiembre de 2016

Señores  
Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera de Médico y Cirujano  
Centro Universitario del Norte (CUNOR)  
Cobán, A. V.

Respetables Señores:

Atentamente hago de su conocimiento que he finalizado la Revisión del Trabajo de Tesis presentada como Trabajo de Graduación denominado con el tema EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL HUMO DE BIOMASA EN LA TASA DEL FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO (PEAK FLOW) Y EL VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO DENTRO DEL PRIMER SEGUNDO (VEF<sub>1</sub>) EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS DEL CASERIO TAMAX, CAHABÓN, ALTA VERAPAZ, elaborado por la estudiante de la Carrera de Médico y Cirujano, Aurora Beatriz Escobar Estrada, **Carné No.200930318.**

El trabajo en mención cumple con los requisitos establecidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala; por lo tanto se remite a esa instancia para que continúe con el trámite correspondiente.

Deferentemente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

Dr. Edgar Estuardo Rojas Gudiel  
Revisor



C.c. archivo



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Centro Universitario del Norte CUNOR**  
**Carrera de Médico y Cirujano**  
**Comisión de Trabajos de Graduación**



Ref. 15-M-CTG 033/2016  
Cobán, Alta Verapaz 06 de octubre de 2016

Señores  
Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera de Médico y Cirujano  
Centro Universitario del Norte (CUNOR)  
Cobán, A. V.

Respetables Señores:

Atentamente hago de su conocimiento que he finalizado la Revisión en cuanto a Redacción y Estilo del Trabajo de Tesis presentada como Trabajo de Graduación denominado con el tema EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL HUMO DE BIOMASA EN LA TASA DEL FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO (PEAK FLOW) Y EL VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO DENTRO DEL PRIMER SEGUNDO (VEF<sub>1</sub>) EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS DEL CASERIO TAMAX, CAHABÓN, ALTA VERAPAZ, elaborado por la estudiante de la Carrera de Médico y Cirujano, Aurora Beatriz Escobar Estrada, **Carné No.200930318**.

El trabajo en mención cumple con los requisitos establecidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala; por lo tanto se remite a esa instancia para que continúe con el trámite correspondiente.

Deferentemente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

Lcda. Iris Josefina Olivares Barrientos  
Revisora de Redacción y Estilo



C.c. archivo





**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Centro Universitario del Norte CUNOR**  
**Carrera de Médico y Cirujano**



**Comisión de Trabajos de Graduación**

Ref. 15-M-CTG 034/2016  
Cobán, Alta Verapaz 06 de octubre de 2016

**Licenciado.**  
**Erwin Gonzalo Eskenasy Morales**  
**Director**  
**Centro Universitario del Norte**

Respetable Licenciado:

Habiendo conocido los dictámenes favorables del asesor, revisor de trabajos de graduación y revisor de redacción y estilo; esta Comisión concede el visto bueno al Trabajo de Tesis denominado EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL HUMO DE BIOMASA EN LA TASA DEL FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO (PEAK FLOW) Y EL VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO DENTRO DEL PRIMER SEGUNDO (VEF<sub>1</sub>) EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS DEL CASERIO TAMAX, CAHABÓN, ALTA VERAPAZ, elaborado por la estudiante de la Carrera de Médico y Cirujano, Aurora Beatriz Escobar Estrada, **Carné No.200930318**, previo a optar al título profesional de Licenciatura en Médico y Cirujano.

Deferentemente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

Lcda. Iris Josefina Olivares Barrientos  
Vocal

Lcda. M.A. Juana Malta Hernández  
Secretaria

Dr. Edgar Estuardo Rojas Gudiel  
Coordinador de la Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera Médico y Cirujano



## HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: Tesis, efectos de la exposición al humo de biomasa en la tasa del Flujo Espiratorio Máximo (Peak Flow) y el Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo ( $VEF_1$ ) en niños de 6 a 12 años del Caserío Tamax, Cahabón, Alta Verapaz, como requisito previo a optar al título profesional de Médica y Cirujana.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Aurora Beatriz Escobar Estrada', written over a horizontal line.

Aurora Beatriz Escobar Estrada

Carné 200930318



## **RESPONSABILIDAD**

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor, la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en el punto SEGUNDO, inciso 2.4, subinciso 2.4.1 del Acta No.17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A Dios:** Por darme la vida y permitirme llegar a este momento tan importante en mi formación profesional.
- A mis padres:** Por su amor, comprensión, guía y apoyo incondicional en cada instante.
- A mis hermanos:** Por su cariño, consejos, compañía y ayuda siempre que lo he necesitado.
- A mis abuelos:** Por sus enseñanzas y su apoyo en todo momento, en especial durante los inicios de mi carrera.
- A mis tíos y primos:** Por sus constantes palabras de aliento para que siguiera adelante.
- A mis amigos:** Por el apoyo brindado a nivel académico y personal, sin importar el tiempo y la distancia.
- A mi asesora:** Por el tiempo y la paciencia dedicados a la elaboración de este documento.
- A mis docentes:** Por compartir sus conocimientos y experiencia, contribuyendo en gran manera a mi formación.
- A las instituciones y personas particulares de Cahabón A.V.** Por su valiosa colaboración en el desarrollo del trabajo de campo de la presente investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
<b>LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS</b>	v
<b>RESUMEN</b>	ix
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>OBJETIVOS</b>	5

### CAPÍTULO 1

#### MARCO TEÓRICO

1.1	Antecedentes	7
	1.1.1 Contaminación del aire en el hogar	7
	1.1.2 Situación mundial en relación al uso de combustibles en el hogar	8
1.2	La biomasa como combustible	10
	1.2.1 Leña	10
	a. Composición de la leña	11
	b. Combustión de la leña	12
	1.2.2 Material particulado	14
	a. PM <sub>2.5</sub>	15
	b. PM <sub>10</sub>	15
	1.2.3 Guías de calidad del aire de la OMS	16
	1.2.4 Uso de leña en Guatemala	17
	a. Estufas de leña	19
	b. Control de emisiones	20
	1.2.5 Otros tipos de biomasa	21
	1.2.6 Respuesta actual ante la contaminación del aire en el hogar	23
1.3	Fisiología respiratoria en pediatría	24
	1.3.1 La respiración	24
	a. Ventilación pulmonar	24
	1.3.2 Medición de la función pulmonar	27
	a. Espirometría	28
	b. Flujo Espiratorio Máximo (FEM)	33
	c. Pletismografía corporal completa	38
	d. Técnicas de difusión de gas	39
	e. Oximetría de pulso	39

1.4	Efectos de la contaminación del aire sobre la salud	40
1.4.1	Vulnerabilidad infantil frente a la contaminación del aire	41
1.4.2	Efectos de la CAH en el sistema respiratorio	45
	a. De la inflamación al daño oxidativo	45
	b. Aumento de la susceptibilidad a las enfermedades respiratorias	47
	c. Alteración del curso clínico de las infecciones respiratorias	48
1.4.3	Humo de biomasa y enfermedades respiratorias en niños	49
	a. Deterioro de la función pulmonar	49
	b. Infecciones respiratorias	50
	c. Asma	52
	d. Tuberculosis	53
1.5	Situación de la contaminación del aire en el hogar y estudios realizados en la población guatemalteca	54

## **CAPÍTULO 2**

### **METODOLOGÍA**

2.1	Tipo y diseño de la investigación	59
2.2	Unidad de análisis	59
2.3	Población y muestra	60
2.4	Selección de los sujetos de estudio	61
2.5	Variables	62
2.6	Técnicas, procesos e instrumento a utilizar en la recolección de datos	64
2.7	Plan de procesamiento de datos	69
2.8	Límites de la investigación	73
2.9	Aspectos éticos de la investigación	74
2.10	Recursos	76
2.11	Cronograma	77

## **CAPÍTULO 3**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

3.1	Presentación de resultados	79
3.2	Discusión de resultados	84

<b>CONCLUSIONES</b>	91
<b>RECOMENDACIONES</b>	93
<b>APORTES</b>	95
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	97
<b>ANEXOS</b>	105

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1:</b> Combustibles utilizados en el hogar	8
<b>Cuadro 2:</b> Guías de calidad del aire de la OMS	16
<b>Cuadro 3:</b> Emisiones producidas por leña y otros productos energéticos en toneladas equivalentes de CO <sub>2</sub> Guatemala 2010	21
<b>Cuadro 4:</b> Interpretación de los resultados de la espirometría	31
<b>Cuadro 5:</b> Población comprendida entre los 6 y los 12 años de edad en el Caserío Tamax.	60
<b>Cuadro 6:</b> Medición y operacionalización de las variables	62
<b>Cuadro 7:</b> Recursos humanos, físicos y materiales	76
<b>Cuadro 8:</b> Cronograma de actividades	77
<b>Cuadro 9:</b> Promedio del %FEM y %VEF <sub>1</sub> de acuerdo a la edad en niños de 6 a 12 años con exposición doméstica al humo de biomasa versus no expuestos, Cahabón, A.V. julio de 2016	81
<b>Cuadro 10:</b> Promedio del %FEM y %VEF <sub>1</sub> de acuerdo a la género en niños de 6 a 12 años con exposición doméstica al humo de biomasa versus no expuestos, Cahabón, A.V. julio de 2016	81
<b>Cuadro 11:</b> Promedio del %FEM y %VEF <sub>1</sub> de acuerdo a la ubicación de la cocina en hogares habitados por niños de 6 a 12 años con exposición doméstica al humo de biomasa, Cahabón, A.V. julio de 2016	82
<b>Cuadro 12:</b> Promedio de SaO <sub>2</sub> , %FEM y %VEF <sub>1</sub> en niños de 6 a 12 años con exposición doméstica al humo de biomasa versus no expuestos, Cahabón, A.V. julio de 2016	83
<b>Cuadro 13:</b> Riesgo de deterioro de la función pulmonar, derivado de la exposición al humo de biomasa en niños de 6 a 12 años expresado en %FEM y %VEF <sub>1</sub> , Cahabón, A.V. julio de 2016	83
<b>Cuadro 14:</b> Valores de referencia espirometría ERS & Polgar 1993 (1 a 17 años)	116



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

	<b>Página</b>
<b>Gráfica 1:</b> Alcance global del uso de combustibles sólidos para cocinar en el año 2012	9
<b>Gráfica 2:</b> Tamaño relativo de las partículas contaminantes PM <sub>2.5</sub> y PM <sub>10</sub>	15
<b>Gráfica 3:</b> Emisiones contaminantes de los combustibles domésticos en relación a las unidades de energía suministradas a la olla de cocción* India año 2000	22
<b>Gráfica 4:</b> Volúmenes y capacidades pulmonares	27
<b>Gráfica 5:</b> Patrones normal y obstructivo en curvas de volumen-tiempo y flujo-volumen	32
<b>Gráfica 6:</b> Patrones normal y restrictivo en curvas de volumen-tiempo y flujo-volumen	33
<b>Gráfica 7:</b> FEM en curva flujo-volumen normal y con patrón obstructivo	34
<b>Gráfica 8:</b> Pirámide de la salud y la contaminación del aire	40
<b>Gráfica 9:</b> Riesgos derivados de la contaminación del aire en el desarrollo y crecimiento prenatal	43
<b>Gráfica 10:</b> Riesgos derivados de la contaminación del aire en relación con la etapa de desarrollo del sistema respiratorio del niño	44
<b>Gráfica 11:</b> Correlación lineal entre el %FEM y la edad en niños con exposición doméstica al humo de biomasa desde el nacimiento, Cahabón, A.V. julio de 2016	79
<b>Gráfica 12:</b> Correlación lineal entre el %VEF <sub>1</sub> y la edad en niños con exposición doméstica al humo de biomasa desde el nacimiento, Cahabón, A.V. julio de 2016	80
<b>Gráfica 13:</b> Ubicación de la cocina en hogares habitados por niños de 6 a 12 años con exposición doméstica al humo de biomasa, Cahabón, A.V. Julio de 2016	82
<b>Gráfica 14:</b> Caracterización del estado de salud respiratoria y la exposición al humo de cigarrillos en niños de 6 a 12 años de edad expuestos al humo de biomasa en el Caserío Tamax, Cahabón, A.V. julio de 2016 (Anexos)	106
<b>Gráfica 15:</b> Mapa Satelital Caserío Tamax, Cahabón, A.V. (Anexos)	114

## LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

<b>µm:</b>	Micras
<b>ADN:</b>	Ácido desoxirribonucleico
<b>ARTIS:</b>	<i>Asthma Randomized Trial of Indoor Wood Smoke</i> (Ensayo Aleatorizado de Asma y Humo de Leña en Interiores)
<b>ATS:</b>	<i>American Thoracic Society</i> (Sociedad Americana del Tórax)
<b>BOLD:</b>	<i>Burden of Obstructive Lung Disease</i> (Carga de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva)
<b>CAH:</b>	Contaminación del aire en el hogar
<b>CEPAL:</b>	Comisión Económica para América Latina
<b>CH<sub>4</sub>:</b>	Metano
<b>CI:</b>	Capacidad inspiratoria
<b>CO:</b>	Monóxido de carbono
<b>CO<sub>2</sub>:</b>	Dióxido de carbono
<b>CPT:</b>	Capacidad pulmonar total
<b>CRECER:</b>	<i>Chronic Respiratory Effects of Early Childhood Exposure to Respirable Particulate Material</i> (Efectos respiratorios crónicos en la infancia temprana expuesta a material particulado respirable)
<b>CRF:</b>	Capacidad residual funcional
<b>CV:</b>	Capacidad vital
<b>CVF:</b>	Capacidad vital forzada
<b>EEUU:</b>	Estados Unidos de América
<b>EPOC:</b>	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
<b>ERS:</b>	<i>European Respiratory Society</i> (Sociedad Respiratoria Europea)

<b>FAO:</b>	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
<b>FEF<sub>25-75</sub>:</b>	Flujo espiratorio forzado entre el 25 y 75% de la capacidad vital forzada
<b>FEM:</b>	Flujo espiratorio máximo
<b>g/MJ:</b>	Gramo por mega joule
<b>GBD:</b>	<i>Global Burden of Disease</i> (Carga Global de la Enfermedad)
<b>GLI:</b>	<i>Global Lung Function Initiative</i> (Iniciativa Global de la Función Pulmonar)
<b>H<sub>2</sub>O:</b>	Agua
<b>HAP:</b>	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
<b>IARNA:</b>	Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
<b>INAB:</b>	Instituto Nacional de Bosques
<b>K:</b>	Grados Kelvin
<b>Km.:</b>	Kilómetros
<b>l/seg:</b>	Litros por segundo
<b>Ms.:</b>	Milisegundos
<b>Mts.:</b>	Metros
<b>N<sub>2</sub>:</b>	Nitrógeno molecular
<b>N<sub>2</sub>O:</b>	Monóxido de dinitrógeno
<b>NACER:</b>	<i>Newborns and Children Exposed to Respiratory Pollutants</i> (Neonatos y niños expuestos a contaminantes respiratorios)
<b>NANHES III:</b>	<i>Third National Health and Nutrition Examination Survey</i> (Tercera Encuesta Nacional de Salud y Nutrición)
<b>NO:</b>	Monóxido de nitrógeno
<b>NO<sub>2</sub>:</b>	Dióxido de nitrógeno
<b>O<sub>3</sub>:</b>	Ozono
<b>OLADE:</b>	Organización Latinoamericana de Energía
<b>OMS:</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>OPS:</b>	Organización Panamericana de la Salud

<b>PERFOR:</b>	Programa Estratégico Regional para el Manejo de los Ecosistemas Forestales
<b>PM:</b>	<i>Particulate Matter</i> (Material particulado)
<b>PM<sub>10</sub>:</b>	Material particulado con un diámetro menor a 10µm
<b>PM<sub>2.5</sub>:</b>	Material particulado con un diámetro menor a 2.5µm
<b>PNUMA:</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>RESPIRE:</b>	<i>Randomized Exposure Study of Pollution Indoors and Respiratory Effects</i> (Estudio de exposición aleatoria a contaminantes intra-domiciliares y sus efectos respiratorios)
<b>SO<sub>2</sub>:</b>	Dióxido de azufre
<b>VC:</b>	Volumen corriente
<b>VEF<sub>1</sub>:</b>	Volumen espiratorio forzado dentro del primer segundo
<b>VR:</b>	Volumen residual
<b>VRE:</b>	Volumen de reserva espiratoria
<b>VRI:</b>	Volumen de reserva inspiratoria
<b>Vrs.:</b>	Versus

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar los efectos de la exposición doméstica al humo de biomasa sobre la función respiratoria en niños habitantes del Caserío Tamax y la cabecera municipal de Santa María Cahabón, Alta Verapaz, se llevó a cabo el presente estudio descriptivo correlacional transversal, en el que se realizó la medición de los valores del Flujo Espiratorio Máximo (FEM) y el Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo ( $VEF_1$ ) en 114 niños sanos de ambos sexos comprendidos entre los 6 y los 12 años de edad, de ellos 57 niños estuvieron expuestos al humo desde el nacimiento y 57 niños no tuvieron dicha exposición.

Entre los resultados obtenidos se determinó que existe una correlación débil entre la edad y los valores de FEM/ $VEF_1$  de niños expuestos al humo de biomasa ( $r = -0.32$  y  $r = -0.17$ ), así como valores menores en el  $VEF_1$  en el género femenino y en niños que provienen de hogares donde la cocina se encuentra dentro de la casa. Al realizar un análisis sin otras variables más que la exposición, no se encontró asociación entre los valores del FEM de ambos grupos (con exposición/sin exposición) sig.=0.00. En cuanto a los valores  $VEF_1$  se presentó cierta asociación (sig.=0.053), aunque estadísticamente no fue significativa (RR=1.48, OR=2.05).

Con estos resultados se concluyó que aunque existen diferencias entre los valores del FEM de ambos grupos (con exposición/ sin exposición) y no existen diferencias entre los valores del  $VEF_1$ , estadísticamente no se encontraron asociaciones significativas definitivas entre la exposición al humo de biomasa y la función pulmonar en niños de 6 a 12 años del Caserío Tamax y la cabecera municipal de Santa María Cahabón, A.V.



## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en todo el mundo cerca de tres mil millones de personas, carecen de acceso a servicios de energía limpia y eficiente para cocina y calefacción, por lo que en su lugar utilizan la incineración de combustibles sólidos como el carbón y la biomasa, que incluye leña y residuos de cosecha principalmente. Estos combustibles son una fuente importante de contaminación del aire en el hogar (CAH), la cual afecta en su mayoría a las mujeres y a los niños, que pasan la mayor parte del tiempo en casa.

La *Encuesta nacional de consumo de leña en hogares y pequeña industria de Guatemala* elaborada a petición de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) en el 2011, reveló que el 89.1% de los hogares utiliza leña como combustible para cocinar; de estos el 91% emplea como estufa *el poyo con tres piedras* y únicamente el 43% cuenta con chimenea para dicha estufa, por lo que el humo del fogón se disemina en las habitaciones, exponiendo a un número mayor de personas a la contaminación del aire, que se asocia a una amplia gama de consecuencias adversas para la salud, las cuales van desde efectos subclínicos hasta muerte temprana.

Según el *Global Burden of Disease*, un estudio que analiza la carga mundial de las enfermedades, en el año 2010 se atribuyeron alrededor de 5 000 muertes a la CAH en Guatemala, dato que la coloca como el sexto mayor factor de riesgo de muerte a nivel general en el ámbito nacional, así como el séptimo en niños menores de 5 años y el cuarto en niños de 5 a 14 años.

Como describen Ritz y Wilhelm (2008) en *Air pollution impacts on infants and children*, los niños, en comparación con los adultos, son más vulnerables a los efectos nocivos de la exposición al humo de biomasa, debido a diferentes factores, principalmente fisiológicos (crecimiento constante, inmadurez de varios sistemas biológicos, etc.). Dichos efectos incluyen, aumento de la susceptibilidad al desarrollo de infecciones respiratorias, irritación bronquial directa, inflamación y estrés oxidativo, que según Gordon Et.Al. (2014), con el tiempo pueden deteriorar la función pulmonar.

Con el objetivo de determinar los efectos de la exposición doméstica al humo de biomasa sobre la función respiratoria infantil, se llevó a cabo la medición de los valores del Flujo Espiratorio Máximo (FEM) y el Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo ( $VEF_1$ ) en 114 niños sanos de ambos sexos comprendidos entre los 6 y los 12 años de edad.

La investigación se realizó en el Caserío Tamax, una comunidad rural, dónde la totalidad de sus habitantes cocina con biomasa y la cabecera municipal de Santa María Cahabón, A.V, a 5 kilómetros del caserío, dónde la población tiene acceso a otros combustibles alternativos para cocinar, algunos como el gas propano, menos contaminantes que la biomasa.

En cuanto a los resultados obtenidos, existe una correlación negativa débil entre la edad y los promedios de %FEM y % $VEF_1$ :  $r = -0.32$  y  $r = -0.17$  respectivamente, por lo que a mayor edad, menores valores de % $VEF_1$ , %FEM y mayores indicios de obstrucción y deterioro de la función pulmonar.

Los valores de  $VEF_1$  de ambos grupos (con exposición/sin exposición) se encontraron por debajo del 80% en el género femenino; el género masculino presento valores mayores que el femenino aunque el grupo expuesto a humo de biomasa también presentó valores por debajo del 80%. El FEM se observó dentro de los rangos normales en la mayoría de los promedios. Se encontraron

valores mayores de %VEF en niños que habitan hogares donde la cocina se encuentra fuera de la casa. El FEM se observó dentro de los rangos normales indistintamente de la posición de la cocina.

En relación al FEM no se encontró asociación entre los valores de ambos grupos: con exposición/ sin exposición, (sig.=0.00). En cuanto a los valores VEF<sub>1</sub>, se observó asociación (sig.=0.053), aunque estadísticamente no fue una asociación significativa (RR=1.48, OR=2.05).

Estos resultados reflejan que la exposición al humo de biomasa produce cierto deterioro en la función pulmonar de los niños, al analizarlos en varios subgrupos. Sin embargo estadísticamente no se encontraron asociaciones definitivas, por lo que se necesitan más estudios en poblaciones similares; de la misma manera se requiere de educación sobre contaminación del aire y promoción del uso de chimeneas, estufas mejoradas y combustibles alternativos más limpios, con el fin de preservar la salud no sólo de los niños sino de toda la población.

## OBJETIVOS

### General

Determinar los efectos de la exposición doméstica al humo de biomasa sobre la función respiratoria en niños de 6 a 12 años de edad, habitantes del Caserío Tamax y la cabecera municipal de Santa María Cahabón, por medio de la medición del Flujo Espiratorio Máximo (FEM) y el Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo ( $VEF_1$ ).

### Específicos

1. Medir el Flujo Espiratorio Máximo (FEM), el Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo ( $VEF_1$ ) y la Saturación de Oxígeno ( $SaO_2$ ) de un grupo de niños expuestos al humo de biomasa en el hogar y un grupo sin dicha exposición.
2. Comparar los resultados de ambos grupos en relación a las variables edad y género.
3. Contrastar los resultados del grupo expuesto en relación a la variable ubicación de la cocina en la casa.
4. Analizar si existe una relación significativa entre la exposición al humo de biomasa y el deterioro de la función pulmonar en niños.

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes

#### 1.1.1 Contaminación del aire en el hogar

El aire limpio es un requisito básico para la salud, por lo que su contaminación representa una amenaza importante en todo el mundo. De acuerdo con la definición incluida en los *Glosarios de Salud Ambiental* de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la contaminación del aire se refiere a la presencia de sustancias en la atmósfera, como consecuencia de procesos naturales o de actividades humanas, en concentraciones y tiempo suficientes como para alterar la comodidad, la salud o el bienestar de los seres vivos o perjudicar al medio ambiente.<sup>1</sup>

En relación al lugar en el que se origina la contaminación del aire, esta puede subdividirse en Contaminación del Aire en el Hogar (CAH) y contaminación del aire ambiente. La CAH se refiere a la introducción de sustancias nocivas al aire de interiores (aire respirable en una estructura habitable), principalmente debido a la quema de combustibles sólidos; lo que a su vez contamina el aire ambiente. La contaminación del aire ambiente se define como la

---

<sup>1</sup> Organización Mundial de la Salud OMS y Organización Panamericana de la Salud OPS. *Glosario de salud ambiental en español* (Lima, Perú: OMS., 2003), 117. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA. Et.Al. *Glosario de términos en salud ambiental* (México: PNUMA., 2005), 12.



contaminación del aire de exteriores que, sin embargo es capaz de entrar en los hogares.<sup>2</sup>

### 1.1.2 Situación mundial del uso de combustibles en el hogar

El uso de combustibles para la producción de energía en los hogares es una práctica fundamental y omnipresente en las sociedades humanas, pues se emplean para una variedad de fines, como, iluminación, cocina y calefacción. Los combustibles más utilizados a nivel doméstico se detallan en el Cuadro 1.

**CUADRO 1**  
**COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN EL HOGAR**

Sólidos		No sólidos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón mineral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biomasa:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Madera (no procesada y carbón vegetal)</li> <li>○ Excremento animal</li> <li>○ Residuos de cosecha</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Queroseno</li> <li>• Gas de petróleo</li> <li>• Gas</li> <li>• Electricidad</li> </ul>

**Fuente:** Inhalación de humo de leña: una causa relevante pero poco reconocida de enfermedad obstructiva crónica. 2007.

