

# EFECTO DE LOS COMBUSTIBLES DE BIOMASA EN EL APARATO RESPIRATORIO: IMPACTO DEL CAMBIO A COCINAS CON DISEÑO MEJORADO

Roberto Accinelli, Cecilia Yshii, Eduardo Córdova, Marita Sánchez-Sierra, Celia Pantoja, Jessica Carbajal  
Laboratorio de Respiración, Instituto de Investigaciones de la Altura Universidad Peruana Cayetano Heredia

Proyecto financiado por una beca de investigación irrestricta de la Agencia de Cooperación Alemana (GTZ) a través de la Oficina Sanitaria Panamericana.

## Resumen

**Antecedentes:** Aunque los combustibles de biomasa son los más contaminantes, son los de menor costo, lo que hace imposible que puedan ser reemplazados por otros más limpios.

**Objetivos:** Conocer: 1. Los síntomas y cambios funcionales respiratorios que produce la exposición crónica a combustibles de biomasa. 2. Si un modelo de cocina mejorada produce menor contaminación y como consecuencia menos síntomas respiratorios.

**Población de estudio:** Las comunidades de Ayamachay y de Uyshahuasi (3000 m snm), provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque. En la primera se usa cocinas mejoradas desde diez meses antes del estudio.

**Metodología:** Estudio descriptivo transversal. Se realizó en todos los participantes: 1. Cuestionario ATS-78, modificado por Accinelli, ya validado en estudios previos. 2. Examen clínico. 3. Flujometría y pulsoximetría antes y 15 minutos después de la exposición. 4. Evaluación de contaminantes intradomiciliarios. 5. Espirometría pre y post  $\dot{V}_E$  agonista. 7. Análisis de gases arteriales. 8. Hemograma.

**Resultados:** Se encontró que: 1. A mayor tiempo de exposición a combustibles de biomasa menor  $pO_2$ ,  $SatO_2$  y  $VEF1/CVF\%$ . 2. A mayor índice de exposición mayor número de semanas con expectoración y más años presentando tos por más de tres meses. 3. A más tiempo en la cocina mayor recuento leucocitario y menor  $SatO_2$ . 4. Las cocinas con diseño mejorado contaminaban menos. 5. Los usuarios de cocinas mejoradas tenían menos síntomas respiratorios y menos habían hecho neumonía.

**Conclusiones:** Usar cocinas con diseño mejorado disminuyó los síntomas respiratorios y la frecuencia de neumonía. Estos hallazgos jamás han sido encontrados en el mundo.

## INTRODUCCIÓN

Respirar aire limpio es para el ser humano tan importante como tener agua y comida aseguradas. Cuando se habla de contaminación ambiental usualmente se suele pensar que estamos hablando de la producida por combustibles fósiles (petróleo, gasolina, gas, etc.) en las grandes ciudades de los países desarrollados<sup>1</sup>. Pero el ser humano pasa la

mayor parte de su tiempo en ambientes cerrados, por lo cual la contaminación intradomiciliaria es la más importante. Y son los combustibles usados para preparar alimentos el factor más importante a estudiar.

Pero a menores recursos económicos es mayor el empleo de los combustibles más contaminantes: los de biomasa. Más de la mitad de la población mundial (52%) depende de estos combustibles tradicionales<sup>2</sup> y aproximadamente 90% de los hogares de las áreas rurales de los países subdesarrollados utilizan combustibles de biomasa para cocinar<sup>2,3</sup>. El Perú no escapa a esta realidad, y en las áreas rurales casi el 100% de las personas pobres y en extrema pobreza lo utilizan para cocinar.