Según estimaciones de la OMS en el 2012, casi tres mil millones de personas no tenían acceso a servicios energéticos modernos no contaminantes, por lo que en un número significativo de países, más del 95% de la población utilizó combustibles sólidos para cocinar. En la Gráfica 1 se muestra el alcance global de la dependencia de combustibles sólidos según país y cómo se concentra en países de ingresos bajos y medianos a través de Asia, África y América Latina.<sup>3</sup>

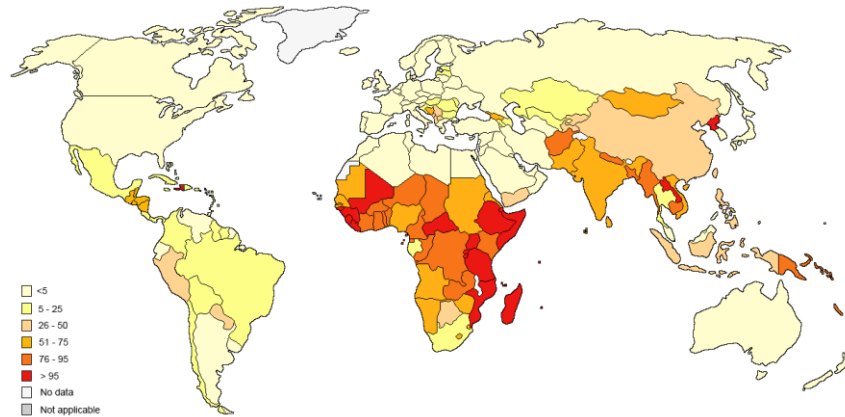
---

<sup>2</sup> World Health Organization WHO. *Indoor air quality guidelines: Household fuel combustion* (Geneva, Switzerland: WHO., 2014), ix.

<sup>3</sup> *Ibidem*, 1.

## GRÁFICA 1

### ALCANCE GLOBAL DEL USO DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS PARA COCINAR EN EL AÑO 2012



**Fuente:** *Indoor air quality guidelines: Household fuel combustion. 2014.*

Si bien todo consumo de energía en los hogares repercute de diversas maneras en la salud, la CAH producida por la quema incompleta de combustibles sólidos (esencialmente leña y otros tipos de biomasa), constituye el riesgo ambiental directo más importante para la salud, pues está relacionado con unas 4,3 millones de muertes prematuras a nivel mundial.<sup>4</sup>

Esta forma de consumo de energía en los hogares también está asociada con un alto riesgo de quemaduras e intoxicación. Las mujeres y los niños pueden estar en riesgo de sufrir lesiones y violencia durante la recolección del combustible; además esta actividad puede tomar muchas horas a la semana, lo que limita otras actividades productivas y mantiene a los niños fuera de la escuela. Aun cuando en los países más desarrollados la CAH debida a la quema de combustibles sólidos es menos grave, el problema sigue existiendo cuando se utilizan para calefacción.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> *Ibidem.*

<sup>5</sup> *Ibidem.*

## 1.2 La biomasa como combustible

El término biomasa se refiere a los productos biodegradables, desechos y residuos procedentes de la agricultura, la silvicultura, la pesca y las industrias relacionadas.<sup>6</sup> Esta puede ser utilizada como combustible; de hecho es la forma de energía más antigua explotada por la humanidad y aún lo continúa siendo a nivel doméstico. Básicamente la biomasa se produce en el medio rural y su uso de forma tradicional es un indicador de pobreza, aunque se reconoce que su desarrollo podría ayudar a potenciar el progreso económico.

Actualmente las tecnologías de conversión de biomasa en energía son muy variadas, dependientes del tipo de materia prima; sin embargo, la combustión de esta en su forma leñosa, sigue siendo la tecnología más utilizada, a pesar de ser menos eficiente y más contaminante que otros combustibles, puesto que produce emisiones de gases de efecto invernadero y partículas que son perjudiciales para el medio ambiente y la salud, además de ser una de las causas de deforestación.<sup>7</sup>

### 1.2.1 Leña

Se conoce como leña a toda aquella madera procedente del tronco o de las ramas de los árboles y residuos de aserraderos.<sup>8</sup> Se estima que en los países pobres, más del 80% de la energía consumida proviene de esta.<sup>9</sup>

---

<sup>6</sup> World Health Organization WHO. *Residential heating with wood and coal*. (Copenhagen, Denmark: WHO., 2015), 8.

<sup>7</sup> J. Oviedo Salazar. Et.Al. "Historia y uso de energías renovables." *International Journal of Good Conscience*. 10-1. (abril 2015): 1-18.

<sup>8</sup> Instituto Nacional de Estadística. Et.Al. *Sistema de contabilidad ambiental y económica de Guatemala 2001-2010. Compendio estadístico*. (Guatemala: Instituto Nacional de Estadística, 2013), 887.

<sup>9</sup> Instituto Nacional de Bosques. Et.Al. *Oferta y demanda de leña en la República de Guatemala*. (Guatemala: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2012), 15.

## a. Composición de la leña

Al igual que cualquier sustancia de origen natural orgánico, la madera se compone de carbono (50%), oxígeno (42%), hidrógeno (6%) y nitrógeno (0.2%), entre otros elementos inorgánicos como fósforo, sodio o calcio.<sup>10</sup> En cuanto a los componentes moleculares, un tronco de árbol está formado por:

### 1) Celulosa (50%)

Es un hidrato de carbono complejo que se descompone rápidamente con la humedad, pero es inalterable en ambiente seco.

### 2) Lignina (20%)

Se define como un polímero no hidrato de carbono, aunque no se conoce con exactitud su composición química. Actúa como cementante, uniéndose a las fibras de celulosa y reforzando las paredes celulares.

### 3) Hemicelulosa (20%)

Compuesta de polisacáridos, junto a la celulosa constituyen la pared celular. Responsable de la unión fibrosa sin influir en la dureza ni en las propiedades mecánicas.

### 4) Extractos

Son especies orgánicas que pueden disolverse y no son parte de la estructura celular de la biomasa: colorantes, resinas, almidón, taninos, oleínas, oligoelementos etc.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Juan Manuel Presa. *Protección y cuidado de la madera*. (Barcelona, España: Cedria, 2014), 8.

<sup>11</sup> Juan Manuel Presa. "Estructura, composición y clasificación de la madera." *Albura, Cedria*. 1. (abril 2015): 1-5.

En cualquier caso, las composiciones dadas pueden variar, en mayor o menor medida, dependiendo del tipo de árbol (madera dura o blanda) y de las condiciones de crecimiento.<sup>12</sup>

## **b. Combustión de la leña**

El proceso de combustión consiste en una reacción química dónde se da una rápida oxidación del combustible que produce calor y por lo general llama. La combustión de la leña se da a través de una secuencia de etapas: ignición, combustión con llama (*flaming*, en inglés), combustión sin llama (*smouldering* en inglés), y extinción.<sup>13</sup> Cabe destacar que durante la combustión, las fases no se producen en secuencia, se solapan de un modo complejo; y la composición orgánica de las emisiones se determina por la temperatura y su tasa de aumento.<sup>14</sup>

### **1) Ignición**

Al iniciar esta, la temperatura en el lecho del combustible puede elevarse de 450 a 800 grados Kelvin (K), y es liberada una compleja composición de alquitrán y gas, la cual, al diluirse en el aire, forma una mezcla inflamable.

### **2) Combustión con llama**

Se produce al encenderse la mezcla anterior, liberando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O). A menos de 400 K, los polisacáridos se descomponen y las emisiones

---

<sup>12</sup> *Ibídem.*

<sup>13</sup> Robert Stacey. Et.Al. *European glossary for wildfires and forest fires.* (Northumberland, England: European Union, 2012), 14, 15, 21.

<sup>14</sup> Sandra Durán. *Evidence Review: Wildfire smoke and public health risk.* (Vancouver, Canada: Center for Disease Control, 2014) 4.

dominantes son metanol, aldehídos ligeros, y ácidos fórmico y acético. A más de 450 K, los polímeros de la madera se alteran, el 80% del material se descompone térmicamente y se emiten grandes cantidades de compuestos gaseosos.

A temperaturas de 1400 K, el carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre del combustible se convierten en gases altamente oxidados, como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , óxidos de nitrógeno (monóxido de nitrógeno  $\text{NO}$ , dióxido de nitrógeno  $\text{NO}_2$ , monóxido de dinitrógeno  $\text{N}_2\text{O}$  y nitrógeno molecular  $\text{N}_2$ ) y dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). También se produce gran parte de las partículas de carbón negro.

### 3) Combustión sin llama

Se inicia una vez liberada la mayoría de compuestos volátiles, a una temperatura de 800 a 1000 K. Esta fase es una forma de combustión lenta, de baja temperatura, donde no se forma llama. Aquí se produce una conversión sustancialmente mayor del combustible a compuestos tóxicos en comparación a la combustión con llama, debido a un proceso denominado *incompleto* donde existe una deficiencia de oxígeno en la combustión, lo que impide la adecuada formación de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , favoreciendo además la formación de monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) que son altamente tóxicos.

En la combustión sin llama también se produce metano ( $\text{CH}_4$ ), compuestos orgánicos distintos del metano, aerosoles orgánicos primarios, amoníaco, aminas, nitrilos y haluros de metilo.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Ibídem, 4, 5.

#### 4) Extinción

Constituye el cese de la combustión, ya sea de forma natural o debido a actividades de supresión.<sup>16</sup>

Debido a lo complicado del proceso, es difícil estudiar cada uno de los contaminantes emitidos a partir de la combustión de leña. Estudios realizados en Estados Unidos (EEUU) y otros países desarrollados han concluido que las especies de madera dura producen emisiones más bajas que las de madera blanda al quemarse en chimeneas, lo que puede ser la más cercana comparación con los fogones de los países en desarrollo. No obstante, no es probable que las diferencias por especies sean significativas en comparación con las que resultan de otros parámetros que condicionan el efecto sobre las personas, como la humedad del combustible, la tasa de combustión, la ventilación y el tipo de estufa.<sup>17</sup>

#### 1.2.2 Material Particulado

Además de constituir un riesgo para la salud y el ambiente por sí mismos, los contaminantes generados por la combustión de biomasa pueden acumularse en diminutas piezas de sólidos en la atmósfera, constituyendo las llamadas partículas en suspensión o Material Particulado (PM por sus siglas en inglés).<sup>18</sup> El PM puede clasificarse en términos de concentración de masa en PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>.

---

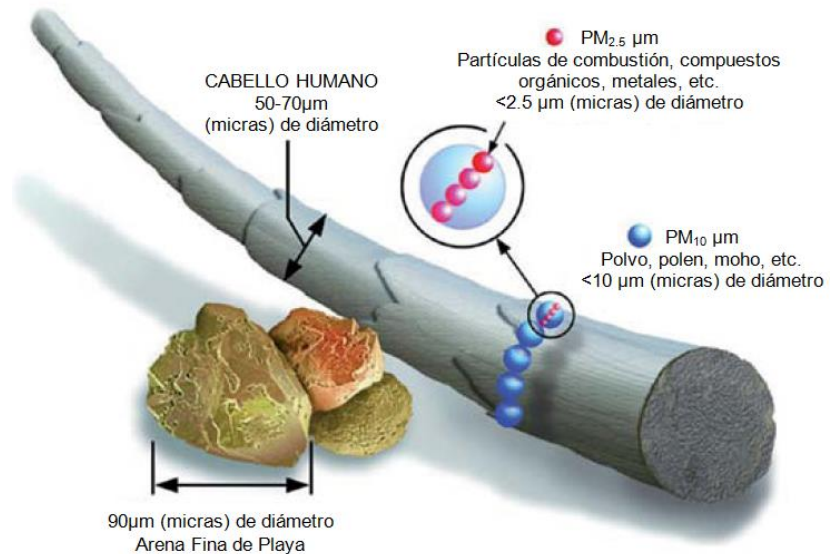
<sup>16</sup> Stacey, 15.

<sup>17</sup> Kirk R. Smith. "El uso doméstico de leña en los países en desarrollo y sus repercusiones en la salud." *Unasyva*. 57-224. (febrero 2006): 41-44.

<sup>18</sup> World Health Organization WHO. *Health risk assessment of air pollution: General principles*.(Copenhagen, Denmark: WHO., 2016), 2.

## GRÁFICA 2

### TAMAÑO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS CONTAMINANTES PM<sub>2.5</sub> Y PM<sub>10</sub>



Fuente: US EPA, 2008

**Fuente:** Adaptado de *Health risk assessment of air pollution: General principles*. 2016.

#### a. PM<sub>2.5</sub>

Son partículas con un diámetro menor a 2.5µm (micras). Se forman a partir de gases, evaporación de neblina, a través de reacciones químicas, etc. Son predominantemente solubles, con una vida media de días a semanas y una distancia de viaje de 100 a 1000 kilómetros (km). Entre estas partículas se incluyen las ultrafinas, de menos de diámetro menor a 0.1µm. (Gráfica 2)

#### b. PM<sub>10</sub>

Son partículas con un diámetro menor de 10µm. Se forman a partir de sólidos grandes y gotas a través de disrupción mecánica (aplastamiento, molienda, abrasión de superficies, etc.), evaporación de sprays y suspensión de polvos. Son



predominantemente insolubles; con una vida media de minutos a horas y una distancia de viaje de 1 a 10 km. (Gráfica 2)<sup>19</sup>

Las partículas finas (PM<sub>2.5</sub>) se consideran en general un buen indicador del impacto de las fuentes de combustión de leña sobre la salud ya que han sido ampliamente estudiadas y son el foco de la mayoría de las regulaciones de emisiones. El sector residencial representa alrededor del 40% de las emisiones globales de PM<sub>2.5</sub> antropogénicas, de estas alrededor del 80% proviene del uso de combustibles sólidos para cocina y calefacción.<sup>20</sup>

### 1.2.3 Guías de calidad del aire de la OMS

Debido a la amenaza que representa el PM y otros contaminantes, la OMS ha elaborado guías de calidad del aire con el objetivo de ofrecer orientación sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación en la salud<sup>21</sup>. (Cuadro 2)

## CUADRO 2

### GUÍAS DE CALIDAD DEL AIRE DE LA OMS

Contaminante	Media máxima
PM <sub>2.5</sub>	10µg/m <sup>3</sup> media anual ó 25µg/m <sup>3</sup> media de 24 horas
PM <sub>10</sub>	20µg/m <sup>3</sup> media anual ó 50µg/m <sup>3</sup> media de 24 horas
O <sub>3</sub>	100µg/m <sup>3</sup> , media de 8 horas
NO <sub>2</sub>	40µg/m <sup>3</sup> media anual ó 200µg/m <sup>3</sup> media de una hora
SO <sub>2</sub>	20µg/m <sup>3</sup> media de 24 horas ó 500µg/m <sup>3</sup> media de 10 minutos

**Fuente:** Elaboración propia con datos de Guías de la calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. 2006.

<sup>19</sup> Claudio Vargas. *Efectos de la fracción gruesa (PM<sub>10-2.5</sub>) del material particulado sobre la salud humana*. (Santiago, Chile: Ministerio de Salud, 2011), 10.

<sup>20</sup> WHO. *Health risk assessment of air pollution, 2*.

<sup>21</sup> Organización Mundial de la Salud OMS. *Guías de la calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005*. (Ginebra, Suiza: OMS., 2006), 5.

Sin embargo las mediciones de PM en hogares que utilizan combustibles de biomasa sin chimeneas eficaces se encuentran entre diez y cien veces más altas de lo recomendado en las guías.<sup>22</sup>

#### 1.2.4 Uso de leña en Guatemala

De acuerdo con datos de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) el 86% de la población centroamericana que depende de la leña como fuente energética, se concentra en Guatemala, Nicaragua y Honduras, países que también poseen la mayor porción de población en la región (63% del total) y el menor nivel de desarrollo.<sup>23</sup>

En Guatemala, las necesidades energéticas de los hogares son cubiertas dependiendo de diversos aspectos como: la ubicación geográfica, el tipo de población (urbana o rural) y la más importante la indisponibilidad diaria de divisas en los hogares, esencialmente en los rurales y urbanos marginales, que raramente utilizan combustibles no contaminantes. Es probable que debido a la suma de estos factores, actualmente Guatemala tenga la mayor dependencia energética de leña en Centroamérica, aún por encima de Nicaragua y Honduras.<sup>24</sup>

Datos previos al año 2010, sobre el consumo de leña en Guatemala indican que alrededor del 50% de la población la utiliza como fuente de energía en el hogar: CEPAL 2002, 57.3%;

---

<sup>22</sup> Kirk R. Smith. Et.Al. "Effect of reduction in household air pollution on childhood pneumonia in Guatemala (RESPIRE): a randomized controlled trial." *Lancet*. 378. (2011): 1 717-1 726.

<sup>23</sup> Instituto Nacional de Bosques, 17.

<sup>24</sup> *Ibidem*.

Programa Estratégico Regional para el manejo de Ecosistemas Forestales (PERFOR), 2004 65%; Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) 2009, 47%.<sup>25</sup>

En el *Estudio de oferta y demanda de leña en Guatemala* realizado por el Instituto Nacional de Bosques (INAB), el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés), en 2010 se determinó que de 2 858 423 hogares, el 69%, es decir 1 992 430 hogares, utilizaron leña para cubrir sus necesidades energéticas. Entre otros datos relevantes también se determinó que el 85% del consumo residencial de leña se dio en hogares del área rural y que los departamentos con mayor consumo general fueron Huehuetenango, San Marcos, Quiché y Alta Verapaz.<sup>26</sup>

En la *Encuesta nacional del consumo de leña en hogares y pequeña industria en Guatemala* realizada a petición de la CEPAL en el año 2011, se encontró un consumo residencial de leña mayor al descrito en otros estudios: 89.1%.<sup>27</sup>

De cualquier manera los datos exactos relacionados con la oferta y el consumo de leña siguen siendo inciertos en Guatemala como en cualquier país debido a la falta de encuestas detalladas, información dispersa, definición variable en unidades de medida,

---

<sup>25</sup> *Ibidem.*

<sup>26</sup> *Ibidem*, 23-28.

<sup>27</sup> Corporación para el desarrollo, innovación y soluciones estratégicas AKIANTO. *Encuesta nacional de leña: Consumo de leña en hogares y pequeña industria en Guatemala*. (Guatemala: Comisión Económica para América Latina, 2011), 35.

falta de control de las autoridades y un alto porcentaje de leña comercializada ilegalmente.<sup>28</sup>

#### a. Estufas de leña

Como se mencionó previamente, además de la combustión de la leña en sí, existen otros parámetros que condicionan los efectos sobre la salud de las personas, uno de ellos es el tipo de estufa utilizada.<sup>29</sup>

En Guatemala, existen diferentes tipos de estufas disponibles, pero según datos de la encuesta de la CEPAL, aproximadamente el 91% de los hogares, que utilizan leña, emplean como estufa el llamado *poyo con tres piedras*, que permanece encendido un promedio de 3 a 6 horas al día en el 79.3% de las casas, y las 24 horas en un 20.7%.<sup>30</sup>

Si bien en un 82.2% de los hogares cuentan con un ambiente exclusivo para la cocina, en el 24.8% se acostumbra a comer alrededor de la estufa. Además en el 77.4% de los hogares la persona que se mantiene más cerca del fuego es la madre/ama de casa sin contar que un 35% de ellas aún carga a los niños en la espalda hasta que cumplen los 2 años de edad.<sup>31</sup>

La única manera de disminuir el impacto sobre la salud significativamente es eliminando el aire contaminado, una

---

<sup>28</sup> Energía sin Fronteras. Et.Al. *Análisis del mercado de estufas y combustibles de Guatemala*. (Madrid, España: Energía sin Fronteras, 2013), 30.

<sup>29</sup> Smith. *Uso doméstico de leña en los países en desarrollo*, 1 717-1 726.

<sup>30</sup> AKIANTO, 35.

<sup>31</sup> *Ibíd.*

estrategia para este fin es el uso de combustibles no contaminantes. En el país del 98.1% de los hogares que tienen un consumo permanente de leña durante todo el año, solamente el 37% considera el uso de gas propano combustible alterno, mientras el 57.3% no sabe que puede utilizar para sustituir la leña.<sup>32</sup>

Debido a que un fogón típico emite el mismo humo que 400 cigarrillos y expone a un número mayor de personas y niños a la contaminación, las estufas con chimenea o *mejoradas* deben considerarse una solución intermedia. Al parecer el 43,6% de los hogares que tienen consumo residencial de leña cuenta con chimenea para su estufa, la cual en la mayoría de los casos se encuentra elaborada de lámina (35.9%) y tubos de cemento (25.85%), entre otros materiales.<sup>33</sup>

#### **b. Control de emisiones**

En Guatemala, se realizan controles de las emisiones de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>, gases que contribuyen al efecto invernadero. En el año 2010 la combustión de leña fue la principal fuente de emisiones en comparación con otros productos energéticos; representando el 64% del total, y la mayoría de este porcentaje derivó del consumo residencial.<sup>34</sup>

---

<sup>32</sup> *Ibíd*em, 56.

<sup>33</sup> *Ibíd*em, 59.

<sup>34</sup> Instituto Nacional de Estadística INE. Et.Al. *Sistema de contabilidad ambiental y económica de Guatemala 2001-2010. Compendio estadístico Guatemala*. Guatemala: Instituto Nacional de Estadística, 2013.

**CUADRO 3**

**EMISIONES PRODUCIDAS POR LEÑA Y OTROS PRODUCTOS ENERGÉTICOS EN TONELADAS EQUIVALENTES DE CO<sub>2</sub> GUATEMALA 2010**

Emisiones por tipo de gas	Productos que generan las emisiones	Actividades económicas (Manufactura)	Actividades en el hogar	Total
CO <sub>2</sub>	Leña	4 402.9	<b>23 303.8</b>	27 706.8
	Otros*	15 530.5	2 254.6	17 785
N <sub>2</sub> O	Leña	48.7	<b>258</b>	306.8
	Otros	86.5	5.1	91.4
CH <sub>4</sub>	Leña	110.3	<b>4 494.3</b>	4 604.6
	Otros	147.2	21.2	168.5
<b>Total General</b>				<b>50 663.10</b>

\*Petróleo crudo, gas natural, otros minerales no metálicos, gasolina, diesel, combustible para calderas, queroseno, gases de petróleo, etc.

**Fuente:** Elaboración propia con datos tomados de Instituto Nacional de Estadística. Et.Al. Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica de Guatemala 2001-2010. 2013.

### 1.2.5 Otros tipos de biomasa

Después de la leña, los tipos de biomasa más utilizados son los residuos de la cosecha, el excremento de animales y el carbón vegetal. La combustión de estos materiales (al igual que la combustión de leña) resulta en la emisión de una gran cantidad de contaminantes diversos y partículas de tamaño variable, lo que hace difícil establecer la toxicidad producida por cada tipo específico de biomasa.<sup>35</sup>

A pesar de ello, se han llevado a cabo algunas investigaciones, como la realizada por Smith et al en el año 2000, dónde se estudiaron las emisiones de los principales tóxicos derivados de diferentes combustibles utilizados para cocinar en la

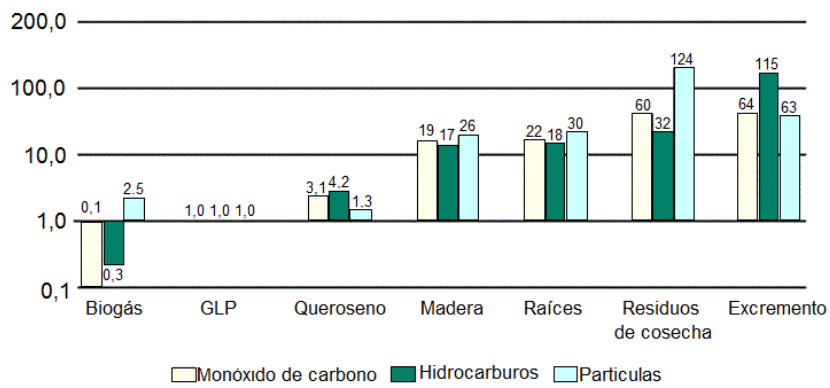
---

<sup>35</sup> Stephen B. Gordon Et.Al. "Respiratory risk from household air pollution in low and middle income countries." *The Lancet Respiratory Medicine*. 2. (septiembre 2014): 823-860.

India, y se compararon con las emisiones del combustible limpio más fácilmente disponible: el gas licuado de petróleo (GLP), que es básicamente una mezcla de gases propano y butano.<sup>36</sup>

### GRÁFICA 3

#### EMISIONES CONTAMINANTES DE LOS COMBUSTIBLES DOMÉSTICOS EN RELACIÓN A LAS UNIDADES DE ENERGÍA SUMINISTRADAS A LA OLLA DE COCCIÓN\* INDIA AÑO 2000



\*Los valores se muestran como gramos por Mega Joule (g/MJ) de energía entregada a la olla de cocción.

**Fuente:** Adaptado de *Household fuels and ill-health in developing countries: What improvements can be brought by LP Gas?*. 2005.

Al parecer los residuos de la cosecha y el excremento de animal, son los combustibles domésticos más contaminantes, sin embargo de acuerdo con un estudio realizado por Mudway Et.Al., las partículas finas derivadas de la quema del excremento de animal tienen una actividad altamente oxidativa, por lo que la combustión del excremento en relación a otros combustibles, es particularmente tóxica.<sup>37</sup>

<sup>36</sup> Kirk R. Smith. Et.Al. *Household fuels and ill-health in developing countries: What improvements can be brought by LP Gas?*. (Berkeley, California, United States of America: University of California, 2005), 23.

<sup>37</sup> Ian S. Mudway. Et.Al. "Combustion of dried animal dung as biofuel results in the generation of highly redox active fine particulates." *Particle and Fibre Toxicology*. 2-6. (octubre 2005): 1-11.

En cuanto al carbón vegetal, este es considerado un combustible relativamente limpio por lo que su uso puede ir en aumento en algunos países en desarrollo, especialmente en el África urbana, mientras que el consumo de leña y otros tipos de biomasa desciende lentamente. El carbón vegetal, sin embargo, puede implicar otros tipos de riesgos para la salud debido principalmente a la producción de monóxido de carbono (CO), así como repercusiones forestales.<sup>38</sup>

### 1.2.6 Respuesta actual ante la contaminación del aire en el hogar

Según el Banco Mundial, sin un cambio sustancial de las políticas, el número de personas que dependen de combustibles sólidos se mantendrá sin cambios hasta el año 2030, lo que supone una pesada carga para el desarrollo sostenible.<sup>39</sup>

Algunas de las intervenciones propuestas por la OMS, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la *Global Alliance for Clean Cookstoves* (Alianza Global de Estufas Limpias para Cocinar) para la disminución de la CAH incluyen el uso de estufas mejoradas y combustibles más limpios, mejorar la ventilación del hogar, brindar mayor educación a los individuos para mantenerlos alejados de los fogones y fomentar cambios en las políticas reguladoras o financieras, con la intención de mejorar el acceso a las cocinas avanzadas o combustibles.<sup>40</sup>

---

<sup>38</sup> Smith. *Uso doméstico de leña en los países en desarrollo*, 1 717-1 726.

<sup>39</sup> Organización Mundial de la Salud OMS. *Contaminación del aire de interiores y salud*. 2016. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/es/> (12 de marzo de 2016).

<sup>40</sup> Organización Mundial de la Salud OMS. *Nuevas directrices de calidad del aire en los hogares: El uso de combustibles sólidos para cocinar en las Américas. Taller Regional aire limpio, vida saludable*. (Tegucigalpa, Honduras: OMS., 2015), 3, 4.



No es probable que una intervención tenga éxito a nivel mundial, debido a las diferencias en las prácticas de cocina, la disponibilidad de combustible y las estructuras de vivienda. Una mayor comprensión de los aspectos conductuales, sociales, económicos y tecnológicos de estas intervenciones puede ayudar a optimizar la reducción de la exposición y mejorar la salud.<sup>41</sup>

### 1.3 Fisiología respiratoria en pediatría

#### 1.3.1 La respiración

La respiración es la principal función del pulmón, pues proporciona oxígeno a los tejidos y retira el CO<sub>2</sub>, manteniendo de esta manera el nivel normal de oxígeno, CO<sub>2</sub>, y pH arterial.<sup>42</sup> Para que dicha función se cumpla, se requiere de un complejo mecanismo que para efectos prácticos se puede dividir en cuatro aspectos: ventilación pulmonar; difusión de oxígeno y CO<sub>2</sub> entre los alvéolos y la sangre; transporte de oxígeno y de CO<sub>2</sub> en la sangre y los líquidos corporales hacia las células de los tejidos corporales y desde las mismas; y regulación de la ventilación.<sup>43</sup>

##### a. Ventilación pulmonar

Se refiere al flujo de entrada y salida de aire entre la atmósfera y los alvéolos pulmonares.<sup>44</sup> Para ello se requiere de

---

<sup>41</sup> Deborah Havens. Et.Al. "Strategies for reducing exposure to indoor air pollution from household burning of solid fuels: effects on acute lower respiratory infections in children under the age of 15 years. Intervention protocol." *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 9. (2015): 1-10.

<sup>42</sup> Jeremy Hull. Et.Al. *Paediatric respiratory medicine*. Oxford, England: Oxford University Press, 2015.

<sup>43</sup> Arthur C. Guyton y John E. Hall. *Tratado de fisiología médica*. (Barcelona, España: ElSevier, 2011), 465.

<sup>44</sup> *Ibídem*.

una función adecuada de la bomba respiratoria (músculos y caja torácica), de las propiedades mecánicas de la vía aérea y de las unidades de intercambio gaseoso (retroceso elástico, volúmenes, distensibilidad, flujo, resistencia, presión, entre otras).<sup>45</sup>

### 1) Mecánica de la ventilación pulmonar

El pulmón es una estructura elástica que se colapsa como un globo y expulsa todo su aire si no existe una fuerza que lo mantenga insuflado. No tiene uniones con las paredes de la caja torácica, excepto en el punto en el que está suspendido del mediastino por el hilio. El pulmón por lo tanto flota en la cavidad torácica, rodeado por una fina capa de líquido pleural que lubrica sus movimientos en el interior de la cavidad. Los pulmones se pueden expandir y contraer de dos maneras:

- Por el movimiento hacia abajo y hacia arriba del diafragma para alargar y acortar la cavidad torácica.
- Por elevación y descenso de las costillas para aumentar y disminuir el diámetro anteroposterior de la cavidad torácica.<sup>46</sup>

### 2) Volúmenes pulmonares

Se han utilizado términos descriptivos para subdividir el volumen pulmonar en un número de fracciones relacionadas con la función normal. Cada subdivisión se denomina volumen, mientras que cada combinación de dos o

---

<sup>45</sup> Marco Antonio Reyes. Et.Al. *Neumología pediátrica: Infección, alergia y enfermedad respiratoria en el niño*. (Bogotá, Colombia: Editorial Médica Internacional, 2006), 12, 13.

<sup>46</sup> Guyton, 469.

más volúmenes se denomina capacidad<sup>47</sup> y son los siguientes:

- **Volumen corriente (VC)**

Aire inspirado o exhalado en cada respiración normal. En niños es de 6 a 7cc/kg.

- **Volumen de reserva inspiratoria (VRI)**

Cantidad adicional de aire que puede ser inspirado por encima del VC.

- **Volumen de reserva espiratoria (VRE)**

Cantidad adicional de aire que se puede exhalado por encima del VC.

- **Volumen residual (VR)**

Aire que queda en los pulmones después de una espiración máxima. En niños es de 20cc/kg.

- **Capacidad inspiratoria (CI)**

Es la cantidad de aire se puede inspirar, desde el nivel espiratorio normal hasta la máxima cantidad

- **Capacidad residual funcional (CRF)**

Es la cantidad de aire que queda en los pulmones después de una espiración normal. Representa el punto de equilibrio entre la contracción elástica de los pulmones y la contracción elástica de la caja torácica. En el niño, este volumen es mayor comparado con el adulto: 30cc/kg.

---

<sup>47</sup> Lynn M. Taussig. Et.Al. *Pediatric respiratory medicine*. (Philadelphia, United States of America: Mosby ElSevier, 2008), 83-88.

- **Capacidad vital (CV)**

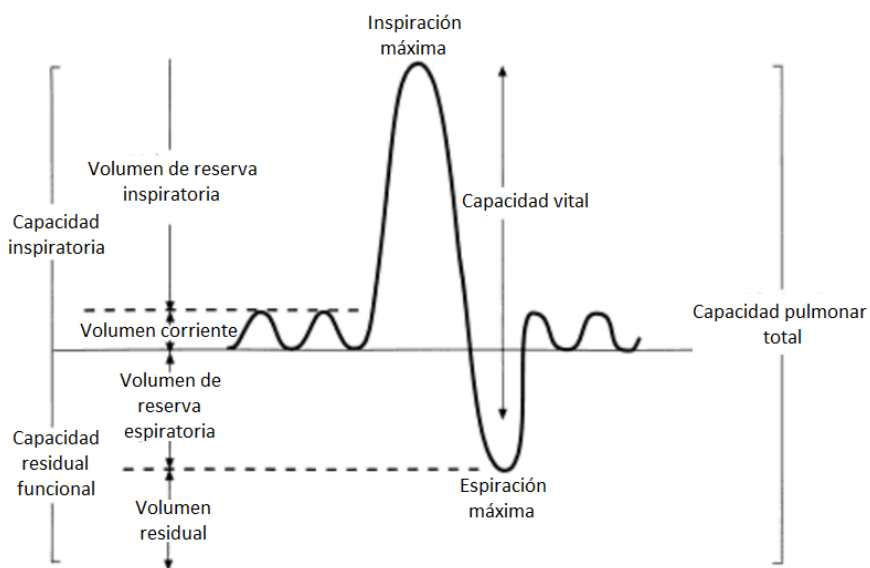
Es el volumen máximo exhalado después de una inspiración máxima. En niños es de 40 a 55cc/kg.

- **Capacidad pulmonar total (CPT)**

Es el volumen de aire después de una inspiración máxima. En el niño es de más o menos 65 a 70cc/kg.<sup>48</sup>

## GRÁFICA 4

### VOLÚMENES Y CAPACIDADES PULMONARES



**Fuente:** Neumología pediátrica: Infección, alergia y enfermedad respiratoria en el niño. 2006.

### 1.3.2 Medición de la función pulmonar

Las pruebas de función pulmonar se utilizan para medir los volúmenes pulmonares, los patrones de resistencia del flujo de aire, y la eficiencia del intercambio gaseoso. Las indicaciones generales

<sup>48</sup>Guyton, 469, 470. Reyes, 12, 13. Taussig, 83-88.

para realizar pruebas de la función pulmonar en los niños son diagnóstico, caracterización o cuantificación del deterioro de la función pulmonar; seguimiento de enfermedades crónicas (por ej., fibrosis quística, asma, enfermedades neuromusculares); establecimiento de la eficacia de la intervención terapéutica y evaluación del riesgo de una intervención, en caso de que el paciente necesite anestesia, quimioterapia, etc.<sup>49</sup>

Entre los estudios que se utilizan con mayor frecuencia en niños en edad escolar (a partir de los 5 o 6 años) están la espirometría, medición del Flujo Espiratorio Máximo (Peak Flow), pletismografía, medición de la difusión de gases y oximetría.<sup>50</sup>

#### **a. Espirometría**

La espirometría, es el pilar de la mayoría de los protocolos de evaluación de la función pulmonar pediátrica, se utiliza para estudiar la ventilación pulmonar al medir los volúmenes pulmonares dinámicos y las tasas de flujo durante las maniobras de ventilación forzada.<sup>51</sup> Se realiza principalmente en escolares y adolescentes aunque en los últimos años también en niños en edad pre-escolar (3 a 5 años).<sup>52</sup>

---

<sup>49</sup> Ernst Eber y Jürg Hammer. *Paediatric pulmonary function testing*. Basel, Switzerland: Karger, 2005. Daniel Cebujl Navarrete. Et.Al. "Función pulmonar en niños sanos de 7 y 8 años de las comunas de Cerro Navia y Los Andes expuestos a diferentes niveles de contaminación por MP<sub>10</sub>." *Salud Uninorte*. 27-2. (septiembre 2011): 198-202.

<sup>50</sup> Robert Dinwiddie. "Lung function in paediatrics. Lung function testing in children." *Allergologia et inmunopahologia*. 38-2. (marzo 2010): 88-91.

<sup>51</sup> Danielle Belgrave. Et.Al. "Trajectories of lung function during childhood." *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 189-9. (mayo 2014): 1 101-1 109.

<sup>52</sup> Solagne Caussade. Et.Al. "Valores espirométricos en niños y adolescentes chilenos sanos." *Revista Médica de Chile*. 143. (agosto 2015): 1 386-1 394.

La espirometría se lleva a cabo utilizando un espirómetro, dispositivo especial que registra la cantidad de aire que un sujeto inhala o exhala así como la velocidad a la cual dicho aire es desplazado hacia fuera o dentro del pulmón. Los espirogramas son trazos o registros de la información obtenida con el examen. La prueba espirométrica más común requiere que la persona realice una *maniobra espiratoria forzada* en la que exhale tan fuerte como pueda, después de una inspiración profunda. Las tres mediciones de la espirometría que son de particular utilidad son la Capacidad Vital Forzada (CVF) y el Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo ( $VEF_1$ ), así como la relación entre ambos ( $VEF_1/CVF$ ).<sup>53</sup>

La CVF es el volumen máximo de aire exhalado con un esfuerzo máximo forzado desde una inspiración máxima. El  $VEF_1$  es el volumen máximo de aire espirado en el primer segundo de una espiración forzada desde una posición de plena inspiración. La espirometría no mide por tanto el VR ni la CRF.<sup>54</sup>

Otra medición obtenida en la espirometría es el Flujo Espiratorio Forzado entre el 25 y 75% de la CVF ( $FEF_{25-75}$ ) que se utiliza de forma secundaria pues presenta gran variabilidad y dependencia de la CVF. No obstante es un parámetro más útil que el  $VEF_1$  en la enfermedad pulmonar inicial ya que constituye un índice precoz y sensible de patología en la vía aérea

---

<sup>53</sup> Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades e Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias. *Guía NIOSH sobre entrenamiento en espirometría*. (México: Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, 2007), 22, 27.

<sup>54</sup> M. Miller. Et.Al. "Series ATS/ERS task force: Standardization of lung function testing. Standardization of spirometry." *European Respiratory Journal*. 26-2. (2005): 319-338.

pequeña en niños, debido a que la fuerza de retracción y elástica pulmonar es mayor en infantes que en adultos.<sup>55</sup>

La interpretación de la espirometría se basa en la comparación de los valores obtenidos por el paciente con los que teóricamente le corresponderían a un individuo sano de sus mismas características. El patrón de referencia tiene un incremento progresivo hasta alcanzar la edad adulta, diferente entre poblaciones, dependiendo de la talla, edad, género y raza, que se determina a partir de unas ecuaciones de predicción.<sup>56</sup>

Debido a la variabilidad entre poblaciones no existe un consenso universal acerca de un patrón de referencia específico para utilizar, por lo que debería emplearse aquella ecuación creada en base a estudios con poblaciones similares al individuo en el que se va a aplicar. Algunos ejemplos de ecuaciones utilizadas en espirometría pediátrica son las de *Polgar, Casan, Knudson, Gutiérrez, Global Lung Function Initiative Quanjer* (GLI, Iniciativa Global de la Función Pulmonar), *Third National Health and Nutrition Examination Survey* (NANHES III, Tercera Encuesta Nacional de Salud y Nutrición) y *European Respiratory Society* (ERS, Sociedad Respiratoria Europea), entre otras.<sup>57</sup>

En términos generales independientemente del patrón de referencia utilizado, para niños y adultos, los porcentajes de

---

<sup>55</sup> Fernando Paz C. "Respuesta broncodilatadora en niños asmáticos." *Neumología Pediátrica*. 9-2. (julio 2014): 51-54.

<sup>56</sup> Felip Burgos. Et.Al. *Normativa sobre la espirometría*. (Barcelona, España: Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica, 2013), 22.

<sup>57</sup> Caussade. *Valores espirométricos en niños y adolescentes chilenos sanos*. Phillip H. Quanjer. *All about spirometry: Comparación de valores predichos para espirometría*. [http://www.spirxpert.com/gli-esp/gli\\_comparison.html](http://www.spirxpert.com/gli-esp/gli_comparison.html) (25 de abril de 2016).

normalidad para la CVF y VEF<sub>1</sub> se sitúan en el 80% lo que permite clasificar los patrones anormales de los pacientes en obstructivos y restrictivos (Cuadro 4).<sup>58</sup>

#### **CUADRO 4**

### **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ESPIROMETRÍA**

<b>Interpretación</b>	<b>CVF</b>	<b>VEF<sub>1</sub></b>	<b>VEF<sub>1</sub>/CFV%</b>
Espirometría normal	Normal	Normal	Normal
Obstrucción	Baja o normal	Bajo	Bajo
Restricción	Baja	Bajo	Normal

**Fuente:** Adaptado de Guía NIOSH sobre entrenamiento en espirometría. 2007.

Sin embargo, la espirometría debe interpretarse valorando, no sólo las determinaciones absolutas de los flujos y volúmenes obtenidos, sino la forma y trazado de las curvas espirométricas.<sup>59</sup>

#### **1) Patrones Obstructivos**

Son aquellos que tienen una disminución de los flujos espiratorios. La relación entre el VEF<sub>1</sub>/CVF está por debajo de la esperada. (Gráfica 5)<sup>60</sup> Estos patrones se presentan en patologías que afectan las vías aéreas causando estrechamiento u obstrucción, algunos ejemplos son

---

<sup>58</sup> Eduardo González Pérez-Yarza. Et.Al. *La función pulmonar en el niño: Principios y aplicaciones*. (Madrid, España: Ergon, 2007), 56.

<sup>59</sup> Santos Liñán Cortés. Et.Al. *Exploración funcional respiratoria. Protocolo*. (Barcelona, España: Asociación Española de Pediatría, 2008), 7.

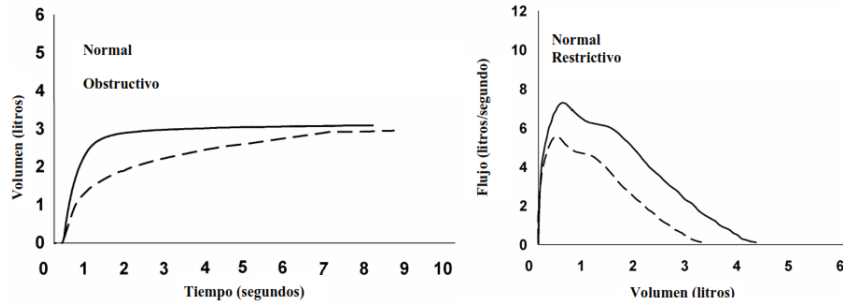
<sup>60</sup> María Gabriela Figueroa. Et.Al. "Laboratorio de función pulmonar" *Revista Médica Clínica Las Condes*. 26-3. (abril 2015): 376-386.



bronquitis, bronquiolitis, bronquiectasias, asma y fibrosis quística.<sup>61</sup>

## GRÁFICA 5

### PATRONES NORMAL Y OBSTRUCTIVO EN CURVAS DE VOLUMEN-TIEMPO Y FLUJO-VOLUMEN



**Fuente:** Adaptado de Guía NIOSH sobre entrenamiento en espirometría. 2007.

## 2) Patrones Restrictivos

Son aquellos en los cuales los volúmenes están restringidos. En estos trastornos la CVF está disminuida con una relación  $VEF_1 / CVF$  normal. (Gráfica 6)<sup>62</sup> Los patrones restrictivos corresponden a enfermedades que impiden la expansión adecuada de los pulmones dificultando la captación de oxígeno y la liberación de  $CO_2$ . Algunas patologías en las que se presentan dichos patrones son: enfermedades pulmonares intersticiales (fibrosis pulmonar idiopática, sarcoidosis, etc.), resecciones pulmonares, alteraciones de la caja torácica, enfermedades neuro-

---

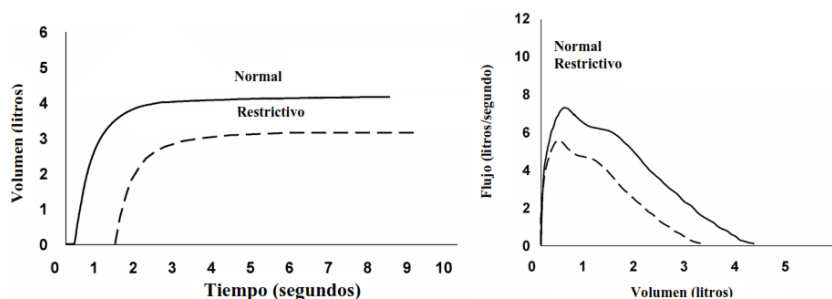
<sup>61</sup> Edwin L. Kending. Et.Al. *Disorders of respiratory tract in children*. (Philadelphia, United States of America: ElSevier, 2012) 168-185.

<sup>62</sup> Figueroa, 376-386.

musculares, patología pleural, patología diafragmática e insuficiencia cardiaca.<sup>63</sup>

## GRÁFICA 6

### PATRONES NORMAL Y RESTRICTIVO EN CURVAS DE VOLUMEN-TIEMPO Y FLUJO-VOLUMEN



**Fuente:** Adaptado de Guía NIOSH sobre entrenamiento en espirometría. 2007.

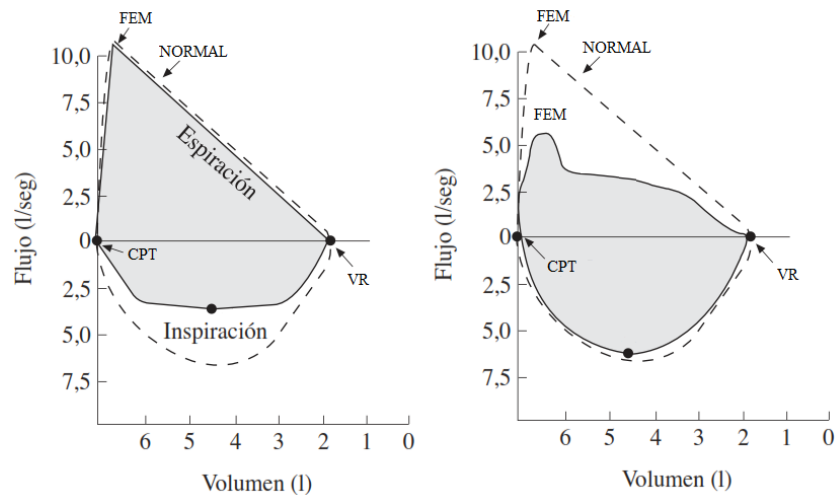
#### b. Flujo Espiratorio Máximo (FEM)

En la curva flujo-volumen de la espirometría puede valorarse también el Flujo Espiratorio Máximo (FEM o *Peak Flow*, en inglés) que corresponde al flujo máximo obtenido durante la espirometría forzada. Se consigue al haber expirado el 75-80% de la capacidad pulmonar total, dentro de los primeros 100 milisegundos (ms) de espiración forzada) y se expresa en litros/minuto (l/min), litros/segundo (l/seg) o como porcentaje de su valor de referencia.<sup>64</sup>

<sup>63</sup> Kending, 168-185.

<sup>64</sup> Roberto Cano Zárate. "Flujometría. Automonitorización del asma en el paciente pediátrico. Revisión sistemática." *Alergia, Asma e Inmunología Pediátricas*. 22-1. (enero-abril 2013): 11-18.

## GRÁFICA 7 FEM EN CURVA FLUJO-VOLUMEN NORMAL Y CON PATRÓN OBSTRUCTIVO



**Fuente:** La función pulmonar en el niño: Principios y aplicaciones. 2007.

El FEM igualmente puede ser medido con dispositivos portátiles conocidos como flujómetros o medidores del FEM y es aceptado como una medida independiente de la función pulmonar, ya que refleja el estado de las vías aéreas de gran calibre, lo que es útil en la detección precoz de obstrucción de la vía aérea, y monitorización de neumopatías obstructivas como el asma bronquial. Además se utiliza en el seguimiento de la progresión y la respuesta al tratamiento de la enfermedad.<sup>65</sup>

### 1) Consideraciones de la medición

La medición del FEM deber ser realizada por una persona con conocimientos en enfermedades respiratorias, manejo del medidor del FEM, desarrollo de la prueba, evaluación e interpretación de los resultados, así como habilidades de comunicación y atención a los usuarios.

<sup>65</sup> J. Miguel Gomara Perelló y M. Román Rodríguez. "Medidor de Peak-flow: técnica de manejo y utilidad en atención primaria." *MEDIFAM*. 12-3. (marzo 2002): 206-213.

El equipo requerido en la prueba incluye medidor del FEM, báscula, tallímetro y boquillas indeformables. El medidor del FEM, es un aparato formado por un armazón de plástico, generalmente cilíndrico o rectangular de unos 15 centímetros de longitud. En uno de los extremos tiene una abertura, dónde se coloca una boquilla por la que sopla el paciente.<sup>66</sup>

En su interior posee un mecanismo de pistón-fuelle o de aspa, que se desplaza con la fuerza del aire espirado. Este mecanismo está unido a una ranura con escala en el exterior del aparato, que marca el flujo máximo alcanzado durante la espiración. La escala se gradúa en l/min, y oscila entre los 100 y los 800-900 l/min en adultos y 60-400 l/min en niños.<sup>67</sup>

La *American Thoracic Society* (ATS, Sociedad Americana del Tórax), dentro de sus normativas sobre espirometría, ha recomendado unos estándares de funcionamiento para estos aparatos:

- Precisión de los flujos entre 0 y 900 l/min a 15 l/seg, dando lecturas dentro del 10% o de 10 l/min del verdadero valor medido mediante espirómetro.
- La diferencia entre dos maniobras no debe superar el 3% o 10 l/min (repetibilidad).

---

<sup>66</sup> Agustín Frades Rodríguez y Valentín López Carrasco. *Pico flujo espiratorio máximo: Peak Flow. Protocolo*. Madrid, (España: Sociedad española de alergología e inmunología clínica, 2013) 8.

<sup>67</sup> Gomara Perelló, 206-213.

- La variabilidad entre los aparatos debe ser menor del 5% o 20 l/min (reproductibilidad).<sup>68</sup>

Existen diferentes tipos de medidores del FEM, todos ellos se caracterizan por ser livianos, portátiles y sencillos en su uso. También pueden utilizarse medidores portátiles electrónicos, entre sus ventajas, obvian la necesidad de registro manual de los valores, aumentan la exactitud del registro y graban el momento del día en el que se realiza la maniobra. Algunos pueden incluso medir valores de VEF<sub>1</sub> y CVF, su principal inconveniente es su alto precio.<sup>69</sup>

## 2) Técnica de medición del FEM y VEF<sub>1</sub>

El paciente debe colocarse de pie sujetando correctamente el medidor del FEM/VEF<sub>1</sub>, evitando que la mano interfiera con el recorrido de la escala del aparato, verificando previamente que el indicador se encuentre en cero.<sup>70</sup>

Inicialmente debe realizar una inspiración normal, luego una inspiración forzada y proceder a situar la boquilla entre los labios, sellándolos alrededor de la misma, evitando toser y que la lengua obstruya el orificio del dispositivo. Hecho esto debe realizar una espiración forzada de no más de 1 o 2 segundos, mientras sostiene el aparato horizontalmente.<sup>71</sup>

---

<sup>68</sup> Miller, 319-338.

<sup>69</sup> Gomara Perelló. 206-213.

<sup>70</sup> Cano Zárate, 11-18.

<sup>71</sup> *Ibidem*.