Las cocinas tradicionales que usan el combustible de biomasa son muy ineficientes, ya que emplean sólo 10 a 15% del potencial energético<sup>2,3</sup>. Es por esto que se producen cantidades considerables de partículas y gases, usualmente sin una buena fuga hacia el exterior, llevando a grandes exposiciones de humo y a una polución intradomiciliaria que pone en riesgo la salud<sup>4,5</sup>. Diversos estudios de monitoreo de polución ambiental, demuestran que los niveles de exposición a sustancias tóxicas resultantes de la combustión de biomasa, superan en diez, veinte o más veces los niveles recomendados por la OMS<sup>6,7</sup>. Las concentraciones aéreas de partículas en cocinas de biomasa están en el orden de los miligramos por metro cúbico, una orden de magnitud mayor a la encontrada en el aire ambiental urbano que es de microgramos por metro cúbico<sup>6</sup>. Dentro de los productos emitidos durante la combustión de biomasa, los más representativos son el monóxido de carbono, los hidrocarburos y las partículas suspendidas, pero se han hallado decenas de compuestos nocivos (hay evidencia, in vitro, de que muchos de estos agentes son mutagénicos), irritantes, fracciones tóxicas para los cilios y agentes coagulantes que pueden comprometer las defensas del sistema respiratorio y aumentar el riesgo de infecciones pulmonares agudas y crónicas<sup>8-10</sup>.

En nuestro país, más de la mitad de los pacientes con bronquitis crónica niegan ser fumadores<sup>11</sup>. Estos pacientes, habitualmente mujeres, tienen el antecedente común de haber sido expuestos crónicamente al humo de leña, lo cual se repite en

varios países tercermundistas<sup>2,3,6,7</sup>. Se dice que las mujeres expuestas a la emisión de la combustión de biomasa «fuman» aproximadamente al equivalente de 20 cajetillas de cigarrillos al día en términos de concentración de contaminantes<sup>7</sup>.

La exposición crónica a humo de leña ha sido fuertemente asociada a EPOC y otras enfermedades (cáncer, cor pulmonale, asma, infecciones respiratorias, oculopatías, alteraciones gestacionales, etc.)<sup>4,12-22</sup>. La exposición crónica a humo de leña durante la niñez es la primera causa de enfermedad pulmonar obstructiva crónica en el Perú<sup>11</sup>.

Hace poco más de 20 años notamos que con cierta frecuencia acudían a la consulta neumológica de nuestro hospital un grupo de pacientes que reunían ciertas características: En su gran mayoría eran mujeres, con edades por encima de los 60 años, generalmente provenían de la sierra, que referían tos crónica con expectoración, la que podía ser hasta con esputo hemoptico y al examen presentaban espiración prolongada con algunos roncos o incluso crépitos. La radiografía de tórax mostraba pulmones grandes, infiltrados bronquiales y algunas calcificaciones. Cuando posteriormente se les realizaba espirometrías, estas evidenciaban una patología mixta, es decir un componente de obstrucción bronquial y un componente restrictivo. Ninguna de estas pacientes fumaba y lo que más nos llamaba la atención es que este cuadro clínico radiológico no se correlacionaba con la nosografía de los libros de medicina. Posteriormente pudimos relacionar con el antecedente de que todas estas mujeres tenían el antecedente de haber cocinado con leña.

Pensar que pronto podremos cambiar el combustible empleado por uno más limpio, llámese gas, en nuestro país por las condiciones económicas de nuestra población rural es un imposible. La única solución económica y socialmente posible es la construcción de nuevos modelos de cocinas para combustibles de biomasa que sean más eficientes, y que permitan, al emplear chimenea, que los contaminantes puedan ser sacados fuera de la habitación usada como cocina. En el Perú la Agencia de Cooperación Alemana (GTZ) ha desarrollado un nuevo modelo de cocina que ya se ha instalado en la comunidad de Ayamachay, distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque.

Los objetivos del presente trabajo son: 1. Conocer cuáles son los síntomas y cambios funcionales respiratorios que produce la exposición crónica a combustibles de biomasa. 2. Determinar si la nueva cocina de combustibles de biomasa produce menor contaminación y menos síntomas respiratorios.