El paciente debe repetir la maniobra dos veces más (tres veces en total) con un intervalo de separación de 3 minutos entre cada una, y al finalizar se tomará el mejor valor obtenido (el más alto de entre las tres lecturas).<sup>72</sup>

### 3) Interpretación de los resultados

EL FEM es un parámetro dependiente del esfuerzo coordinado voluntario, de la fuerza muscular, del calibre de las vías aéreas, del volumen pulmonar y de las características viscoelásticas del pulmón; además mantiene un ritmo circadiano con valores menores por la noche y al levantarse; y mayores por la tarde.<sup>73</sup>

Valores del 80% al 100% del predicho se interpretan como normales, mientras porcentajes inferiores indican obstrucción. Se sabe que los valores de normalidad del FEM, al igual que los de otras mediciones de la espirometría, son determinados por la edad, el sexo, el peso y la talla del paciente. Aunque existen pocos estudios sobre los valores de referencia del FEM en población general, cada comunidad debería manejar sus propias tablas de referencia o las obtenidas en poblaciones similares. También pueden utilizarse los valores del medidor del FEM a usar, puesto que cada modelo debería tener sus propios valores de referencia.<sup>74</sup>

---

<sup>72</sup> *Ibíd.*

<sup>73</sup> Liñán Cortés, 48.

<sup>74</sup> C. Manjunath. Et.Al. "Peak expiratory flow rate in healthy rural school going children (5-16 years) of Bellur region for construction of normogram." *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 7-12. (diciembre 2013): 2844-2846.

#### 4) Ventajas y desventajas de la medición del FEM

Una de las ventajas de la medición del FEM es que los resultados obtenidos se correlacionan con los valores del VEF<sub>1</sub> de la espirometría, puesto que se considera una prueba altamente sensible con un índice preciso de la obstrucción de las vías respiratorias. Además su realización fatiga menos que la espirometría forzada, es más sencilla de realizar y mejor tolerada. En cuanto al dispositivo, es pequeño, portátil, de uso sencillo, con un mantenimiento técnico mínimo y la interpretación del resultado es simple.<sup>75</sup>

Entre sus desventajas destaca que no puede sustituir por completo a la espirometría, pues no proporciona información de las vías aéreas de pequeño calibre, tampoco es útil en los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Y al ser dependiente de esfuerzo y de una correcta técnica de realización, puede ser menos valorable en niños muy pequeños o en ancianos, además de ser susceptible de simulación por parte del paciente.<sup>76</sup>

##### c. Pletismografía corporal completa

Permite la medición de volúmenes, capacidades y resistencias pulmonares, siendo una técnica compleja, bien estandarizada y ampliamente utilizada en neumología pediátrica. Determina la CRF, con lo que, se extrapolan el VR y la CPT, necesarios para el diagnóstico de patología restrictiva. Para el diagnóstico de patología obstructiva determina la

---

<sup>75</sup> Ivan Pávic. Et.Al. "The effects of parental smoking on anthropometric parameters, peak expiratory flow rate and physical condition in school children." *Collegium Antropologicum*. 38-1. (2014): 189-194.

<sup>76</sup> Frades Rodríguez, 13.

resistencia total, (resistencia de la pared torácica, tejido pulmonar y vía aérea), y la resistencia específica, un parámetro estable que corresponde al producto de la resistencia de la vía aérea por la CRF.<sup>77</sup>

#### **d. Técnicas de difusión de gas**

Las técnicas de difusión miden la capacidad del aparato respiratorio para realizar el intercambio gaseoso y así diagnosticar la disfunción de la unidad alvéolo-capilar. El parámetro más importante a evaluar es la capacidad de difusión del monóxido de carbono (CO). Principalmente se produce un aumento de la transferencia de CO en las enfermedades en las que existe un aumento del volumen sanguíneo en los capilares pulmonares; y existe una disminución de la difusión de CO en los pacientes con reducción del volumen alveolar o en los defectos de difusión, ya sea por alteración de la membrana alvéolo-capilar o por disminución del volumen de sangre en los capilares.<sup>78</sup>

#### **e. Oximetría de pulso**

La oximetría de pulso es un método no invasivo que permite la estimación de la saturación de oxígeno de la hemoglobina arterial mediante un sensor transcutáneo que también vigila la frecuencia cardiaca y la amplitud del pulso.<sup>79</sup> Es útil en la monitorización continua de la oxigenación del

---

<sup>77</sup> Inés de Mir Messa. Et.Al. "Pletismografía corporal (I): Estandarización y criterios de calidad." *Anales de Pediatría*. 83-2. (agosto 2015): 136.e1-136.e7.

<sup>78</sup> Antonio Salcedo Posadas. Et.Al. "Medición de la difusión de CO (II): estandarización y criterios de calidad." *Anales de Pediatría*. 83-2. (2015): 137.e1-137.e7.

<sup>79</sup> Héctor Mejía Salas y Mayra Mejía Suárez. "Oximetría de pulso." *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*. 51-2. (2012):149-154.

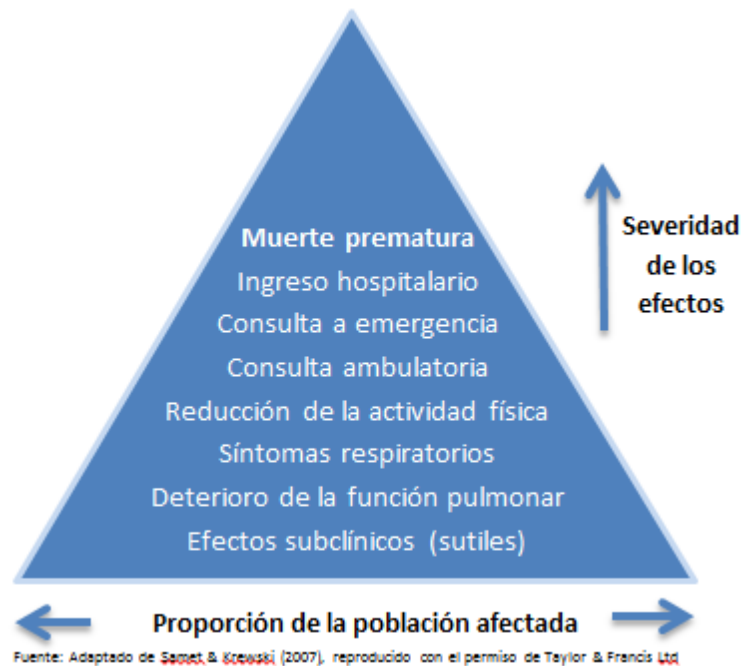


paciente y en condiciones basales, porque es un procedimiento que no produce dolor.<sup>80</sup> Según la OMS la saturación normal del paciente de cualquier edad debe encontrarse por encima del 95% o más, niveles menores indican hipoxia.<sup>81</sup>

#### 1.4 Efectos de la contaminación del aire sobre la salud

La contaminación del aire se asocia a una amplia gama de consecuencias adversas para la salud de la población en general, las cuales van desde efectos subclínicos hasta muerte prematura, como se observa en la Gráfica 8.<sup>82</sup>

**GRÁFICA 8**  
**PIRÁMIDE DE LA SALUD Y LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE**



**Fuente:** *Health risk assessment of air pollution: General principles*. 2016.

<sup>80</sup> Reyes, 63.

<sup>81</sup> Organización Mundial de la Salud OMS. *Manual de oximetría de pulso global*. (Ginebra, Suiza: OMS., 2010), 9.

<sup>82</sup> WHO., *Health risk assessment of air pollution*, 1.

Para determinar el impacto o *carga de la enfermedad* de este factor de riesgo ambiental en comparación con otros, se necesita de un análisis sistemático desde múltiples perspectivas como el estudio *Global Burden of Disease* (GBD, Carga Global de la Enfermedad) 2010.<sup>83</sup> En el GBD se concluyó que las muertes causadas por la contaminación del aire (incluyendo contaminación del aire con PM y CAH), son muy superiores a las muertes atribuibles a otros factores ambientales. De acuerdo con las estimaciones del estudio, en 2010 se relacionaron casi 3.5 millones de muertes sólo a la exposición directa a la CAH, constituyendo así uno de los mayores factores de riesgo para la salud.<sup>84</sup>

El informe del observatorio mundial de la OMS actualizó las estimaciones del GBD, señalando que para el 2012 la CAH causó 4, 3 millones de muertes en el mundo. Entre estas defunciones: 34% se deben a accidente cerebrovascular, 26% a cardiopatía isquémica, 22% a enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), 6% a cáncer de pulmón, y 12% a neumonía. También se ha demostrado relación con cáncer nasofaríngeo y laríngeo, bajo peso, cataratas y tuberculosis.<sup>85</sup>

#### **1.4.1 Vulnerabilidad infantil frente a la contaminación del aire**

Existen grupos poblacionales que son más vulnerables a los efectos producidos por la contaminación del aire, estos incluyen adultos mayores; personas con una enfermedad subyacente, como

---

<sup>83</sup> Gordon, 823-860.

<sup>84</sup> Stephen S. Lim. Et.Al. "A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010." *Lancet*. 380. (2012): 2 224-2 260.

<sup>85</sup> OMS. *Contaminación del aire de interiores y salud*.

asma o enfermedades crónicas respiratorias y cardiovasculares; mujeres embarazadas y niños.<sup>86, 87</sup>

En comparación con los adultos, los niños han mostrado ser más indefensos en este aspecto. Dado a que poseen más años futuros de vida que los adultos, tienen más tiempo para desarrollar enfermedades crónicas que pueden ser desencadenadas por la exposición temprana con largos periodos de latencia.<sup>88</sup>

La contaminación del aire también puede tener efectos inmediatos y duraderos en la salud del niño, incluso desde su nacimiento, esto debido a que en el periodo fetal experimenta un rápido crecimiento y desarrollo de órganos, dónde el medio ambiente materno ayuda a dirigir esto procesos.<sup>89</sup>

La evidencia indica que la exposición de la mujer embarazada al aire contaminado puede provocar nacimientos pretérmino, neonatos con bajo peso o ciertos defectos congénitos. Estos bebés son mucho más propensos a morir en la infancia y los que sobreviven tienen un alto riesgo de padecer problemas cerebrales, respiratorios y digestivos de forma temprana.

Aunado a lo anterior, el impacto en el desarrollo fetal puede ser de gran alcance, ya que los datos sugieren que el retraso en el

---

<sup>86</sup> Karla Yohannssen. Et.Al. "Exposure to fine particles by mine tailing and lung function effects in schoolchildren, Chile." *Journal of Environmental Protection*. 6. (febrero 2015): 118-128.

<sup>87</sup> Shanshan Li. Et.Al. "Panel studies of air pollution on children's lung function and respiratory symptoms: A literature review." *Journal of Asthma*. 49-9. (2012): 895-910.

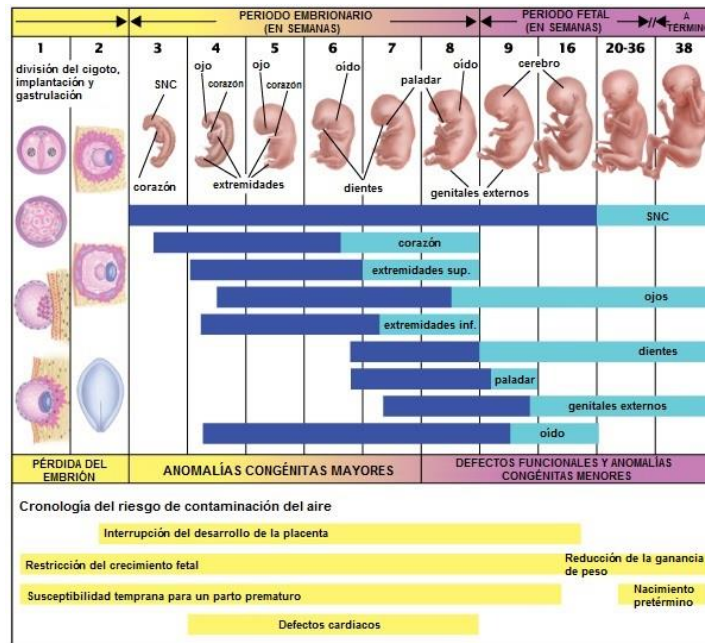
<sup>88</sup> Guang-Hui Dong y Yungling Leo Lee. "Air pollution and health effects in children. Air pollution: Monitoring, modeling and health." *InTech*, 15, (marzo 2012): 337-356.

<sup>89</sup> Beate Ritz y Michelle Wilhelm. *Air pollution impacts on infants and children*. 2008. <http://www.environment.ucla.edu/reportcard/article1700.html> (25 de abril de 2016).

crecimiento y desarrollo intrauterino influyen en el desarrollo de enfermedades cardíacas y diabetes en la edad adulta. (Gráfica 9)<sup>90</sup>

## GRÁFICA 9

### RIESGOS DERIVADOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO PRENATAL



Nota: Las barras azules indican los periodos de tiempo en los que pueden ocurrir las anomalías morfológicas mayores, mientras las barras celestes corresponden a periodos de riesgo para anomalías menores y defectos funcionales.

**Fuente:** *Air pollution impacts on infants and children.* <http://www.environment.ucla.edu/reportcard/article1700.html>. (25 de abril de 2016).

La infancia representa también un período crítico para el desarrollo continuo de varios sistemas biológicos, tales como el cerebro, los pulmones y el sistema inmunológico, que pueden ser afectados por sustancias tóxicas en el aire al reducir la función pulmonar y alterar el desarrollo neurológico o exacerbar las condiciones patológicas existentes, tales como el asma, a las que los niños prematuros será altamente sensibles.<sup>91</sup>




<sup>90</sup> Ibidem

<sup>91</sup> Ibidem.

Además de la inmadurez de varios sistemas, existen otras razones biológicas del porqué los niños pueden ser más susceptibles a los efectos del aire contaminado, una de ellas es que tienen una mayor tasa metabólica, y una superficie pulmonar más grande, por lo que respiran una mayor cantidad de aire (50% más) en relación a su peso corporal.<sup>92</sup> Otra razón es el aumento progresivo en la permeabilidad y reactividad del epitelio respiratorio desde el nacimiento hasta aproximadamente los 6 años, lo que crea ventanas de vulnerabilidad en las que el desarrollo puede ser interrumpido o alterado de forma permanente al respirar toxinas ambientales. (Gráfica 10)<sup>93</sup>

### GRÁFICA 10

#### RIESGOS DERIVADOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN RELACIÓN CON LA ETAPA DE DESARROLLO DEL SISTEMA RESPIRATORIO DEL NIÑO

Etapa: Edad:	Recién nacido 0-2 meses	Lactante/infante 2 meses-2 años	Preescolar 2-6 años	Niño en edad escolar 6-12 años	Adolescente 12-18 años
Desarrollo pulmonar:					
	Desarrollo alveolar				
	Frecuencia respiratoria alta				
Riesgos derivados de la contaminación del aire:	Muerte por causas respiratorias		Incremento del volumen pulmonar		
			Tos crónica y bronquitis		
			Reducción de la función pulmonar		
			Sibilancias y crisis asmáticas		
	Síntomas respiratorios y enfermedad		Ausencias escolares, relacionadas con patología respiratoria		

La exposición a la contaminación del aire ha sido relacionada recientemente con síntomas respiratorios y enfermedad en etapas tempranas de la vida, incluyendo, tos, bronquitis, sibilancias y otitis.

**Fuente:** *Air pollution impacts on infants and children.* <http://www.environment.ucla.edu/reportcard/article1700.html>. (25 de abril de 2016).

<sup>92</sup> *Ibidem.*

<sup>93</sup> *Ibidem.*

### 1.4.2 Efectos de la CAH en el sistema respiratorio

El humo generado en la combustión de leña produce partículas respirables y múltiples contaminantes que pueden alterar los mecanismos de defensa del pulmón como el aclaramiento mucociliar o la función de los macrófagos. Se han descrito diversos mecanismos fisiopatológicos mediante los cuales producirían su efecto los distintos compuestos,<sup>94</sup> en general estos pueden provocar desde inflamación pulmonar hasta daños oxidantes directos en las membranas celulares, aumentar la susceptibilidad a las infecciones respiratorias y alterar el curso clínico de estas.<sup>95</sup>

#### a. De la inflamación al daño oxidativo

El depósito de los componentes de la CAH comienza en la nasofaringe y continúa a lo largo del tracto respiratorio, con filtros en cada nivel para protección de las vías aéreas inferiores; sin embargo el PM<sub>2.5</sub> puede llegar a los alvéolos, y las partículas ultrafinas pueden trasladarse hasta la circulación sistémica.<sup>96</sup>

Secundario a la exposición a los contaminantes, se genera irritación bronquial directa y una respuesta inflamatoria que tiene efectos adversos sobre la función ciliar, el surfactante y la integridad de la barrera epitelial, aumentando el riesgo de invasión bacteriana.<sup>97</sup>

---

<sup>94</sup> Luis Carazo Fernández. Et.Al. "Contaminación del aire y su impacto en la patología respiratoria." *Archivos de Bronconeumología*. 49. (2013): 22-27.

<sup>95</sup> Oluwafemi Oluwole. Et.Al. "Relationship between household air pollution from biomass smoke exposure, and pulmonary dysfunction, oxidant-antioxidant imbalance and systemic inflammation in rural women and children in Nigeria." *Global Journal of Health Science*. 5-4. (marzo 2013): 28-38.

<sup>96</sup> Gordon, 823-860.

<sup>97</sup> Carazo Fernández, 22-27.

Esta respuesta depende de la fuente específica de las partículas (leña, carbón, etc.), del tamaño, la composición y la absorción de moléculas. En la inflamación por exposición aguda al humo de leña, se ha observado una elevación sistémica de la interleucina 8 (IL-8) liberada por los macrófagos alveolares, aumento del óxido nítrico exhalado y malondialdehído entre otras sustancias, así como neutrofilia.<sup>98</sup>

También se da un incremento en la producción de radicales libres (estrés oxidativo),<sup>99</sup> los cuales en condiciones basales, se mantienen reducidos al mínimo junto a otras alteraciones oxidativas, gracias a que el pulmón contiene una dotación de antioxidantes (súper óxido-dismutasa, glutatión).<sup>100</sup>

Sin embargo cuando el aumento de la producción de radicales libres secundarios a la exposición a contaminantes excede la capacidad del sistema antioxidante, se da una mayor inflamación de las vías respiratorias inducida por partículas, así como daño oxidativo (que condiciona alteraciones en el ácido desoxirribonucleico ADN) y deterioro de la función pulmonar.<sup>101</sup>

Debido a la exposición a contaminantes del humo de leña también se puede producir monóxido de carbono, que se une a la hemoglobina, generándose carboxihemoglobina, con la

---

<sup>98</sup> Gordon, 823-860.

<sup>99</sup> Oluwole, 28-38. Stanley Robbins y Ramzi Suliman Cotran. *Patología estructural y funcional*. Barcelona, España: ElSevier, 2010.

<sup>100</sup> Isabel Sada-Ovalle. Et.Al. "Humo de biomasa, inmunidad innata y *Mycobacterium tuberculosis*." *Neumología y Cirugía de Tórax*. 74-2. (abril-junio 2015): 118-126.

<sup>101</sup> Cecilia García-Sancho. Et.Al. "Exposición a humo de leña y tuberculosis en los niños." *Neumología y Cirugía de Tórax*. 72-4. (diciembre 2013): 281-286.

consiguiente reducción en la capacidad de transporte de oxígeno. Asimismo el NO<sub>2</sub> produce alteraciones en el calibre de la vía aérea, en las propiedades viscoelásticas del pulmón y deteriora el intercambio de gases.<sup>102</sup>

## **b. Aumento en la susceptibilidad a las enfermedades respiratorias**

### **1) Altos niveles de glutatión**

Para compensar el estrés oxidativo de las partículas y los contaminantes, el revestimiento epitelial pulmonar produce secreciones que contienen altos niveles del antioxidante glutatión, el cual se regula positivamente después de la exposición al humo de leña. Aunque no hay estudios concluyentes, tales cambios probablemente alteran la respuesta del huésped a la infección por los efectos sobre la opsonización inflamatoria y el reconocimiento de las células apoptóticas.

El *Streptococcus pneumoniae* se basa en el glutatión extracelular para sobrevivir a los insultos oxidativos, por lo que los cambios en los fluidos del revestimiento del epitelio también podrían alterar las respuestas bacterianas.<sup>103</sup>

### **2) Interacción de partículas inertes e infecciosas**

Estudios indican que las partículas no opsonizadas que llegan a los alvéolos podrían tener contacto con los receptores Scavenger o barredores de los macrófagos, lo que permite su fagocitosis; sin embargo, al ser estos los

---

<sup>102</sup> Carazo Fernández, 22-27.

<sup>103</sup> Gordon, 823-860.



mismos receptores que participan en la absorción de bacterias a nivel alveolar, puede presentarse una potencial interacción entre las partículas inhaladas, tanto infecciosas como inertes lo que influiría también en la susceptibilidad a las infecciones respiratorias, aunque hacen falta más estudios.<sup>104</sup>

### **3) Respuestas deficientes de las citoquinas**

Las respuestas adecuadas de citoquinas y quimiocinas son importantes para el reclutamiento de neutrófilos, por lo que una respuesta inflamatoria deficiente mediada tanto por la alteración del metabolismo del glutatión y las células T reguladoras podría explicar por qué las personas expuestas al CAH muestran un aumento de la susceptibilidad a las infecciones respiratorias y neumonía.<sup>105</sup>

#### **c. Alteración del curso clínico de las infecciones respiratorias**

Durante la infección establecida, los macrófagos alveolares actúan para contener a los patógenos y limitar el medio inflamatorio. No obstante, posterior a la exposición a partículas de carbono ultrafinas en medios urbanos, dichos macrófagos han disminuido su capacidad de fagocitosis contra *Streptococcus pneumoniae* y muestran evidencia de estrés oxidativo, lo que podría afectar negativamente el equilibrio y la contención inflamatoria bacteriana.

Una clave para la supervivencia podría ser la posterior fagocitosis de los neutrófilos apoptóticos (eferocitosis) y la oportuna apoptosis de los macrófagos alveolares. Sin embargo

---

<sup>104</sup> Gordon, 823-860.

<sup>105</sup> *Ibídem.*

aunque aún no hay estudios sobre la influencia de la CAH en este proceso, se sabe que el humo del cigarrillo es conocido por reducir la eferocitosis de los macrófagos alveolares.<sup>106</sup>

### 1.4.3 Humo de biomasa y enfermedades respiratorias en niños

#### a. Deterioro de la función pulmonar

La función pulmonar como un marcador sensible de los efectos en la salud respiratoria de las vías respiratorias inferiores se ha documentado en varios estudios.<sup>107</sup> En los últimos años la exposición al humo de biomasa se ha vinculado fuertemente a la función pulmonar,<sup>108</sup> debido principalmente a que la mayoría de los componentes del aire contaminado, incluso por separado, pueden deteriorarla.<sup>109</sup>

Se conoce, de entrada, que los niños que viven en hogares que utilizan biomasa como combustible tienen una CVF y un VEF<sub>1</sub> menores a los observados en niños no expuestos.<sup>110</sup> Las reducciones encontradas en las variables espirométricas (VEF<sub>1</sub> FEM, y FEF<sub>25-75</sub>) van de leves a moderadas, indicando obstrucción de las vías respiratorias.<sup>111</sup>

---

<sup>106</sup> *Ibidem.*

<sup>107</sup> Satoshi Nakai y Eldred Tunde Taylor. "Prevalence of acute respiratory infections in women and children in Western Sierra Leone due to smoke from wood and charcoal stoves." *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19-9. (junio 2012): 2 252-2 265.

<sup>108</sup> Oluwole, 28-38.

<sup>109</sup> Nakai, 2 252- 2 265

<sup>110</sup> García-Sancho, 281-286

<sup>111</sup> Oluwole, 28-38.

Rinne Et.Al. realizaron una investigación en Ecuador donde se comparó grupos de madres y sus hijos mayores de 7 años expuestos diferentes tipos de contaminación del aire. En el análisis multivariado, los niños que viven en hogares que utilizan combustibles de biomasa y los niños expuestos al humo de tabaco presentaron menor CVF y VEF<sub>1</sub>. Sin embargo, no se observó diferencia significativa en la función pulmonar de mujeres. Concluyendo que existen efectos nocivos del humo de biomasa en la función pulmonar de los niños.<sup>112</sup>

En otro estudio, realizado en Nigeria por Oluwole. Et.Al. que incluyó a 59 parejas madre e hijo de hogares que utilizan exclusivamente leña para cocinar, se realizó tanto espirometría para medir la función pulmonar, como pruebas séricas para cuantificar antioxidantes e indicadores inflamatorios. Al final se concluyó que la exposición a la CAH generada por biomasa no sólo se asocia con disfunción pulmonar, también reduce la defensa antioxidante y aumenta la inflamación de las vías respiratorias en mujeres y niños.<sup>113</sup>

#### **b. Infecciones respiratorias**

De acuerdo con la OMS la exposición a la CAH casi duplica el riesgo de infecciones agudas de las vías respiratorias en la niñez.<sup>114</sup> Dherani Et.Al. realizaron un meta-análisis de 24 estudios, y encontraron que la exposición a CAH aumenta el riesgo de neumonía por casi 2 veces. En otro meta-análisis que

---

<sup>112</sup> Seppo T. Rinne. Et.Al. "Relationship of pulmonary function among women and children to indoor air pollution from biomass use in rural Ecuador." *Respiratory Medicine*. 100-7. (julio 2006): 1 208-1 215.

<sup>113</sup> Oluwole, 28-38.