#### MATERIAL Y METODOS

**Diseño:** Estudio descriptivo, transversal.

**Población:** Este estudio se realizó en 2 comunidades ubicadas a 3000 msnm, situadas una al lado de la

otra: Ayamachay y Uyshahuasi, distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque.

**Selección de pacientes:** Criterios de inclusión: Con exposición actual a combustibles de biomasa. Criterios de exclusión: Enfermedad pulmonar concomitante, antecedente de enfermedad pulmonar, negativa a firmar el consentimiento informado.

#### Definiciones:

• **Bronquitis crónica:** Presencia de tos productiva durante al menos 3 meses consecutivos en dos años seguidos.

• **Índice de exposición:** Producto del número de años de exposición a leña por el número de horas que se pasa en la cocina.

**Variables de estudio:** A todos los participantes se les hizo 1. Cuestionario ATS-78, modificado por Accinelli, ya validado en estudios previos. 2. Examen clínico. 3. Flujometría y pulsoximetría antes y 15 minutos después de la exposición. 4. Evaluación de contaminantes intradomiciliarios. 5. Espirometría pre y post  $\dot{V}_E$  agonistas. 7. Análisis de gases arteriales. 8. Hemograma.

**Consideraciones éticas:** El presente estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

**Análisis estadístico:** Se empleó el programa SPSS 11.0 para Windows, así como también Excel XP, con el fin de analizar promedios y frecuencias. Se determinó la correlación de dos variables discretas mediante la realización de la prueba chi cuadrado. Se realizó las pruebas de correlación bivariada para evaluar dos variables continuas. Las medias se compararon mediante la prueba T de Student.

#### RESULTADOS

Se evaluó a 190 comuneros en Ayamachay y Uyshahuasi, de los cuales 95 (50%) eran de sexo masculino. Se les realizó examen físico a 127 personas. Pero sólo a 110 espirometrías, a 65 hemogramas y a 108 gases arteriales.

La edad promedio fue de  $38.84 \pm 18.15$  años. Las mujeres tenían el mismo tiempo de residencia en su comunidad que los varones, pero pasaban más tiempo dentro de la vivienda ( $19.15 \pm 3.73$  vs  $15.03 \pm 2.78$  horas,  $p < 0.001$ ) y dentro de la cocina ( $4.4 \pm 4.06$  vs  $2.86 \pm 2.22$ ,  $p = 0.01$ ).

El 89.1% de la población refirió haber tenido al momento de la encuesta tos, expectoración y/o silbido de pecho en los últimos 12 meses. Alrededor del 70% tenía tos y expectoración. Tos productiva durante las dos últimas semanas fue una queja más frecuente en las mujeres. (Tabla No. 1)

El 13.3% de la población estudiada refería tener bronquitis crónica. No hubo diferencia por sexos. Los varones tuvieron valores mayores de hematocrito y hemoglobina, pero menor número de leucocitos cuando se les comparaba con las mujeres. (Tabla No. 2)

Tabla No. 1

Presentación de síntomas respiratorios, de acuerdo al sexo

	Hombres		Mujeres		Total		p
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Tos	41 (66.1%)	21 (33.9%)	47 (72.3%)	18 (27.7%)	88 (69.8%)	39 (30.2%)	NS
Expectoración	44 (71%)	18 (29%)	50 (78.9%)	15 (23.1%)	94 (74%)	33 (26%)	NS
Tos por más de 3 meses	18 (29%)	44 (71%)	16 (24.6%)	49 (76.4%)	34 (26.8%)	93 (73.2%)	NS
Expectoración por más de 3 meses	12 (19.4%)	50 (80.6%)	18 (27.7%)	47 (72.3%)	30 (23.6%)	97 (66.4%)	NS
Tos productiva en los últimos 2 años	44 (71%)	18 (29%)	46 (70.8%)	19 (29.1%)	80 (70.9%)	37 (29.1%)	NS
Tos productiva en las últimas 2 semanas	27 (43.5%)	35 (56.5%)	42 (64.6%)	23 (35.4%)	69 (54.3%)	58 (45.7%)	0.017
Sensación de sibilido de pecho	34 (54.8%)	28 (45.2%)	43 (66.2%)	22 (33.8%)	77 (60.6%)	50 (39.4%)	NS