<sup>114</sup> OMS. *Contaminación del aire de interiores y salud*.

incluyó 8 estudios, Po Et.Al., encontró 3 veces más riesgo de infección respiratoria aguda en niños.<sup>115</sup>

En relación al tipo de biomasa que produce más riesgo de desarrollar infecciones respiratorias, un estudio comparativo realizado en Sierra Leona por Nakai Et.Al., encontró que las mujeres y los niños que viven en hogares que utilizan leña para cocinar tuvieron mayor prevalencia de infecciones respiratorias que sus contrapartes que usan carbón.<sup>116</sup>

Estos datos son preocupantes puesto que al final más de la mitad de las defunciones de niños menores de cinco años causadas por neumonía se deben a la inhalación de partículas del aire del hogar contaminado con combustibles sólidos y estas muertes contribuyen de manera desproporcionada a los años de vida perdidos en los cálculos globales de la carga de enfermedad.<sup>117</sup>

En relación a otras infecciones respiratorias, un aumento en las tasas de bronquitis crónica e infecciones virales se ha asociado con gases ambientales contaminantes y partículas, aunque no específicamente con CAH, por lo que se necesitan más estudios.<sup>118</sup>

---

<sup>115</sup> Howard M. Kipen y Robert J. Laumbach. "Respiratory health effects of air pollution: Update on biomass smoke and traffic pollution." *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 129-1. (enero 2012): 3-13.

<sup>116</sup> Nakai 2 252- 2 265.

<sup>117</sup> Kipen, 3-13.

<sup>118</sup> *Ibidem*.

### c. Asma

En contraste con la abundancia de estudios que muestran la exacerbación del asma en relación a la contaminación del aire ambiente, la prevalencia del asma ha sido el principal objetivo de los estudios relacionados con la exposición al humo de biomasa. De cualquier manera, en la mayoría de estudios no se ha encontrado ninguna evidencia convincente de un mayor riesgo de asma entre las mujeres o los niños que viven en hogares donde se utiliza leña o carbón como combustible.<sup>119</sup>

En un meta-análisis, elaborado por Po Et.Al. (2011) las estimaciones de riesgo no proporcionaron evidencia de aumento del riesgo general de asma en niños o mujeres que usan biomasa. Cabe destacar que la mayoría de estudios disponibles incluyen diferentes limitaciones, como: probabilidades de mala clasificación inicial, clasificación errónea de los resultados, ser estudios de bajo impacto, y/o contar con un control incompleto de los factores de confusión.<sup>120</sup>

No es sino hasta en los datos del *Burden of Obstructive Lung Disease* (BOLD, Carga de la enfermedad pulmonar obstructiva) donde se encontró una probable asociación entre asma y quema de biomasa. Los resultados vincularon el asma con el uso de madera o carbón para cocinar luego de 6 meses de exposición, pero no se encontró relación con el uso de biomasa para calefacción.<sup>121</sup>

---

<sup>119</sup> *Ibíd.*

<sup>120</sup> *Ibíd.*

<sup>121</sup> Kipen, 3-13.

Actualmente se encuentra pendiente la publicación de los resultados del *Asthma Randomized Trial of indoor Wood Smoke* (ARTIS, Ensayo aleatorizado de asma y humo de leña en interiores), elaborado en EEUU por Noonan Et.Al. Este es un ensayo aleatorizado controlado en el que se incluyó a niños, de entre 7 y 17 años, con asma persistente, que viven en hogares que utilizan estufas de madera. En la investigación se utilizaron dos estrategias de intervención con un dispositivo de filtración del aire, que se compararon con un placebo.<sup>122</sup>

#### **d. Tuberculosis**

Los estudios de la relación entre tuberculosis y contaminación del aire en niños, inicialmente se enfocaron en la tuberculosis miliar y no en la pulmonar. Algunas revisiones sistemáticas han concluido que no existe evidencia epidemiológica suficiente para apoyar una asociación entre humo de biomasa e infección por tuberculosis, aunque aceptan que la asociación es biológicamente posible.<sup>123</sup>

En un estudio elaborado por García-Sancho Et.Al. que incluyó 28 niños con tuberculosis y 337 controles, no se encontró asociación entre el humo de tabaco y un mayor riesgo de tuberculosis, sin embargo la exposición a humo de leña si se asoció a un mayor riesgo de esta enfermedad en niños. Se cree que debido a la inmadurez del sistema respiratorio e inmunológico, la exposición a humo de leña y tabaco podría

---

<sup>122</sup> Curtis W. Noonan. Et.Al. "Asthma randomized trial of indoor Wood smoke (ARTIS): Rationale and Methods." *Contemporary Clinical Trials Journal*. 33-5. (septiembre 2012): 1080-1087.

<sup>123</sup> Kipen, 3-13.

aumentar el riesgo de desarrollar tuberculosis pulmonar en niños, pero son necesarias otras investigaciones.<sup>124</sup>

### **1.5 Situación de la contaminación del aire en el hogar y estudios realizados en población guatemalteca**

Según el GBD en el año 2010 se atribuyeron alrededor de 5 000 muertes a la CAH en Guatemala, dato que la coloca como el sexto mayor factor de riesgo de muerte a nivel general; así como el séptimo en niños menores de 5 años y el cuarto en niños de 5 a 14 años. Al igual que a nivel mundial, en el país, las enfermedades desarrolladas debido a la exposición a la CAH influyen en la pérdida de años por discapacidad en todas las edades y en el caso de las infecciones del tracto respiratorio inferior producen también la muerte prematura de niños de todas las edades.<sup>125</sup>

En cuanto a las investigaciones sobre el impacto de los contaminantes intra-domiciliarios sobre la salud, las universidades del Valle (Guatemala) y de California (Berkeley y San Francisco, EEUU), han realizado varios proyectos entre los que destacan RESPIRE (*Randomized Exposure Study of Pollution Indoors and Respiratory Effects*, Estudio de exposición aleatoria a contaminantes intradomiciliarios y sus efectos respiratorios), CRECER (*Chronic Respiratory Effects of Early Childhood Exposure to Respirable Particulate Material*; Efectos respiratorios crónicos en la infancia temprana expuesta a material Particulado Respirable) y NACER (*Newborns and Children Exposed to Respiratory Pollutants*; Neonatos y niños expuestos a contaminantes respiratorios).<sup>126</sup>

---

<sup>124</sup> García-Sancho, 281-286

<sup>125</sup> GBD: *Global burden of disease*. 2016. <http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/> (13 de marzo de 2016).

<sup>126</sup> Global Alliance for Clean Cookstoves. Et.Al. *Plan de acción nacional de Guatemala para estufas y combustibles limpios*. Guatemala: Ministerio de Energía y Minas, 2014.

En RESPIRE (2002-2004) 534 casas en zonas rurales del altiplano de Guatemala que cocinaban exclusivamente con fuegos abiertos e incluían a una mujer embarazada o lactante, fueron asignados al azar para recibir una estufa con chimenea o no aplicar ninguna injerencia.

Al final del período de intervención de 18 meses, todos los hogares en el grupo control recibieron la estufa con chimenea.<sup>127, 128</sup>

CRECER (2006-2009) incluyó un subconjunto de hogares RESPIRE, así como un grupo de nuevos hogares que se encontraban cocinando con fuegos abiertos, en la misma región, y con un niño en el mismo rango de edad que los niños RESPIRE (3-4 años de edad en el momento de la inscripción en CRECER), así como un bebé menor de 6 meses de edad. Todos los nuevos hogares CRECER recibieron una estufa con chimenea a mitad del estudio, lo que permitió un período de 12 a 18 meses de observación antes de la instalación de la estufa. Esto dio lugar a tres grupos.<sup>129</sup>

El primer grupo de intervención pertenece al estudio RESPIRE que recibió una estufa dentro de los 6 primeros meses de vida del niño. El segundo es el grupo control del estudio RESPIRE el cual recibió la estufa alrededor de los 18 meses de edad del niño. Finalmente el tercer grupo perteneciente como tal al estudio CRECER que recibió la estufa, alrededor de los 5 años del niño y los 18-24 meses de edad del hermano menor.<sup>130</sup>

---

<sup>127</sup> Amy P. Heinzerling. Et.Al. "Lung function in woodsmoke-exposed Guatemalan children following a chimney stove intervention." *Thorax*. 71-5. (marzo 2016): 1-8.

<sup>128</sup> Michael Guarnieri. Et.Al. "Lung function in rural guatemalan women before and after a chimney stove intervention to reduce wood smoke exposure." *CHEST*. 148-5. (junio 2011): 1 184-1 192.

<sup>129</sup> *CRECER: Chronic respiratory effects of early childhood exposure to Respirable particulate matter*. <http://ehsdiv.sph.berkeley.edu/guat/>. (10 de marzo de 2016).

<sup>130</sup> Heinzerling. Lung function in woodsmoke-exposed Guatemalan children



NACER (2012-2013) se realizó un estudio piloto en la misma región con los criterios básicos de RESPIRE y CRECER incluyendo a 37 mujeres embarazadas de menos de 20 semanas de gestación,<sup>131</sup> midiendo la exposición pre y postnatal a contaminantes para evaluar a lo largo de un año después del nacimiento, el crecimiento y desarrollo neurológico de los niños.<sup>132, 133</sup>

Entre los hallazgos más relevantes del estudio RESPIRE, se concluyó que la reducción a la exposición al humo de biomasa no disminuyó significativamente la incidencia de neumonía en infantes menores de 2 años; sin embargo aparentemente si redujo en un tercio la presentación de neumonía grave relacionada con hipoxemia, lo que podría tener importantes implicaciones en la reducción de la mortalidad infantil en caso de confirmarse. Además se analizó que las razones por las cuales no se detectó el efecto deseado podrían ser atribuibles a una reducción insuficiente de la exposición, al contacto de los niños con emisiones de las casas de los vecinos, entre otras.<sup>134</sup>

En relación al estudio CRECER, se analizaron los datos de las mediciones del FEM y el VEF<sub>1</sub> de 443 y 437 niños respectivamente, desde los 5 a los 8 años de edad. Se observó una reducción significativa del

---

<sup>131</sup> Lisa M. Thompson. Et.Al. "Genetic modification of the effect of maternal household air pollution exposure on birth weight in Guatemala newborns." *Reproductive Toxicology Journal*. 50. (diciembre 2014): 19.26.

<sup>132</sup> Diana Austin. *Assessing pollution's effects on infant development*. 2013. <http://scienceofcaring.ucsf.edu/global-health/assessing-pollution%E2%80%99s-effects-infant-development> (25 de abril de 2016).

<sup>133</sup> Lisa M. Thompson. Et.Al. "Does household air pollution from cooking fires affect infant neurodevelopment? Developing methods in the NACER pilot study in rural Guatemala." *Lancet*. 14-2. (mayo 2014): 1.

<sup>134</sup> Kirk R. Smith. Et.Al. "Personal child and mother carbon monoxide exposures and kitchen levels: Methods and results from a randomized trial of woodfired chimney cookstoves in Guatemala (RESPIRE)." *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*. 20-5. (julio 2010): 406-416

FEM (173mL/min/año), y una reducción no significativa del VEF<sub>1</sub> (44mL/año) en relación a los patrones normales de los niños viven en los hogares donde se realizó una instalación tardía de la estufa mejorada en comparación con los niños que recibieron una estufa al nacer. Ya que estadísticamente no se encontraron asociaciones significativas definitivas entre la exposición personal a la CAH y la función pulmonar, se requieren estudios adicionales que incluyan un seguimiento prolongado con estufas o combustibles más limpios.<sup>135</sup>

---

<sup>135</sup> Heinzerling, 1 184-1 192.

## **CAPÍTULO 2**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1 Tipo y diseño de investigación**

Estudio descriptivo correlacional transversal

#### **2.2 Unidad de análisis**

##### **2.2.1 Unidad primaria de muestreo:**

Niños de ambos sexos comprendidos entre los 6 y los 12 años de edad, expuestos y no expuestos al humo de biomasa en el Caserío Tamax y la cabecera municipal de Cahabón, A.V.

##### **2.2.2 Unidad de análisis:**

Información sobre datos generales, antecedentes patológicos y de exposición a factores de contaminación del aire, examen físico respiratorio, medición del FEM, VEF<sub>1</sub> y saturación de oxígeno, registrados en el instrumento diseñado para el efecto.

##### **2.2.3 Unidad de información**

Padres o encargados y niños de ambos sexos comprendidos entre los 6 y los 12 años de edad, expuestos y no expuestos al humo de biomasa en el Caserío Tamax y la cabecera municipal de Cahabón, A.V.

## 2.3 Población y muestra

### 2.3.1 Población Universo: Constituida por:

- a. 89 niños y niñas habitantes del Caserío Tamax comprendidos entre las edades de 6 a 12 años a la fecha: 1 de julio del 2016, que habitan en hogares que cocinan con biomasa.

**CUADRO 5**  
**POBLACIÓN COMPRENDIDA ENTRE LOS 6 Y LOS 12 AÑOS DE EDAD EN EL CASERÍO TAMAX**

Edad (En años)	Género		Total
	Femenino	Masculino	
6	5	11	16
7	8	3	11
8	6	6	12
9	4	8	12
10	3	9	12
11	9	4	13
12	10	3	13
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>44</b>	<b>89</b>

**Fuente:** Libros del Censo del Caserío Tamax. 2015.

- b. Niños que habitan a 5 kilómetros del Caserío Tamax en la cabecera municipal de Santa María Cahabón comprendidos entre las edades de 6 a 12 años a la fecha: 1 de julio del 2016, que habitan en hogares que no utilizan biomasa para cocinar. Se tomó un niño sin exposición al humo de biomasa por cada niño expuesto con participación válida en la investigación.

## **2.4 Selección de los sujetos de estudio**

### **2.4.1 Criterios de Inclusión**

Niños sanos de ambos sexos nacidos entre el 1/7/2003 y el 1/7/2010 que:

- a. Habitan desde el nacimiento en el Caserío Tamax en hogares que utilizan biomasa para cocinar.
- b. Habitan desde el nacimiento en la cabecera municipal de Santa María Cahabón A.V. en hogares que no cocinan con biomasa.

### **2.4.2 Criterios de Exclusión**

- a. Niños con antecedente de exposición al humo de cigarrillo en el hogar.
- b. Niños con antecedente de asma, tuberculosis pulmonar y otras enfermedades pulmonares o cardíacas que afecten la función respiratoria.
- c. Niños con historia de enfermedad sistémica con repercusión en la función respiratoria.
- d. Niños con enfermedad del tracto respiratorio durante el estudio y dos semanas previas a este.
- e. Niños que habitan en hogares dónde no se utiliza biomasa para cocinar pero se emplea otro tipo de combustible altamente contaminante (carbón mineral, plástico, etc.).
- f. Padres o niños que rechazan formar parte del estudio.

**CUADRO 6**  
**MEDICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

Variables Independientes							
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Tipo de Variable	Escala de Medición	Criterios de Clasificación		Instrumento
Edad	Tiempo que un individuo ha vivido desde su nacimiento hasta un momento determinado	Edad del niño en años referida por el cuestionario	Cuantitativa discreta	Razón	<ul style="list-style-type: none"> <li>Años</li> </ul>		Questionario para padres o encargados
Género	Rol socialmente construido, que incluye comportamientos, actividades y atributos que una sociedad dada considera apropiados para los hombres y las mujeres	Rol masculino o femenino del niño referido por el cuestionario	Cualitativa dicotómica	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Masculino</li> <li>Femenino</li> </ul>		Questionario para padres o encargados
Combustible utilizado en el hogar	Cualquier material empleado a nivel doméstico capaz de liberar energía cuando se oxida en forma violenta con desprendimiento de calor	Tipo de combustible utilizado para cocinar referido en el cuestionario	Cualitativa politómica	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biomasa (Leña, residuos de la cosecha)</li> <li>Otros diferentes a la biomasa</li> </ul>		Questionario para padres o encargados
Ubicación de la cocina	Lugar en el que se sitúa la habitación de una casa u otro edificio que dispone de instalaciones adecuadas para cocinar	Espacio formal o informal, dentro o fuera de las habitaciones principales de la casa donde se ubica la estufa y se realiza la cocción de los alimentos	Cualitativa politómica	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adentro de la casa, en el cuarto dónde duermen</li> <li>Adentro de la casa, en un cuarto aparte</li> <li>Atuera, cerca de la casa (&lt;10mt)</li> <li>Atuera de la casa, alejada (&gt;10mt)</li> </ul>		Questionario para padres o encargados

## 2.5 Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Tipo de Variable	Escala de Medición	Criterios de Clasificación	Instrumento
Saturación de Oxígeno (SaO <sub>2</sub> )	Cantidad de oxígeno disponible en el torrente sanguíneo	Porcentaje de O <sub>2</sub> obtenido por oximetría de pulso efectuada por el examinador	Cuantitativa continua	Razón	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje</li> </ul>	Oxímetro y sección del instrumento de recolección de datos para el examinador
Porcentaje del Flujo Espiratorio Máximo esperado (%FEM esperado)	Proporcionalidad del FEM conseguido durante la medición, en relación con el FEM esperado de acuerdo a la edad, talla, género y raza del paciente.	Porcentaje obtenido por el examinador al calcular la proporción del mejor FEM alcanzado en relación al FEM predicho para el paciente	Cuantitativa continua	Razón	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje</li> </ul>	Medidor del FEM/VEF <sub>1</sub> , valores de referencia y sección del instrumento de recolección de datos para el examinador
Porcentaje del Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo esperado (%VEF <sub>1</sub> esperado)	Proporcionalidad del VEF <sub>1</sub> conseguido durante la medición, en relación con el VEF <sub>1</sub> esperado de acuerdo a la edad, talla, género y raza del paciente	Porcentaje obtenido por el examinador al calcular la proporción del mejor VEF <sub>1</sub> alcanzado en relación al FEM predicho para el paciente	Cuantitativa continua	Razón	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje</li> </ul>	Medidor del FEM/VEF <sub>1</sub> valores de referencia y sección del instrumento de recolección de datos para el examinador

**Variables Dependientes**

**Fuente:** Elaboración propia

## **2.6 Técnicas, procesos e instrumentos a utilizar en la recolección de datos**

### **2.6.1 Técnica para la recolección de datos**

Para llevar a cabo la recopilación de la información se utilizó un instrumento elaborado por la autora, siendo validado por un grupo de expertos, además se comprobó su confiabilidad al utilizarse en una prueba piloto.

El instrumento se encuentra dividido en dos secciones, en la primera se solicitaron los datos generales y antecedentes de los niños participantes que fueron brindados por los padres o encargados; en la segunda se recabaron datos en relación a talla, oximetría de pulso, examen físico pulmonar y medición del FEM/VEF<sub>1</sub> que obtuvo directamente el investigador al evaluar a los niños participantes.

### **2.6.2 Procesos**

#### **a. Búsqueda de pacientes a estudiar**

Se eligió al Caserío Tamax, por ser una comunidad rural de Alta Verapaz en donde la totalidad de sus habitantes cocina con biomasa, en esta área circulan escasos vehículos motorizados siendo las emisiones del tráfico prácticamente nulas y tampoco se encuentran fábricas en las cercanías. Además la comunidad cuenta con energía eléctrica por lo que el uso de combustibles para la iluminación de los hogares es prácticamente nulo. La población se determinó al revisar los libros del censo del caserío, dónde, se encontraron 89 niños y niñas nacidos entre el 1 de julio del 2003 y el 1 de julio del 2010, es decir, entre los 6 y los 12 años.



Se tomó un grupo de referencia formado por niños comprendidos entre los 6 y 12 años de edad que habitan a 5 kilómetros del caserío, en la cabecera municipal, en hogares que no cocinan con biomasa.

## **b. Recolección de datos**

Con el fin de contar con el apoyo y respaldo de las autoridades comunitarias y educativas ante los niños (as) y los padres de familia o encargados, previo a realizar la investigación se obtuvo el aval del alcalde auxiliar del Caserío Tamax y del director de un establecimiento educativo de la cabecera municipal de Cahabón, A.V.

### **1) Fase I**

Se convocó a la población de estudio en varias fechas programadas al centro de convergencia en el Caserío Tamax y al establecimiento educativo en la cabecera municipal de Cahabón. Junto a un Auxiliar de Enfermería que se desempeñó como ayudante y traductor q'ueqchi'-español se:

- Explicó a la madre, padre o encargado en qué consistía el estudio, cuál era su fin y quien era la investigadora.
- Proporcionó la hoja de información para padres así como el consentimiento informado (se leyó a los participantes cuando fue necesario) y se solicitó la autorización por escrito con firma o huella digital.
- Completó el cuestionario con las respuestas de los padres acerca de los datos generales y antecedentes de los niños.

## 2) Fase I

Se explicó a cada niño (a) el procedimiento, y se solicitó su consentimiento por escrito. Posterior a ello se:

- Midió la estatura del niño (a) con el tallímetro, de pie, sin zapatos y se anotó el valor en metros.
- Colocó el *oxímetro de pulso dactilar CMS 50D CONTEC* en el dedo índice de la mano derecha o izquierda, luego de unos segundos y se anotó el valor en porcentaje.
- Realizó una inspección, palpación, percusión y auscultación del tórax en busca de signos o síntomas relacionados con patología respiratoria.
- Comunicaron los hallazgos clínicos encontrados y la implicación de estos respecto al estudio.
- Midió el FEM/VEF<sub>1</sub> utilizando el *Microlife® PF 100 digital PEF&VEF<sub>1</sub> meter*, por medio de los siguientes pasos:
  - Solicitar al niño (a) que se coloque de pie sujetando correctamente el medidor del FEM/VEF<sub>1</sub>, verificando previamente que el indicador se encuentre en cero.
  - Indicarle que realice una respiración normal, luego una inspiración forzada y proceder a situar la boquilla entre los labios, sellándolos alrededor de la misma, evitando toser y que la lengua obstruya el orificio del dispositivo.
  - Solicitarle que realice una espiración forzada de no más de 1 o 2 segundos, mientras sostiene el aparato horizontalmente.
  - Anotar el valor de FEM/VEF<sub>1</sub> obtenido.
  - Repetir la maniobra 2 veces más (3 veces válidas en total).

- Anotar los otros dos valores.
- Agradecer al niño (a) participante.

\* Al finalizar las fechas programadas se realizaron visitas domiciliarias a los niños (as) del Caserío Tamax que no acudieron a la convocatoria (21 participantes).

### **c. Manejo de los datos**

Se ingresaron los datos obtenidos en el programa Excel 2010 ® e IBM SPSS 22 ® con lo cual se creó una base de datos, donde se efectuó el análisis de las variables estudiadas, y la presentación de los resultados. Posteriormente se realizó la discusión de los mismos, lo que permitió la formación de conclusiones, recomendaciones y aportes de la investigación.

## **2.6.3 Instrumento de medición**

El instrumento de recolección de datos (Anexo 3) está formado por tres apartados, los cuales se detallan a continuación:

### **a. Datos generales**

Incluye nombres y apellidos, edad, género y dirección del niño (a) participante en el estudio.

### **b. Sección 1 Cuestionario para padres o encargados**

En esta sección se solicitaron antecedentes patológicos y de exposición a otros factores de contaminación del aire; su fin principal fue de selección, es decir poder excluir del estudio a los participantes que presentaron algún factor que influyera en los resultados (factores de confusión), a excepción de la pregunta 7 que conforma una de las variables cualitativas. Consta de 8 preguntas de opción múltiple, con la opción abierta

*otra (o)* en las preguntas 1, 3, 6: en la pregunta 1 en caso de que el paciente presentase alguna enfermedad no incluida que afecte la función pulmonar; en las preguntas 3 y 6 que interrogan sobre combustible se incluyó en el caso de que las familias utilizaran un combustible diferente de los dos más comunes (biomasa y gas propano).

### **c. Sección 2 Examen físico y medición del FEM**

Incluye 5 incisos que corresponden a datos que obtuvo el examinador: talla, saturación de oxígeno, síntomas respiratorios, Flujo Espiratorio Máximo (FEM) y Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo ( $VEF_1$ ). En el inciso síntomas respiratorios, se incluyeron las opciones más comunes y la opción *otros*, en el caso de presentarse alguno no considerado que de igual manera impida al niño (a) cumplir con los criterios de participación en el estudio. En el inciso FEM, al igual que en el inciso  $VEF_1$ , se incluyó el espacio para los resultados de las 3 mediciones, para el valor esperado, y para el porcentaje del valor obtenido en relación al esperado.

Cada instrumento se encontró previamente identificado y enumerado de forma correlativa desde 01A a un máximo de 89A para el grupo expuesto y 101B a un máximo de 170B para el grupo sin exposición.

#### **2.6.4 Validación del Instrumento**

Para comprobar la validez del instrumento se solicitó una revisión y certificación firmada por médicos con experiencia en el campo de la pediatría. Se realizaron las correcciones propuestas por los expertos y posteriormente se validó la confiabilidad del instrumento al realizar una prueba piloto con 10 padres de familia

de niños y niñas con características similares a los sujetos del estudio, pero que habitan en los municipios de Cobán y San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

## 2.7 Plan de procesamiento de datos

### 2.7.1 Procesamiento

El procesamiento de los datos se realizó electrónicamente mediante la construcción de una base de datos con las siguientes variables: edad, género, combustible utilizado en el hogar, ubicación de la cocina, SaO<sub>2</sub>, % FEM esperado, % VEF<sub>1</sub> esperado. (Ver Capítulo 3 Análisis y discusión de resultados).

### 2.7.2 Plan de análisis de datos

Inicialmente se realizó un análisis exploratorio de los datos (estadística descriptiva) con la finalidad de detectar la presencia de datos mal codificados, duplicados y datos ausentes; así como estudiar la distribución de las variables y su descripción. Este análisis se aplicó de acuerdo a la distribución de las variables cuantitativas continuas y su relación con las variables cualitativas, utilizando cuadros y gráficas de dispersión y circulares.

Posteriormente se realizó el análisis de la relación entre edad y %FEM y VEF<sub>1</sub>, por medio de una regresión lineal utilizando el coeficiente de correlación de Pearson y el coeficiente de determinación para datos agrupados.

*Coeficiente de Pearson (r)*

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x * \sigma_y}$$

*Coefficiente de determinación ( $r^2$ )*

$$r^2 = \frac{\sigma^2 xy}{\sigma^2 x * \sigma^2 y}$$

Dónde:

$\sigma xy$  es la covarianza de (X, Y)

$\sigma x$  es la desviación típica de la variable X

$\sigma y$  es la desviación típica de la variable Y

Para determinar la existencia de una relación entre las variables cuantitativas FEM y VEF<sub>1</sub> de ambos grupos, en primer lugar se comprobaron los supuestos de las pruebas paramétricas; concretamente el supuesto de normalidad con el test de Kolmogorov-Smirnov y el de homogeneidad de varianzas con el test de Levene. Al ser aceptada la normalidad de las observaciones, se procedió a realizar la prueba de hipótesis, comparando las categorías de las variables a través de la prueba t para muestras independientes.

*Prueba t para muestras independientes (t)*

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Dónde:

$M_1$  y  $M_2$  son las medias de ambos grupos

$s$  es la desviación típica

$n$  es el número de casos

Con el fin de establecer la fuerza de una posible asociación se evaluó el riesgo relativo y el odds ratio (razón de posibilidades) de la exposición al humo de biomasa en base a la clasificación de los valores de FEM y VEF<sub>1</sub> obtenidos (<80% y >80%).

*Riesgo Relativo (RR)*

$$RR = \frac{a/(a+b)}{c/(c+d)}$$

*Odds Ratio (OR)*

$$OR = \frac{a \times d}{b \times c}$$

Dónde:

	<i>Enfermos</i>	<i>Sanos</i>	<i>Total</i>
<i>Expuestos</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>
<i>No expuestos</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>c+d</i>
<i>Total</i>	<i>a+c</i>	<i>b+d</i>	<i>n</i>

Todos los cálculos estadísticos fueron realizados usando el programa Microsoft Excel 2010 ® y el paquete estadístico IBM SPSS versión 22 ®.

### 2.7.3 Hipótesis Estadísticas

#### a. Hipótesis Nula $H_0$

- 1) No hay diferencias entre el FEM de niños entre 6 y 12 años que habitan en hogares que utilizan biomasa para cocinar y niños que habitan en hogares que no cocinan con biomasa, en el Caserío Tamax y la cabecera municipal de Santa María Cahabón A.V.
  
- 2) No hay diferencias entre el  $VEF_1$  de niños entre 6 y 12 años que habitan en hogares que utilizan biomasa para cocinar y niños que habitan en hogares que no cocinan con biomasa, en el Caserío Tamax y la cabecera municipal de Santa María Cahabón A.V.

#### b. Hipótesis alternativa $H_1$

- 1) Hay diferencias entre el FEM de niños entre 6 y 12 años que habitan en hogares que utilizan biomasa para cocinar y niños que habitan en hogares que no cocinan con biomasa, en el Caserío Tamax y la cabecera municipal de Santa María Cahabón A.V.
  
- 2) Hay diferencias entre el  $VEF_1$  de niños entre 6 y 12 años que habitan en hogares que utilizan biomasa para cocinar y niños que habitan en hogares que no cocinan con biomasa, en el Caserío Tamax y la cabecera municipal de Santa María Cahabón A.V.



## **2.8 Límites de la investigación**

### **2.8.1 Obstáculos**

Algunos de los riesgos o dificultades en un momento determinado obstaculizaron el desarrollo de la investigación fueron:

- a. Difícil traslado a la cabecera municipal de Cahabón y al Caserío Tamax debido al mal estado de la carretera de terracería durante la época lluviosa.
- b. Renuencia de los padres o encargados y niños a autorizar su participación en el estudio
- c. Dificultad del niño (a) para seguir instrucciones y realizar adecuadamente la prueba.

### **2.8.2 Alcances**

Con este estudio se compararon los valores del Flujo Espiratorio Máximo (FEM) y el Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo ( $VEF_1$ ) en niños de 6 a 12 años expuestos y no expuestos al humo de biomasa. Además se brindó a la población en estudio un esquema sobre la situación actual en cuanto a la salud pulmonar de sus niños, para crear conciencia y orientar a la comunidad hacia la obtención de herramientas que mejoren sus condiciones y calidad de vida, como combustibles más limpios o estufas mejoradas.

## 2.9 Aspectos éticos de la investigación

### 2.9.1 Principios éticos generales

La investigación con niños envuelve complejidades éticas singulares, ya que las relaciones de la investigación son múltiples y se centran en una relación integrada por el investigador, el niño participante y el padre o tutor. Varios principios éticos fundamentales, tales como el respeto, el beneficio y la justicia son objeto de un amplio consenso y aceptación en el ámbito de la investigación con niños.<sup>136</sup>

Debido a que la obtención del consentimiento directo de los niños de participar en la investigación es una muestra de respeto a su autonomía y a sus derechos humanos,<sup>137</sup> este principio quedó de manifiesto, al recurrir a la menor cantidad de representantes en la medida de lo posible, por lo que se solicitó la autorización del niño (a) participante y de solamente uno de sus progenitores o encargados.

El principio de beneficencia, se refiere a toda acción que promueva beneficios en los niños.<sup>138</sup> Tales beneficios pueden adoptar una amplia variedad de formas, en este caso se realizó una evaluación del estado individual de salud pulmonar de los niños participantes para la toma de medidas y acciones inmediatas en quienes lo ameritaron.

---

<sup>136</sup> Anne Graham. Et.Al. *Investigación ética con niños*. Florencia, Italia: Centro de Investigaciones Innocenti, 2013.

<sup>137</sup> *Ibidem*.

<sup>138</sup> *Ibidem*.

En cuanto al principio de justicia que exige a los investigadores prestar atención a las diferencias de poder inherentes a la relación de investigación adulto/ niño,<sup>139</sup> se realizó una escucha respetuosa de sus opiniones, concediéndoles la debida importancia y dando respuesta a sus preguntas. También en el caso de la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión se veló porque la selección estuviese estrictamente relacionada con el objetivo de la investigación y no impulsada por una intención discriminatoria.

### **2.9.2 Categoría de riesgos**

El riesgo de este estudio se clasifica en Categoría II, con riesgo mínimo, debido a que el registro de datos se dio por medio de procedimientos diagnósticos como la medición del FEM y VEF<sub>1</sub>, a través de un dispositivo portátil.

### **2.9.3 Consentimiento informado**

Ver hoja de información al paciente y consentimiento informado en Anexo 4.

---

<sup>139</sup> *Ibidem.*

## CUADRO 7

### RECURSOS HUMANOS, FÍSICOS Y MATERIALES

Tipo	No.	Recursos	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
Recursos humanos	1	Traductor/Colaborador	Persona que colabora en la traducción español-quechí y en la realización de los cuestionarios		
	-	Computadora	Equipo necesario para la elaboración del protocolo y posterior recolección y tabulación de datos así como redacción del informe final		
	1	Internet		Q. 240.00	Q. 480.00
	1	Impresora		Q. 36.00	Q. 72.00
	1	Cartuchos de tinta		Q. 2.00	Q. 10.00
	5	Resmas de hojas de papel bond		Q. 15.00	Q. 30.00
	5	Fólder tamaño carta		Q. 00.15	Q. 160.20
	2	Caja de lapiceros		Q. 729.00	Q. 729.00
	1 068	Fotocopias		Q. 350.00	Q. 350.00
	1	Medidor de FEM/VEF <sub>1</sub>		Q. 50.00	Q. 50.00
	1	Oxímetro		Q. 105.00	Q. 105.00
	1	Tallímetro		Q. 00.50	Q. 25.00
	1	Estetoscopio		Q. 5.00	Q. 10.00
50	Gasas estériles	Q. 550.00		Q. 550.00	
2	Frascos de alcohol				
-	Alimentación y transporte	Del investigador durante la realización del trabajo de campo			
<b>Total</b>				<b>Q. 2 571.20.00</b>	

Fuente: Elaboración propia

## 2.11 Cronograma de actividades

**CUADRO 8**  
**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

ACTIVIDADES	TIEMPO																															
	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Presentación y aprobación de tema	E																															
	R																															
Elaboración de protocolo	E																															
	R																															
Revisión y corrección de protocolo	E																															
	R																															
Elaboración de trabajo de campo	E																															
	R																															
Elaboración de informe final	E																															
	R																															
Revisión y corrección de informe final	E																															
	R																															
Entrega de tesis	E																															
	R																															

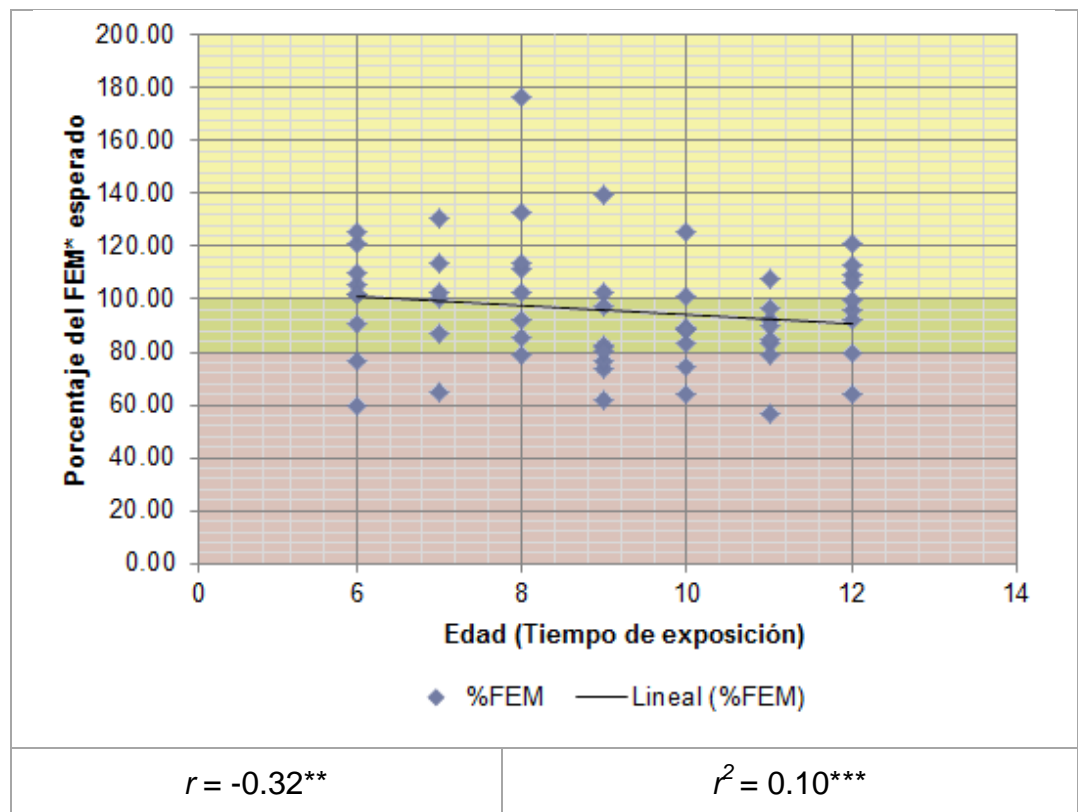
E: Tiempo estimado R: Tiempo real

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO 3 RESULTADOS

### 3.1 Presentación de Resultados

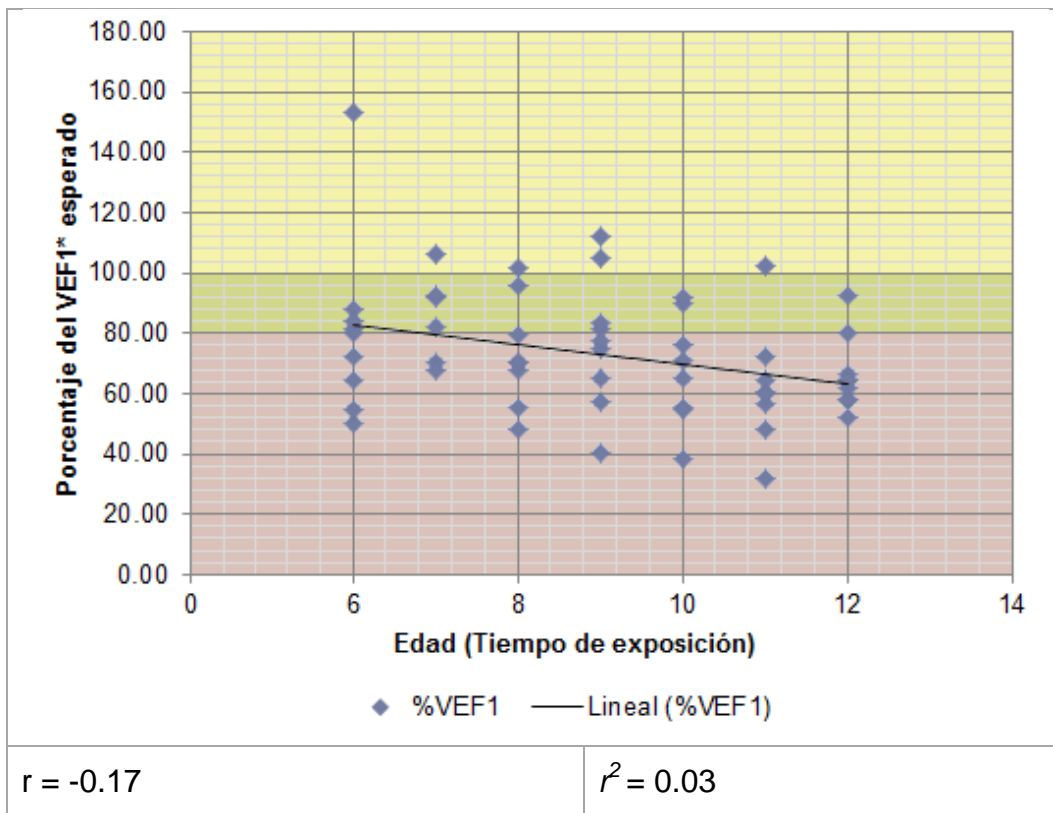
**GRÁFICA 11**  
**CORRELACIÓN LINEAL ENTRE EL %FEM Y LA EDAD EN NIÑOS CON EXPOSICIÓN DOMÉSTICA AL HUMO DE BIOMASA DESDE EL NACIMIENTO CAHABÓN, A.V. JULIO DE 2016**



\*Flujo Espiratorio Máximo \*\*r: coeficiente de Pearson \*\*\* $r^2$ : coeficiente de determinación. Interpretación de los colores: Rojo, por debajo de los valores normales; verde, dentro de los valores normales; amarillo, por encima de los valores normales.

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2016.

**GRÁFICA 12**  
**CORRELACIÓN LINEAL ENTRE EL %VEF<sub>1</sub> Y LA EDAD EN NIÑOS CON EXPOSICIÓN DOMÉSTICA AL HUMO DE BIOMASA DESDE EL NACIMIENTO CAHABÓN, A.V. JULIO DE 2016.**



\*Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo \*\*r: coeficiente de Pearson, \*\*\*r<sup>2</sup>: coeficiente de determinación. Interpretación de los colores: Rojo, por debajo de los valores normales; verde, dentro de los valores normales; amarillo, por encima de los valores normales.

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2016.

### CUADRO 9

#### PROMEDIO DEL %FEM Y %VEF<sub>1</sub> DE ACUERDO A LA EDAD EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS CON EXPOSICIÓN DOMÉSTICA AL HUMO DE BIOMASA VERSUS NO EXPUESTOS CAHABÓN, A.V. JULIO DE 2016

Edad	No Expuestos		Expuestos	
	Promedio de %FEM*	Promedio de %VEF1**	Promedio de %FEM	Promedio de %VEF1
6	93.26	89.48	99.17	81.00
7	91.02	86.30	99.89	85.24
8	(↓)74.66	92.53	(↑)111.75	(↓)73.78
9	(↓)77.32	(↓)79.30	88.55	(↓)77.47
10	(↓)72.61	(↓)70.20	89.34	(↓)67.88
11	(↓)63.81	(↓)64.42	86.29	(↓)62.02
12	(↓)79.96	(↓)77.44	97.83	(↓)66.51
<b>Total general</b>	<b>79.83</b>	<b>80.21</b>	<b>95.94</b>	<b>73.08</b>

\*Porcentaje del Flujo Espiratorio Máximo \*\* Porcentaje del Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo

Fuente: Investigación de campo. Año 2016.

### CUADRO 10

#### PROMEDIO DEL %FEM Y %VEF<sub>1</sub> DE ACUERDO AL GÉNERO EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS CON EXPOSICIÓN DOMÉSTICA AL HUMO DE BIOMASA VERSUS NO EXPUESTOS CAHABÓN, A.V. JULIO DE 2016

Género	No Expuestos		Expuestos	
	Promedio de %FEM	Promedio de %VEF1	Promedio de %FEM	Promedio de %VEF1
F	(↓)74.92	(↓)76.25	95.25	(↓)71.11
M	84.40	83.89	96.60	(↓)74.99
<b>Total general</b>	<b>79.83</b>	<b>80.21</b>	<b>95.94</b>	<b>73.08</b>

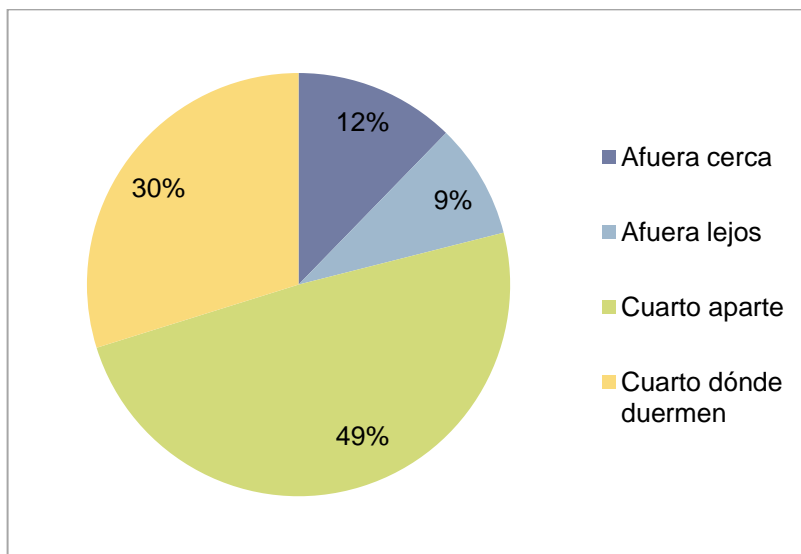
\*Porcentaje del Flujo Espiratorio Máximo \*\* Porcentaje del Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo

Fuente: Investigación de campo 2016.



### GRÁFICA 13

#### UBICACIÓN DE LA COCINA EN HOGARES HABITADOS POR NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS CON EXPOSICIÓN DOMÉSTICA AL HUMO DE BIOMASA CAHABÓN, A.V. JULIO DE 2016



Fuente: Investigación de campo. Año 2016.

### CUADRO 11

#### PROMEDIO DEL %FEM Y %VEF<sub>1</sub> DE ACUERDO A LA UBICACIÓN DE LA COCINA EN HOGARES HABITADOS POR NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS CON EXPOSICIÓN DOMÉSTICA AL HUMO DE BIOMASA

CAHABÓN, A.V. JULIO DE 2016

Ubicación de la cocina	Promedio de %FEM*	Promedio de %VEF1**
Afuera cerca***	99.38	90.59
Afuera lejos****	(↑)106.06	(↓)79.80
Cuarto aparte	92.50	(↓)71.12
Duermen	97.21	(↓)67.13
<b>Total general</b>	<b>95.94</b>	<b>73.08</b>

\*Porcentaje del Flujo Espiratorio Máximo \*\*Porcentaje del Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo \*\*\* A menos de 10 metros de distancia. \*\*\*\* A más de 10 metros de distancia.

Fuente: Investigación de campo. Año 2016.

### CUADRO 12

#### PROMEDIO DE SAO<sub>2</sub>, %FEM Y %VEF<sub>1</sub> EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS CON EXPOSICIÓN DOMÉSTICA AL HUMO DE BIOMASA VERSUS NO EXPUESTOS CAHABÓN, A.V. JULIO DE 2016

Humo de biomasa	Promedio de %FEM*	Promedio de %VEF <sub>1</sub> **	Promedio de SaO <sub>2</sub> ***
No Expuestos	(↓)79.83	80.21	98.30
Expuestos	95.94	(↓)73.08	98.25
<b>Total general</b>	<b>87.95</b>	<b>76.61</b>	<b>98.27</b>
	t= sig. 0.00****	t= sig. 0.053	

\*Porcentaje del Flujo Espiratorio Máximo \*\*Porcentaje del Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo \*\*\* Saturación de oxígeno \*\*\*\* t: Prueba t para muestras independientes, sig.: significancia

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2016.

### CUADRO 13

#### RIESGO DE DETERIORO DE LA FUNCIÓN PULMONAR, DERIVADO DE LA EXPOSICIÓN AL HUMO DE BIOMASA EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS EXPRESADO EN %FEM Y %VEF<sub>1</sub> CAHABÓN, A.V. JULIO DE 2016

Flujo Espiratorio Máximo			Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo				
	FEM* <80%	FEM >80%	Total		VEF <sub>1</sub> ** <80%	VEF <sub>1</sub> >80%	Total
Expuestos	13	44	<b>57</b>	Expuestos	37	20	<b>57</b>
No expuestos	27	30	<b>57</b>	No expuestos	27	30	<b>57</b>
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>74</b>	<b>228</b>	<b>Total</b>	<b>64</b>	<b>50</b>	<b>228</b>
RR=0.48***		OR=0.32****		RR=1.37		OR=2.05	

\*Porcentaje del Flujo Espiratorio Máximo \*\* Porcentaje del Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo \*\*\*RR: Riesgo relativo \*\*\*\*OR: Odds ratio

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2016.

### 3.2 Discusión de resultados

La contaminación del aire se asocia a una amplia gama de consecuencias adversas para la salud de la población en general, incluyendo aumento de la susceptibilidad a las enfermedades respiratorias, presencia de síntomas respiratorios constantes, deterioro de la función pulmonar etc., hasta muerte prematura. Con el fin de determinar los efectos de la exposición doméstica al humo de biomasa sobre la función respiratoria infantil, se midieron los valores del Flujo Espiratorio Máximo (FEM) y el Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo ( $VEF_1$ ), en niños de 6 a 12 años, habitantes del Caserío Tamax y de la cabecera municipal de Santa María Cahabón A.V.

La población en estudio inicialmente estaba conformada por 89 niños de ambos sexos comprendidos entre los 6 y 12 años de edad habitantes de hogares del Caserío Tamax que utilizan biomasa (leña, residuos de la cosecha) para cocinar. A lo largo de la investigación se excluyó a 32 individuos para evitar factores de confusión y evidenciar únicamente el estado de la función pulmonar de niños aparentemente sanos o asintomáticos.

En la Fase I del estudio se descartó la participación de 29 niños debido a que tenían antecedentes de enfermedad respiratoria o cardíaca, exposición al humo de cigarrillo en casa, entre otras causas (Ver Anexo 1 y 2). Durante la Fase II, 3 niños fueron retirados del estudio puesto que no realizaron adecuadamente la maniobra de espiración forzada o presentaron signos y/o síntomas respiratorios.

Posterior al proceso de selección, el grupo con exposición quedó conformado por un total de 57 niños y niñas entre los 6 y 12 años, habitantes de hogares que cocinan con biomasa. El grupo de referencia se integró por 57 niños y niñas que habitan a 5 kilómetros del caserío y tienen

características similares, a excepción de la exposición al humo de biomasa, constituyendo así un total de 114 sujetos de estudio.

Al utilizar el Coeficiente de Pearson para analizar los valores del Flujo Espiratorio Máximo (%FEM) y el Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo (%VEF<sub>1</sub>) en relación a la edad, se encontró una correlación negativa, donde: a mayor edad, porcentajes más bajos de FEM y VEF<sub>1</sub> (%FEM  $r=-0.32$ ,  $r^2=0.10$  y %VEF<sub>1</sub>  $r=-0.17$ ,  $r^2=0.03$ ). (Ver Gráficas 11 y 12)

A pesar de presentarse una correlación negativa, esta no constituye un factor protector, pues a menores valores de %FEM y VEF<sub>1</sub> mayores indicios de obstrucción y deterioro en la función respiratoria, coincidiendo con lo expuesto por la OMS, que ha relacionado negativamente el aumento del tiempo de exposición al humo de biomasa con la salud respiratoria, principalmente de las mujeres y los niños.<sup>140</sup> Llama la atención que aunque la correlación puede catalogarse como débil en ambos casos, al observar la gráfica de dispersión, los valores en el %FEM se concentran dentro de los límites normales, mientras en el %VEF<sub>1</sub> los valores se concentran por debajo del rango normal, es decir el 80% del valor predicho.

Cuando se analizan conjuntamente los datos tanto de niños expuestos al humo de biomasa como no expuestos, no se observan las correlaciones esperadas. Los niños entre los 6 y 7 años de edad con y sin exposición al humo de biomasa presentan resultados dentro del rango aceptable de %FEM y %VEF<sub>1</sub> (Valores normales: 80-100). A partir de los 8-9 años de edad se observan valores por debajo del 80% del VEF<sub>1</sub> en ambos grupos, con leves diferencias entre ambos. Sin embargo los

---

<sup>140</sup> WHO. *Household fuel combustion*, ix.

valores en cuanto al FEM obtenido discrepan, pues siguiendo la tendencia del  $VEF_1$  en el grupo no expuesto se encuentran bajos, mientras en el grupo con exposición al humo de biomasa se encuentran en valores normales e incluso por encima del 100% en los niños de 8 años. (Ver Cuadro 9)

Este hecho podría estar relacionado con las emisiones de las casas de los vecinos en el caso de los niños que habitan hogares donde no utilizan biomasa para cocinar u otros factores de riesgo que no fueron tomados en cuenta, por lo que es necesario realizar nuevas investigaciones para obtener datos concluyentes.

Al analizar los valores obtenidos de %FEM y % $VEF_1$  en relación al género, se encontró que todos los promedios correspondientes al género femenino, a excepción del %FEM del grupo expuesto que se observa en 95.25%, se encontraron por debajo del valor aceptable (80%). Por el contrario en el género masculino a excepción del % $VEF_1$  del grupo expuesto que se observa en 74.99%, todos los promedios se encuentran dentro de los límites normales. De acuerdo con estos datos la función pulmonar de las niñas en general se encuentra disminuida en comparación con los niños, y los niños expuestos al humo de biomasa tienen una menor función pulmonar con respecto a aquellos no expuestos, todo esto considerando el valor del  $VEF_1$  por sobre el FEM. (Ver Cuadro 10)

De acuerdo con una revisión sistemática realizada por Guang-Hui Dong y Yungling Leo Lee, a lo largo de la vida las mujeres tienen pulmones más pequeños que los hombres, pero con una arquitectura pulmonar más ventajosa al poseer un mayor diámetro de la vía aérea superior en relación con el volumen del parénquima pulmonar, por lo que

en la infancia, la hiperreactividad de las vías respiratorias y el asma son más comunes entre los niños que en las niñas.<sup>141</sup>

A pesar de ello varios estudios han informado que los efectos de la contaminación del aire son más fuertes en las niñas (Delfino Et.Al. 2009; Rojas Martínez Et.Al. 2007; Rosenlud Et.Al. 2009). Esta creciente evidencia epidemiológica se concentra en las diferencias de género más que en las de sexo, pues el primero incluye normas culturales, roles y comportamientos modelados por las relaciones entre hombres y mujeres,<sup>142</sup> lo que puede asociarse en este caso con una mayor exposición, puesto que es la niña quien ayuda a la madre a cocinar y por lo tanto pasa mayor tiempo en la cocina, cerca del humo de biomasa.

La ubicación de la cocina se tomó en cuenta únicamente en el caso de los niños con exposición al humo, con el fin de relacionar dicha variable con las mediciones obtenidas de %FEM y %VEF. Se observó que un 70% cuenta con un ambiente exclusivo para la cocina, aunque el porcentaje es más bajo que el descrito por la *Encuesta nacional del consumo de leña en hogares y pequeña industria en Guatemala* dónde en el 82.2% de los hogares la cocina tiene un ambiente propio<sup>143</sup>. Del 70% mencionado previamente, el 49% cuenta con una habitación para la cocina dentro de la casa, el 12% fuera de la casa a menos de 10 metros de distancia de esta, y el 9% fuera de las habitaciones a más de 10 metros de distancia. No obstante en un 30%, es decir en casi un tercio de la población estudiada, la cocina se sitúa en la misma habitación dónde la familia duerme, por lo que la exposición al humo de leña se prolonga más allá de los momentos en los que se cocinan y consumen los alimentos. (Ver Gráfica 13)

---

<sup>141</sup> Dong. 337-356

<sup>142</sup> *Ibidem*.

<sup>143</sup> AKIANTO. *Encuesta nacional de leña Guatemala*.

Al estudiar la relación entre la ubicación de la cocina y las mediciones del %FEM y %VEF<sub>1</sub> se encontró que el promedio del %FEM se observó dentro de los valores normales en las opciones presentadas, incluso sobre el 100% en quienes habitan hogares donde la cocina se encuentra afuera, alejada de los cuartos principales. En cuanto al %VEF<sub>1</sub> los valores se observan por debajo del 80% indistintamente de la posición de la cocina en el hogar, a excepción de aquellos en donde la cocina se ubica afuera en cercanías de los cuartos principales donde el promedio se encuentra en 90.59%, dentro del rango normal. (Ver Cuadro 11)

En general, los promedios fueron menores dentro de la casa y cercanos o dentro del rango normal cuando la cocina se ubicó fuera de esta, por lo que ubicar la cocina fuera de la casa sería una opción favorable, además de la construcción de chimeneas, con el fin de reducir la exposición.

Al contrastar los resultados obtenidos de %FEM, %VEF<sub>1</sub> tanto de expuestos como de no expuestos, sin otras variables cualitativas se observa que en el grupo de referencia los valores tanto del VEF<sub>1</sub> como del FEM guardan correlación entre sí, pues los promedios de ambos son bastante similares: 79.83 y 80.21% respectivamente. Sin embargo al observar los valores del VEF<sub>1</sub> y FEM del grupo expuesto al humo de biomasa, estos se ubican en niveles opuestos ya que el promedio general de %FEM está dentro del rango normal: 95.94%; mientras el %VEF<sub>1</sub> se encuentra por debajo del 80%: 73.08%. La saturación de oxígeno en todos los niños de ambos grupos se mantuvo dentro de los valores normales que van del 95% al 100%.

A simple vista los valores de  $VEF_1$  se hallan acorde con lo descrito en varios estudios (Oluwafemi Oluwole, 2013<sup>144</sup>; Rinne 2006<sup>145</sup>; Cecilia García-Sancho 2013<sup>146</sup>), dónde los niños que viven en hogares que utilizan biomasa como combustible tienen CVF,  $VEF_1$  y FEM menores a los observados en niños no expuestos; aunque debe notarse que el grupo no expuesto del presente estudio también presentó valores relativamente bajos de FEM y  $VEF_1$ .

Con el fin de probar la hipótesis propuesta en la investigación fue necesario realizar una comparación no sólo dentro de los grupos, sino entre los grupos por lo que se utilizó la prueba t para muestras independientes dónde en relación al %FEM se obtuvo una significancia de 0.00, y en relación al % $VEF_1$  una significancia de 0.053, en valores limítrofes; por lo tanto de acuerdo con los resultados, existen diferencias entre el FEM de niños entre los 6 y los 12 años que habitan en hogares que utilizan biomasa para cocinar y niños que habitan en hogares que no utilizan este combustible, y no existen diferencias entre los valores de  $VEF_1$  de ambos grupos, de ahí que en cuanto al FEM se rechaza la hipótesis nula, y al  $VEF_1$  se acepta. (Ver Cuadro 12)

Para determinar la fuerza de asociación en los valores obtenidos se analizó el riesgo relativo y el odds ratio o razón de probabilidades. En relación al FEM no se obtuvieron valores significativos, confirmando las diferencias existentes observadas previamente en la prueba t. En cuanto al  $VEF_1$  los valores obtenidos tanto en el riesgo relativo, (RR=1.48), como en el odds ratio (OR=2.05) ratifican la asociación encontrada en la prueba t. Sin embargo dicha asociación no es tan fuerte en cuanto al riesgo

---

<sup>144</sup> Oluwole, 28-38.

<sup>145</sup> Rinne. 1 208-1 215.

<sup>146</sup> García-Sancho, 281-286



relativo, aunque el odds ratio puede interpretarse como el doble de riesgo de deterioro de la función pulmonar en niños expuestos al humo de biomasa versus no expuestos únicamente basado en valores de  $VEF_1$ . Estos datos no concluyentes se asemejan a los encontrados en el estudio CRECER, realizado en población infantil guatemalteca por Amy Heinzerling, Et.Al.<sup>147</sup>, con la diferencia que los valores de %FEM presentaron una reducción significativa, mientras los valores de  $VEF_1$  se mantuvieron en niveles más altos, contrario a los resultados de la presente investigación. (Ver Cuadro 13)

---

<sup>147</sup> Heinzerling. *Lung function in woodsmoke-exposed Guatemalan children.*

## CONCLUSIONES

1. Existe una correlación negativa débil entre la edad y los promedios de %FEM y %VEF:  $r = -0.32$  y  $r = -0.17$  respectivamente, por lo que a mayor edad, menores valores de %VEF, %FEM y mayores indicios de obstrucción y deterioro de la función pulmonar.
2. Los valores de  $VEF_1$  de ambos grupos (con exposición/sin exposición) se encontraron por debajo del 80% en el género femenino; el género masculino presento valores mayores que el femenino aunque el grupo expuesto a humo de biomasa también presentó valores por debajo del 80%. El FEM se observó dentro de los rangos normales en la mayoría de los promedios.
3. Se encontraron valores mayores de %VEF en niños que habitan hogares donde la cocina se encuentra fuera de la casa. El FEM se observó dentro de los rangos normales indistintamente de la posición de la cocina.
4. En relación al FEM no se encontró asociación entre los valores de ambos grupos: con exposición/ sin exposición, (sig.=0.00). En cuanto a los valores  $VEF_1$  se presentó cierta asociación (sig.=0.053), aunque estadísticamente no fue una asociación significativa definitiva (RR=1.48, OR=2.05).

## RECOMENDACIONES

1. Socializar a la población en general los efectos nocivos del humo de biomasa y otros contaminantes del aire en todos los niveles de atención para mejorar la salud infantil y prevenir enfermedades crónicas en la adultez relacionados con estos factores.
2. Promover la utilización de chimeneas, estufas mejoradas y combustibles más limpios.
3. Brindar cuando sea posible un adecuado plan educacional a las personas que utilizan biomasa para cocinar, con el fin de alentarlas a buscar alternativas que permitan disminuir la exposición al humo.
4. Promover y apoyar el desarrollo de la investigación dentro del ámbito comunitario y hospitalario, con el fin no sólo de alcanzar el conocimiento científico sino de mejorar las condiciones de vida de la población.

## **APORTES**

1. Contribuir con valor teórico al generar conocimientos que puedan aplicarse a otras poblaciones y utilizarse como referente en estudios posteriores.
2. Brindar a la población en estudio un esquema sobre la situación actual en cuanto a la salud pulmonar de los niños.
3. Proporcionar una copia del informe de los resultados del estudio a las autoridades tanto de la comunidad como del establecimiento educativo y al Distrito de Salud de Cahabón.
4. Socializar a la población local los efectos nocivos del humo de biomasa por medio de material didáctico (Colocación de afiches en centro de convergencia, centro de salud y centros educativos).

## BIBLIOGRAFÍA

- Austin, Diana. *Assessing pollution's effects on infant development*. 2013.  
<http://scienceofcaring.ucsf.edu/global-health/assessing-pollution%E2%80%99s-effects-infant-development> (25 de abril de 2016).
- Belgrave, Danielle. Et.Al. "Trajectories of lung function during childhood." *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 189-9. (mayo 2014): 1101-1109.
- Burgos, Felip. Et.Al. *Normativa sobre la espirometría*. Barcelona, España: Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica, 2013.
- Cano Zárate, Roberto. "Flujometría. Automonitorización del asma en el paciente pediátrico. Revisión sistemática." *Alergia, Asma e Inmunología Pediátricas*. 22-1. (enero-abril 2013): 11-18.
- Carazo Fernández, Luis. Et.Al. "Contaminación del aire y su impacto en la patología respiratoria." *Archivos de Bronconeumología*. 49. (2013): 22-27.
- Caussade, Solange. Et.Al. "Valores espirométricos en niños y adolescentes chilenos sanos." *Revista Médica de Chile*. 143. (agosto 2015): 1386-1394.
- Cebujl Navarrete, Daniel. Et.Al. "Función pulmonar en niños sanos de 7 y 8 años de las comunas de Cerro Navia y Los Andes expuestos a diferentes niveles de contaminación por MP<sub>10</sub>." *Salud Uninorte*. 27-2. (septiembre 2011): 198-202.
- Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades e Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias. *Guía NIOSH sobre entrenamiento en espirometría*. México: Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, 2007.
- Corporación para el desarrollo, innovación y soluciones estratégicas AKIANTO. *Encuesta nacional de leña: Consumo de leña en hogares y pequeña industria en Guatemala*. Guatemala: Comisión Económica para América Latina, 2011.

- CRECER: Chronic respiratory effects of early childhood exposure to Respirable particulate matter.* <http://ehsdiv.sph.berkeley.edu/guat/>. (10 de marzo de 2016).
- Dinwiddie, Robert. "Lung function in paediatrics. Lung function testing in children." *Allergologia et inmunopahologia*. 38-2. (marzo 2010): 88-91.
- Dong, Guang-Hui y Yungling Leo Lee. "Air pollution and health effects in children. Air pollution: Monitoring, modeling and health." *InTech*, 15. (marzo 2012): 337-356.
- Durán, Sandra. *Evidence Review: Wildfire smoke and public health risk*. Vancouver, Canada: Center for Disease Control, 2014.
- Eber, Ernst y Jürg Hammer. *Paediatric pulmonary function testing*. Basel, Switzerland: Karger, 2005.
- Energía sin Fronteras. Et.Al. *Análisis del mercado de estufas y combustibles de Guatemala*. Madrid, España: Energía sin Fronteras, 2013.
- Figueroa, María Gabriela. Et.Al. "Laboratorio de función pulmonar" *Revista Médica Clínica Las Condes*. 26-3. (abril 2015): 376-386.
- Frades Rodríguez, Agustín y Valentín López Carrasco. *Pico flujo espiratorio máximo: Peak Flow. Protocolo*. Madrid, España: Sociedad española de alergología e inmunología clínica, 2013.
- García-Sancho, Cecilia. Et.Al. "Exposición a humo de leña y tuberculosis en los niños." *Neumología y Cirugía de Tórax*. 72-4. (diciembre 2013): 281-286.
- GBD: Global burden of disease*. 2016, <http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/> (13 de marzo de 2016).
- Global Alliance for Clean Cookstoves. Et.Al. *Plan de acción nacional de Guatemala para estufas y combustibles limpios*. Guatemala: Ministerio de Energía y Minas, 2014.
- Gomara Perelló, J. Miguel y M. Román Rodríguez. "Medidor de Peak-flow: técnica de manejo y utilidad en atención primaria." *MEDIFAM*. 12-3. (marzo 2002): 206-213.
- González Pérez-Yarza, Eduardo. Et.Al. *La función pulmonar en el niño: Principios y aplicaciones*. Madrid, España: Ergon, 2007.
- Gordon, Stephen B. Et.Al. "Respiratory risk from household air pollution in low and middle income countries." *The Lancet Respiratory Medicine*. 2. (septiembre 2014): 823-860.

- Graham, Anne. Et.Al. *Investigación ética con niños*. Florencia, Italia: Centro de Investigaciones Innocenti, 2013.
- Guarnieri, Michael. Et.Al. "Lung function in rural guatemalan women before and after a chimney stove intervention to reduce wood smoke exposure." *CHEST*. 148-5. (junio 2011): 1184-1192.
- Guyton Arthur C. y John E. Hall. *Tratado de fisiología médica*. Barcelona, España: ElSevier, 2011.
- Havens, Deborah. Et.Al. "Strategies for reducing exposure to indoor air pollution from household burning of solid fuels: effects on acute lower respiratory infections in children under the age of 15 years. Intervention protocol." *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 9. (2015): 1-10.
- Heinzerling, Amy P. Et.Al. "Lung function in woodsmoke-exposed Guatemalan children following a chimney stove intervention." *Thorax*. 71-5. (marzo 2016): 1-8.
- Hull, Jeremy. Et.Al. *Paediatric respiratory medicine*. Oxford, England: Oxford University Press, 2015.
- Instituto Nacional de Bosques. Et.Al. *Oferta y demanda de leña en la República de Guatemala*. Guatemala: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2012.
- Instituto Nacional de Estadística. *Guatemala: Estimaciones de la población total por municipio, periodo 2008-2020*. 2008. <http://www.oj.gob.gt/estadisticaj/files/poblacion-total-por-municipio1.pdf> (26 de abril de 2016)
- , Et.Al. *Sistema de contabilidad ambiental y económica de Guatemala 2001-2010. Compendio estadístico*. Guatemala: Instituto Nacional de Estadística, 2013.
- Junemann, Andrea y Gabriela Legarreta. "Inhalación de humo de leña: una causa relevante pero poco reconocida de enfermedad pulmonar obstructiva crónica." *Revista Argentina de Medicina Respiratoria*. 2. (noviembre 2007): 51-57.
- Kending, Edwin L. Et.Al. *Disorders of respiratory tract in children*. Philadelphia, United States of America: ElSevier, 2012.
- Kipen, Howard M. y Robert J. Laumbach. "Respiratory health effects of air pollution: Update on biomass smoke and traffic pollution." *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 129-1. (enero 2012): 3-13.

- Li, Shanshan. Et.Al. "Panel studies of air pollution on children's lung function and respiratory symptoms: A literature review." *Journal of Asthma*. 49-9. (2012): 895-910.
- Lim, Stephen S. Et.Al. "A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010." *Lancet*. 380. (2012): 2224-2260.
- Liñán Cortés, Santos. Et.Al. *Exploración funcional respiratoria. Protocolo*. Barcelona, España: Asociación Española de Pediatría, 2008.
- Manjunath, C. Et.Al. Peak expiratory flow rate in healthy rural school going children (5-16 years) of Bellur region for construction of normogram." *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 7-12. (diciembre 2013): 2844.
- Mejía Salas, Héctor y Mayra Mejía Suárez. "Oximetría de pulso." *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*. 51-2. (2012):149-154.
- Miller M. Et.Al. "Series ATS/ERS task force: Standardization of lung function testing. Standardization of spirometry." *European Respiratory Journal*. 26-2. (2005): 319-338.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Estrategia de fortalecimiento del primer nivel de atención, propuesta Cahabón año 2015*. Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2015.
- Mir Messa, Inés de. Et.Al. "Pletismografía corporal (I): Estandarización y criterios de calidad." *Anales de Pediatría*. 83-2. (agosto 2015): 136.e1-136.e7.
- Mudway, Ian S. Et.Al. "Combustion of dried animal dung as biofuel results in the generation of highly redox active fine particulates." *Particle and Fibre Toxicology*. 2-6. (octubre 2005): 1-11.
- Nakai, Satoshi y Eldred Tunde Taylor. "Prevalence of acute respiratory infections in women and children in Western Sierra Leone due to smoke from wood and charcoal stoves." *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19-9. (junio 2012): 2252-2265.
- Noonan, Curtis W. Et.Al. "Asthma randomized trial of indoor Wood smoke (ARTIS): Rationale and Methods." *Contemporary Clinical Trials Journal*. 33-5. (septiembre 2012): 1080-1087.
- Oluwole, Oluwafemi. Et.Al. "Relationship between household air pollution from biomass smoke exposure, and pulmonary dysfunction, oxidant-antioxidant imbalance and systemic inflammation in rural women and children in Nigeria." *Global Journal of Health Science*. 5-4. (marzo 2013): 28-38.



- Organización Mundial de la Salud –OMS– y Organización Panamericana de la Salud –OPS–. *Glosario de salud ambiental en español*. Lima, Perú: OMS., 2003.
- . *Guías de la calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005*. Ginebra, Suiza: OMS., 2006.
- . *Manual de oximetría de pulso global*. Ginebra, Suiza: OMS., 2010.
- . *Nuevas directrices de calidad del aire en los hogares: El uso de combustibles sólidos para cocinar en las Américas. Taller Regional aire limpio, vida saludable*. Tegucigalpa, Honduras: OMS., 2015.
- . *Contaminación del aire de interiores y salud*. 2016. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/es/> (12 de marzo de 2016).
- Oviedo Salazar, J. Et.Al. “Historia y uso de energías renovables.” *International Journal of Good Conscience*. 10-1. (abril 2015): 1-18.
- Pávic, Ivan. Et.Al. “The effects of parental smoking on anthropometric parameters, peak expiratory flow rate and physical condition in school children.” *Collegium Antropologicum*. 38-1. (2014): 189-194.
- Paz C., Fernando. “Respuesta broncodilatadora en niños asmáticos.” *Neumología Pediátrica*. 9-2. (julio 2014): 51-54.
- Presa, Juan Manuel. *Protección y cuidado de la madera*. Barcelona, España: Cedria, 2014.
- . “Estructura, composición y clasificación de la madera.” *Albura, Cedria*. 1. (abril 2015): 1-5.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente –PNUMA–. Et.Al. *Glosario de términos en salud ambiental*. México: PNUMA., 2005.
- Quanjer, Phillip H. *All about spirometry: Comparación de valores predichos para espirometría*. [http://www.spirxpert.com/gli-esp/gli\\_comparison.html](http://www.spirxpert.com/gli-esp/gli_comparison.html) (25 de abril de 2016).
- Reyes, Marco Antonio. Et.Al. *Neumología pediátrica: Infección, alergia y enfermedad respiratoria en el niño*. Bogotá, Colombia: Editorial Médica Internacional, 2006.

- Rinne, Seppo T. Et.Al. "Relationship of pulmonary function among women and children to indoor air pollution from biomass use in rural Ecuador." *Respiratory Medicine*. 100-7. (julio 2006): 1208-1215.
- Ritz, Beate y Michelle Wilhelm. *Air pollution impacts on infants and children*. 2008. <http://www.environment.ucla.edu/reportcard/article1700.html> (25 de abril de 2016)
- Robbins Stanley y Ramzi Suliman Cotran. *Patología estructural y funcional*. Barcelona, España: ElSevier, 2010.
- Sada-Ovalle, Isabel. Et.Al. "Humo de biomasa, inmunidad innata y *Mycobacterium tuberculosis*." *Neumología y Cirugía de Tórax*. 74-2. (abril-junio 2015): 118-126.
- Salcedo Posadas, Antonio. Et.Al. "Medición de la difusión de CO (II): estandarización y criterios de calidad." *Anales de Pediatría*. 83-2. (2015): 137.e1-137.e7.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia –SEGEPLAN–. *Plan de desarrollo Santa María Cahabón, Alta Verapaz*. Guatemala: SEGEPLAN., 2010.
- Smith, Kirk R. Et.Al. *Household fuels and ill-health in developing countries: What improvements can be brought by LP Gas?*. Berkeley, California, United States of America: University of California, 2005.
- ". "El uso doméstico de leña en los países en desarrollo y sus repercusiones en la salud." *Unasyva*. 57-224. (febrero 2006): 41-44.
- ". Et.Al. "Personal child and mother carbon monoxide exposures and kitchen levels: Methods and results from a randomized trial of woodfired chimney cookstoves in Guatemala (RESPIRE)." *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*. 20-5. (julio 2010): 406-416
- ". Et.Al. "Effect of reduction in household air pollution on childhood pneumonia in Guatemala (RESPIRE): a randomized controlled trial." *Lancet*. 378. (2011): 1717-1726.
- Stacey, Robert. Et.Al. *European glossary for wildfires and forest fires*. Northumberland, England: European Union, 2012.
- Taussig, Lynn M. Et.Al. *Pediatric respiratory medicine*. Philadelphia, United States of America: Mosby ElSevier, 2008.

- Thompson, Lisa M. Et.Al. "Does household air pollution from cooking fires affect infant neurodevelopment? Developing methods in the NACER pilot study in rural Guatemala." *Lancet*. 14-2. (mayo 2014): 1.
- Et.Al. "Genetic modification of the effect of maternal household air pollution exposure on birth weight in Guatemala newborns." *Reproductive Toxicology Journal*. 50. (diciembre 2014): 19.26.
- Vargas, Claudio. *Efectos de la fracción gruesa (PM<sub>10-2.5</sub>) del material particulado sobre la salud humana*. Santiago, Chile: Ministerio de Salud, 2011.
- Vitalograph. *Spirometry normal values*. 2016, <https://vitalograph.eu/resources/normal-values> (20 de mayo de 2016).
- World Health Organization –WHO–. *Indoor air quality guidelines: Household fuel combustion*. Geneva, Switzerland: WHO., 2014.
- *Residential heating with wood and coal: Health impacts and policy options in Europe and North America*. Copenhagen, Denmark: WHO., 2015.
- *Health risk assessment of air pollution: General principles*. Copenhagen, Denmark: WHO., 2016.
- Yohannssen Vásquez, Karla. Et.Al. "Exposure to fine particles by mine tailing and lung function effects in a panel of schoolchildren, Chañaral, Chile." *Journal of Environmental Protection*. 6. (febrero 2015): 118-128.



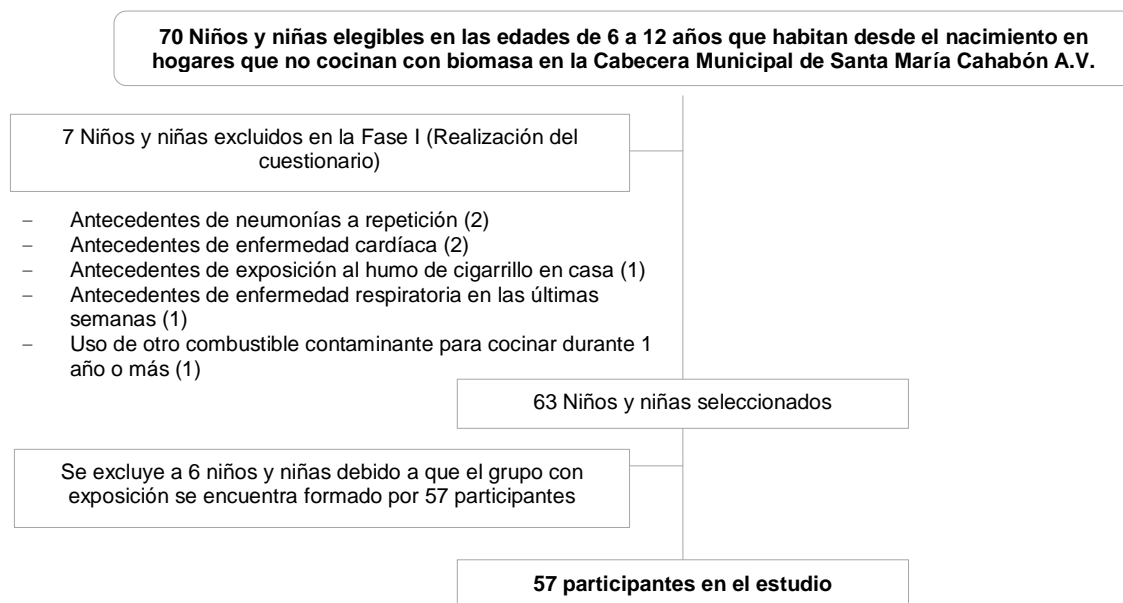
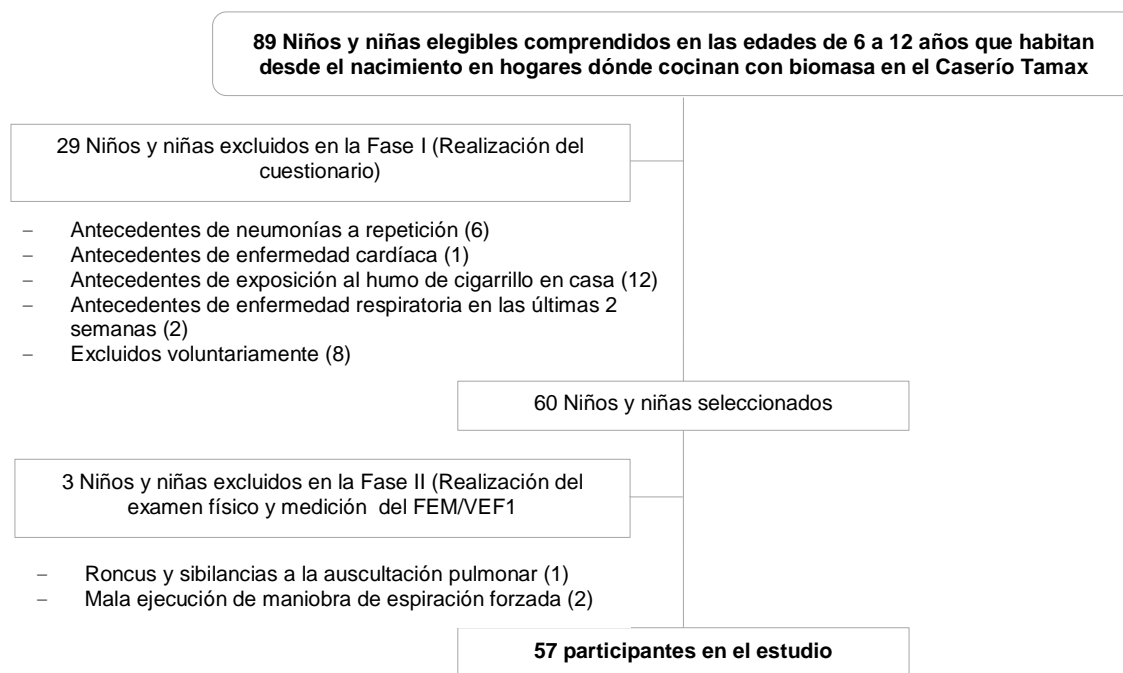
V.º B.º  
*Adán García Véliz*

---

Adán García Véliz  
 Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa  
 Bibliotecario

## ANEXOS

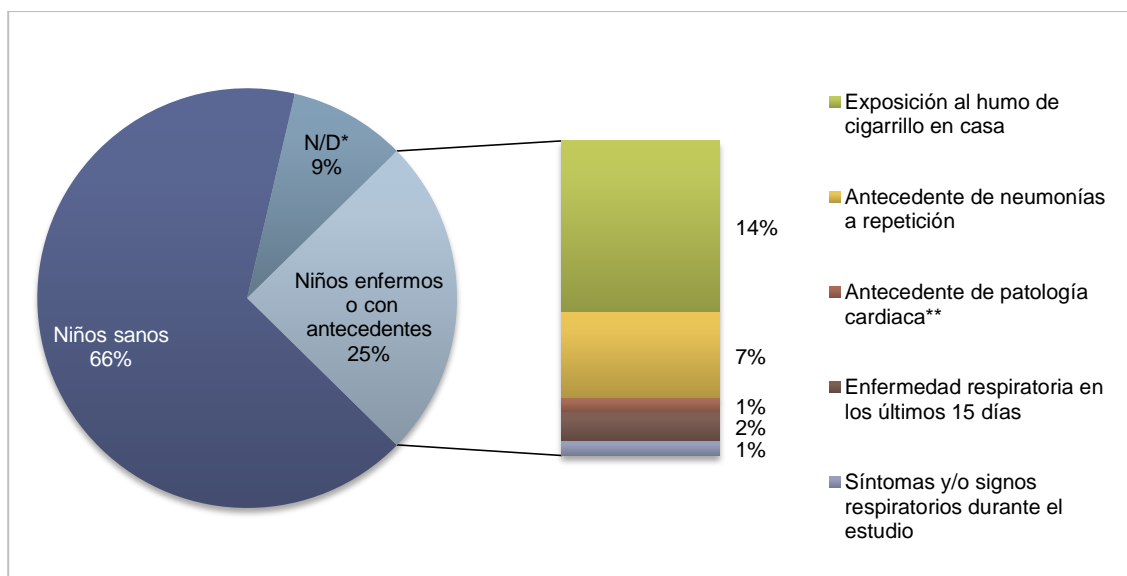
### Anexo 1 – Selección de participantes



Anexo 2 – Gráficas de referencia resultados

GRÁFICA 14

CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE SALUD RESPIRATORIA Y LA EXPOSICIÓN AL HUMO DE CIGARRILLOS EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS DE EDAD EXPUESTOS AL HUMO DE BIOMASA CAHABÓN, A.V. JULIO 2016



\*No hay datos, niños que no participaron en el estudio. \*\*Sin especificar

Fuente: Investigación de campo. Año 2016.

### Anexo 3 – Boleta de recolección de datos



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE -CUNOR-  
CARRERA DE MÉDICO Y CIRUJANO

Número: \_\_\_\_\_

#### ESTUDIO “EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL HUMO DE BIOMASA EN LA TASA DEL FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO (PEAK FLOW) Y EL VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO DENTRO DEL PRIMER SEGUNDO (VEF<sub>1</sub>) EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS”

#### INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Fecha: \_\_\_\_\_

#### DATOS GENERALES:

Nombre de su hijo (a): \_\_\_\_\_ Edad del niño (a): \_\_\_\_ años

Género del niño (a):  Masculino  Femenino Dirección: \_\_\_\_\_

#### SECCIÓN 1: CUESTIONARIO PARA PADRES O ENCARGADOS

**Instrucciones:** Las siguientes preguntas son en relación a la salud de su hijo (a). Marque con una (X) la opción que corresponda.

- ¿Ha padecido su hijo (a) de alguna de las siguientes enfermedades?  
 Ninguna  Asma  Tuberculosis  Enfermedades del corazón  
 Neumonías a repetición (2 o más al año)  Otras: \_\_\_\_\_
- ¿Usted o algún familiar fuma cigarrillos dentro de la casa?  
 No  Sí
- ¿Qué combustible utiliza en casa para cocinar todos los días?  
 Gas propano  Leña, residuos de la cosecha  Otro: \_\_\_\_\_
- ¿Ha utilizado algún otro combustible para cocinar desde que nació su hijo?  
 Sí  No
- Si respondió afirmativamente a la pregunta 4, ¿cuál fue el combustible utilizado?  
 Gas propano  Leña, residuos de cosecha  Otro: \_\_\_\_\_
- Si respondió afirmativamente a la pregunta 4, ¿Por cuánto tiempo lo utilizó?  
 1 semana  1 mes  1 año o más
- ¿En qué parte de su casa se encuentra la cocina?  
 Afuera, cerca de la casa (a menos de 10 metros de distancia)  En el cuarto dónde duermen  
 Afuera, lejos de la casa (a 10 o más metros de distancia)  En un cuarto aparte
- ¿Ha padecido su hijo (a) de alguna de las siguientes enfermedades en los últimos 15 días?  
 Ninguna  Neumonía  Amigdalitis  Resfriado

*La parte de atrás de esta ficha será utilizada durante el examen que se le realizará a su hijo (a), favor de no escribir en ella.*

**¡Gracias por su colaboración! ☺**

Número: \_\_\_\_\_

**SECCIÓN 2: EXAMEN FÍSICO Y MEDICIÓN DEL FEM y VEF<sub>1</sub>****9. Talla:**

\_\_\_\_\_ metros

**10. Saturación de oxígeno (Medido con oxímetro de pulso)**

\_\_\_\_\_ %

**11. Síntomas y signos respiratorios actuales**

- |                                      |                                 |                                      |                              |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Ninguno     | <input type="checkbox"/> Disnea | <input type="checkbox"/> Sibilancias | <input type="checkbox"/> Tos |
| <input type="checkbox"/> Estertores  | <input type="checkbox"/> Roncus | <input type="checkbox"/> Rinorrea    |                              |
| <input type="checkbox"/> Otros _____ |                                 |                                      |                              |

**12. Flujo espiratorio máximo (FEM)** FEM 1 \_\_\_\_\_  FEM 2 \_\_\_\_\_  FEM 3 \_\_\_\_\_

FEM esperado \_\_\_\_\_ % FEM \_\_\_\_\_

**13. Volumen espiratorio forzado dentro del primer segundo** VEF<sub>1</sub> 1 \_\_\_\_\_  VEF<sub>1</sub> 2 \_\_\_\_\_  VEF<sub>1</sub> 3 \_\_\_\_\_VEF<sub>1</sub> esperado \_\_\_\_\_ % VEF<sub>1</sub> \_\_\_\_\_

## Anexo 4 – Consentimiento informado



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE -CUNOR-  
CARRERA DE MÉDICO Y CIRUJANO

Número: \_\_\_\_\_

### ESTUDIO “EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL HUMO DE BIOMASA EN LA TASA DEL FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO (PEAK FLOW) Y EL VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO DENTRO DEL PRIMER SEGUNDO (VEF<sub>1</sub>) EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS”

#### HOJA DE INFORMACIÓN PARA PADRES

##### Señor (a) padre (madre) de familia o encargado:

De manera atenta me dirijo a usted, como estudiante de la carrera de Médico y Cirujano de la Universidad de San Carlos de Guatemala del Centro Universitario del Norte, Cobán, Alta Verapaz. Actualmente me encuentro realizando mi trabajo de graduación titulado: “*Efectos de la exposición al humo de biomasa en la tasa del Flujo Espiratorio Máximo (Peak Flow) y el Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo (VEF<sub>1</sub>) en niños de 6 a 12 años de edad*” dónde se investiga si el humo de leña afecta la función de los pulmones en los niños; por ello quiero invitarle a que autorice la participación de su hijo (a) en el estudio. Antes de decidir si quiere dejarlo (a) participar puede hablar con alguien con quien se sienta cómodo sobre la investigación y si tiene dudas luego de leer este documento no dude en consultarme.

##### Propósito

La principal función de los pulmones es la respiración, pues permite que llegue oxígeno a nuestro organismo sin el cual no podríamos vivir. El humo de leña puede provocar enfermedades respiratorias que dañan la función del pulmón y afectan especialmente a los niños. El daño en la función del pulmón puede detectarse por varios exámenes, uno de ellos es la medición del flujo espiratorio máximo que se realiza con aparatos portátiles, de una forma sencilla, rápida, sin dolor y sin ningún riesgo o molestia para los niños.

##### Selección de participantes

Para este estudio se eligieron niños de 6 a 12 años que viven en el Caserío Tamax y en la cabecera municipal de Santa María Cahabón, en primer lugar porque los niños son los más vulnerables a los efectos del humo de leña; en segundo lugar, los niños de esas edades pueden colaborar más que los niños pequeños y en tercer lugar porque se desea prevenir el daño en la salud de los niños y mejorar su calidad de vida.



### **Participación voluntaria**

La participación de su hijo en esta investigación es totalmente voluntaria. Usted puede elegir dejarlo participar o no hacerlo. Su hijo también decidirá si quiere o no participar. Tanto si deciden participar como si no, no habrá ninguna consecuencia negativa hacia usted o su hijo (a). También pueden cambiar de idea más tarde y retirarse del estudio aunque hayan aceptado antes.

### **Procedimientos y descripción del proceso**

El proceso que se llevará a cabo en los niños es el siguiente:

1. En primer lugar se medirá su estatura de pie, sin zapatos.
2. Seguidamente se colocará un aparato llamado oxímetro en el dedo índice de su mano derecha o izquierda para medir los valores de oxígeno en la sangre.
3. Con un estetoscopio se auscultarán los pulmones de su hijo para revisar cómo se encuentran.
4. Después se realizará la medición del flujo espiratorio máximo y el volumen espiratorio forzado dentro del primer segundo con un aparato portátil. Su hijo debe colocarse de pie, respirar profundo y colocar el medidor en su boca como se muestra en la imagen y soplar tan fuerte como pueda sin toser ni poner la lengua en la abertura. Este último procedimiento debe repetirse 2 veces más, es decir que su hijo soplará 3 veces y luego se dará por finalizado el estudio.



Ninguno de los procedimientos representa riesgo para los niños, tampoco produce dolor o molestia alguna.

Al finalizar el estudio se brindará el agradecimiento correspondiente a los niños participantes, además, si se observa deterioro en la función pulmonar del niño (a) o alguna patología del sistema respiratorio se brindarán las recomendaciones del caso y de ser necesario se referirá al centro asistencial más cercano (CAP Cahabón). Si desean que su hijo (a) participe en el estudio, sírvanse llenar el siguiente formulario de consentimiento informado (para padres) así como el cuestionario adjunto. Se les informará sobre los resultados del examen por escrito, y se aclarará cualquier duda. Si no desean participar en el estudio sírvanse devolver las hojas sin ninguna información.

**¡Muchas gracias por su atención!**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE -CUNOR-  
CARRERA DE MÉDICO Y CIRUJANO

Número: \_\_\_\_\_

**ESTUDIO “EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL HUMO DE BIOMASA EN LA TASA DEL FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO (PEAK FLOW) Y EL VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO DENTRO DEL PRIMER SEGUNDO (VEF<sub>1</sub>) EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS”**

**FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO (PARA PADRES)**

*Mi hijo (a) ha sido invitado (a) a participar en la investigación “Efectos de la exposición al humo de biomasa en la tasa del Flujo Espiratorio Máximo (Peak Flow) y el Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo (VEF<sub>1</sub>) en niños de 6 a 12 años de edad”. Entiendo que se le realizarán una serie de pruebas inocuas, las cuales incluyen, control de la talla, oximetría de pulso, auscultación pulmonar y medición del Flujo Espiratorio Máximo (Peak Flow) y VEF<sub>1</sub>. Sé que es posible que haya beneficios para mi hijo; si su función respiratoria se encuentra deteriorada o si presenta alguna patología del sistema respiratorio se me brindarán las recomendaciones del caso y de ser necesario se referirá a mi hijo al centro asistencial más cercano. Se me ha proporcionado el nombre y número de teléfono del investigador, que puede ser fácilmente contactado durante el tiempo que dure la investigación. He leído y comprendido la información que me ha sido proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente la participación de mi hijo (a) en esta investigación y entiendo que tengo el derecho a retirarlo en cualquier momento sin que lo afecte de ninguna manera.*

Nombre del niño (a) participante: \_\_\_\_\_

Nombre del padre/madre o encargado: \_\_\_\_\_

Firma del padre/madre o encargado: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Huella dactilar:

Nombre y firma del testigo: \_\_\_\_\_



**ESTUDIO “EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL HUMO DE BIOMASA EN LA TASA DEL FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO (PEAK FLOW) Y EL VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO DENTRO DEL PRIMER SEGUNDO (VEF<sub>1</sub>) EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS”**

**FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO (PARA NIÑOS)**

*He sido invitado (a) a participar en la investigación “Efectos de la exposición al humo de biomasa en la tasa del Flujo Espiratorio Máximo (Peak Flow) y el Volumen Espiratorio Forzado dentro del primer segundo (VEF<sub>1</sub>) en niños de 6 a 12 años de edad”. Entiendo que me realizarán una serie de exámenes inofensivos, los cuales incluyen, control de la talla, oximetría de pulso, auscultación pulmonar y medición del Flujo Espiratorio Máximo (Peak Flow) y VEF<sub>1</sub>. Sé que es posible que haya beneficios para mí; si la función de mis pulmones se encuentra dañada o si presento alguna enfermedad del sistema respiratorio, se pondrán en contacto con mis padres o encargados. He tenido la oportunidad de preguntar sobre la información que me han dado y se me ha contestado correctamente. Quiero participar voluntariamente en esta investigación y entiendo que tengo el derecho a retirarme en cualquier momento si no me siento a gusto, sin que me afecte de ninguna manera.*

Nombre del niño (a) participante: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Huella dactilar:



Nombre y firma del testigo: \_\_\_\_\_

## **Anexo 5 – Contextualización del lugar de estudio**

### **Santa María Cahabón, Alta Verapaz**

El municipio de Santa María Cahabón se localiza al noreste del departamento de Alta Verapaz, con una extensión territorial de 900 km<sup>2</sup>, a una altura de 250 msnm. Colinda al norte con los municipios de Fray Bartolomé de las Casas y Chahal, al sur con Senahú y Panzós, al este con El Estor del departamento de Izabal y al oeste con el municipio de Lanquín, del departamento de Alta Verapaz.<sup>148</sup>

Según las proyecciones del INE en el año 2016 cuenta con una población de 66,150 habitantes.<sup>149</sup> Administrativa y políticamente está dividido en 171 lugares poblados constituidos por la cabecera municipal, aldeas y caseríos dónde la mayoría de la población es indígena y hablante del idioma q'ueqchi'. La cabecera municipal se encuentra a 95 km de la ciudad de Cobán y a 314 km de la ciudad capital, de los cuales 227 kilómetros son de asfalto y 87 kilómetros de terracería; se conforma de los Barrios San Pedro, Santiago, San Jacinto, San Juan, San Sebastián, San Pablo, Santa María, Concepción, San Antonio la Unión y de las Colonias El Rosario y Secampana.<sup>150</sup>

### **Caserío Tamax**

Tamax es uno de los caseríos del municipio de Santa María Cahabón, del departamento de Alta Verapaz. Se encuentra ubicado al oeste de la cabecera municipal a una distancia de 5 kilómetros, a orillas del río Cahabón, en las coordenadas X=05772335, Y=1724065, con una altitud alrededor de los 240

---

<sup>148</sup> Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia SEGEPLAN. *Plan de desarrollo Santa María Cahabón, Alta Verapaz*. (Guatemala: SEGEPLAN., 2010).

<sup>149</sup> Instituto Nacional de Estadística. *Guatemala: Estimaciones de la población total por municipio, periodo 2008-2020*. 2008. <http://www.oj.gob.gt/estadistica/j/files/poblacion-total-por-municipio1.pdf> (26 de abril de 2016)

<sup>150</sup> Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Estrategia de fortalecimiento del primer nivel de atención, propuesta Cahabón año 2015*. (Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2015).

msnm. Posee una extensión territorial de 1.3 km<sup>2</sup> y según el censo de la comunidad actualizado en el año 2015 tiene una población de 564 habitantes. Se encuentra dividido en 3 sectores, encontrándose en el sector 2 el puesto de salud y en el sector 1 la escuela del caserío.

La comunidad de Tamax tiene acceso por carretera de terracería, en buenas condiciones la mayor parte del año. Desde la cabecera municipal se recorren 5 kilómetros hacia Lanquín por la ruta ecológica, luego se cruza un puente de concreto y se recorren aproximadamente 500 metros más. El clima de la comunidad es húmedo tropical, caluroso la mayor parte del año. El 100% de los habitantes habla el idioma q'ueqchi, sólo algunos pobladores dominan además el idioma español. Todos los hogares utilizan biomasa para cocinar.

### GRÁFICA 15

#### MAPA SATELITAL CASERÍO TAMAX, CAHABÓN A.V.



Fuente: Google Maps. 2016

## Anexo 6 – Valores de referencia FEM/VEF<sub>1</sub>

### ERS & Polgar Spirometry Normal Values

Junto a los valores del NHANES III, constituyen los valores de referencia recomendados por la *American Thoracic Society* y la *European Respiratory Society* (ATS/ERS) según la *Standardization of Lung Function Testing* 2005.<sup>151</sup>

### NHANES III

Estos valores de referencia son recomendados por considerarse étnicamente apropiados según la *Standardization of Lung Function Testing* de la ATS/ERS. Se utilizan en todo el continente americano y en otros lugares en pacientes mayores de 8 años de edad.<sup>152</sup>

### GLI Quanjer

Los valores del GLI se basan en NHANES, tomando en cuenta los cambios en la función pulmonar relacionados con la edad, incluyendo variabilidad y asimetría en los datos de referencia. Ésta técnica publicada por Stanojevic en 2008 fue reconocida por la ERS en el 2010.

Las ecuaciones GLI se utilizaron en el estudio CRECE como referencia para calcular la función pulmonar predicha. Sin embargo, estas ecuaciones parecen subestimar la función pulmonar en la población de dicho estudio ya que todos los promedios de VEF<sub>1</sub> predicho, FVC y FEF<sub>25-75</sub> fueron superiores al 100%. Esto es consistente con estudios anteriores que han encontrado que tanto las ecuaciones NHANES como GLI para los niños estadounidenses de origen mexicano subestimaron la función pulmonar en cohortes de niños en la Ciudad de México. Las diferencias en estos estudios fueron atribuidas a que los niños mexicanos viven en un área situada a una mayor altitud y tienen un mayor crecimiento en cuanto a talla (y por lo tanto mayor función pulmonar); factores similares podrían afectar a la población de Guatemala por lo que sobre la base de los hallazgos de este estudio, las ecuaciones de referencia GLI pueden no ser óptimas para su uso clínico en esta población.<sup>153</sup>

---

<sup>152</sup> Vitalograph. *Spirometry normal values*. 2016, <https://vitalograph.eu/resources/normal-values> (20 de mayo de 2016).

<sup>153</sup> Heinzerling. *Lung function in woodsmoke-exposed Guatemalan children*.

## CUADRO 14

### VALORES DE REFERENCIA ESPIROMETRÍA ERS & POLGAR 1993 (1 A 17 AÑOS)

Predicted Values - Males age 1-17

Height (cm)	Units	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140
VC	L	0.66	0.77	0.88	1.01	1.16	1.31	1.48	1.65	1.85	2.05	2.27
FVC	L	0.66	0.77	0.88	1.01	1.16	1.31	1.48	1.65	1.85	2.05	2.27
FEV1	L	0.62	0.72	0.84	0.96	1.09	1.24	1.39	1.56	1.74	1.94	2.14
FEV1/VC		0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
FEF 25%-75%	L/s	0.42	0.65	0.87	1.10	1.33	1.55	1.78	2.01	2.23	2.46	2.69
PEF	L/min	35	63	91	119	147	175	203	231	259	287	315
Height (cm)	Units	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195
VC	L	2.51	2.76	3.03	3.31	3.61	3.93	4.26	4.61	4.98	5.37	5.77
FVC	L	2.51	2.76	3.03	3.31	3.61	3.93	4.26	4.61	4.98	5.37	5.77
FEV1	L	2.37	2.60	2.85	3.12	3.40	3.69	4.01	4.33	4.68	5.04	5.42
FEV1/FVC		0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
FEF 25%-75%	L/s	2.91	3.14	3.37	3.59	3.82	4.05	4.27	4.50	4.73	4.95	5.18
PEF	L/min	343	371	398	426	454	482	510	538	566	594	622

Predicted Values - Females age 1-17

Height (cm)	Units	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140
VC	L	0.63	0.74	0.85	0.97	1.11	1.25	1.41	1.58	1.76	1.96	2.16
FVC	L	0.63	0.74	0.85	0.97	1.11	1.25	1.41	1.58	1.76	1.96	2.16
FEV1	L	0.62	0.72	0.84	0.96	1.09	1.24	1.39	1.56	1.74	1.94	2.14
FEV1/VC		0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
FEF 25%-75%	L/s	0.42	0.65	0.87	1.10	1.33	1.55	1.78	2.01	2.23	2.46	2.69
PEF	L/min	60	84	108	133	157	181	205	230	254	278	302
Height (cm)	Units	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195
VC	L	2.39	2.62	2.87	3.14	3.42	3.71	4.03	4.35	4.70	5.06	5.44
FVC	L	2.39	2.62	2.87	3.14	3.42	3.71	4.03	4.35	4.70	5.06	5.44
FEV1	L	2.37	2.60	2.85	3.12	3.40	3.69	4.01	4.33	4.68	5.04	5.42
FEV1/VC		0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
FEF 25%-75%	L/s	2.91	3.14	3.37	3.59	3.82	4.05	4.27	4.50	4.73	4.95	5.18
PEF	L/min	327	351	375	399	424	448	472	496	521	545	569

**Fuente:** Spirometry normal values. 2016, <https://vitalograph.eu/resources/normal-values> (20 de mayo de 2016).



No. 211-2016

## USAC - CUNOR

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario del Norte



El director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer los dictámenes de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

### MÉDICO Y CIRUJANO

Al trabajo titulado:

TESIS

**EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL HUMO DE BIOMASA EN LA TASA DEL FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO (PEAK FLOW) Y EL VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO DENTRO DEL PRIMER SEGUNDO (VEF<sub>1</sub>) EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS DEL CASERÍO TAMAX CAHABÓN, ALTA VERAPAZ**

Presentado por el (la) estudiante:

**AURORA BEATRIZ ESCOBAR ESTRADA**

Autoriza el

# IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 07 de octubre de 2016

Lic. Erwin Gonzalo Eskenas y Morales

DIRECTOR