Tabla No. 2

Resultados de los exámenes auxiliares realizados a los pobladores del distrito de Incahuasi

	Hombres	Mujeres	p
Capacidad vital forzada (% predicho)	96.79 ± 17.56	96.39 ± 16	NS
Volumen espiratorio forzado 1° (% predicho)	100.87 ± 20.29	104.2 ± 23.63	NS
VEF1/CVF	83.21 ± 6.77	84.75 ± 6.47	NS
Hematocrito	42.69 ± 4.16	40.4 ± 3.03	0.013
Hemoglobina (g/dl)	14.15 ± 1.42	13.37 ± 1.08	0.014
Leucocitos	4569.3 ± 679.8	4587.5 ± 392.2	0.005
pO <sub>2</sub>	67.82 ± 6.96	67.13 ± 6.62	NS
pH	7.45 ± 0.04	7.45 ± 0.04	NS
SatO <sub>2</sub> sin exposición a leña	94.12 ± 1.62	93.53 ± 3.25	NS

**Efecto del tiempo de exposición**

El número de años de exposición a leña fue mayor en los pobladores con bronquitis crónica (49.6 ± 17.8 vs 36.8 ± 17.4 años, p=0.011).

El tiempo de exposición se correlacionó directamente con los años con tos por más de 3 meses (p=0.01) (Figura No. 1a) e inversamente con la relación VEF1/CVF, (p=0.008) (Figura No. 1b), la saturación de oxígeno (p=0.011) (Figura No. 2a) y la presión arterial de oxígeno (p<0.001) (Figura No. 2b).

Figura No. 1

Relación entre tiempo de exposición a leña y a. Años con tos por más de 3 meses; b. VEF1/CVF

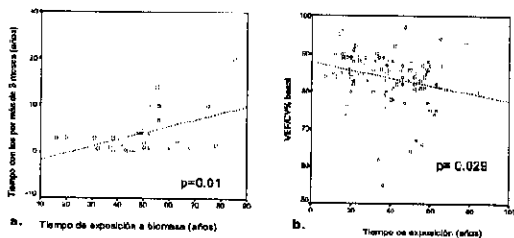
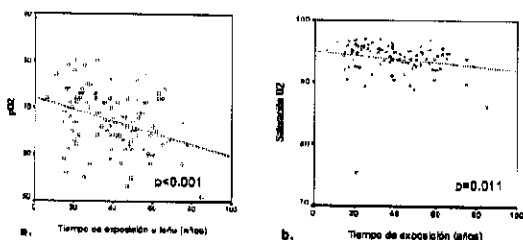


Figura No. 2

Relación entre tiempo de exposición a leña y: a. pO<sub>2</sub>; b. saturación de O<sub>2</sub>



**Efecto del índice de exposición**

El índice de exposición a leña fue de 136.6 ± 142.65 horas año. Fue mayor en las mujeres (175.4 ± 175 y 91.99 ± 80.11, p=0.001)

El índice de exposición correlacionó directamente con el número de días por semana con expectoración. (Figura No. 3)

**Efecto del tiempo en las cocinas**

Se encontró que el número de horas en la cocina tenía una correlación negativa con la saturación de oxígeno y con el recuento leucocitario. (Figuras No. 4a y 4b)

Figura No. 3

Relación entre índice de exposición a leña y número de días a la semana con expectoración

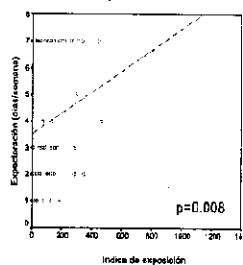
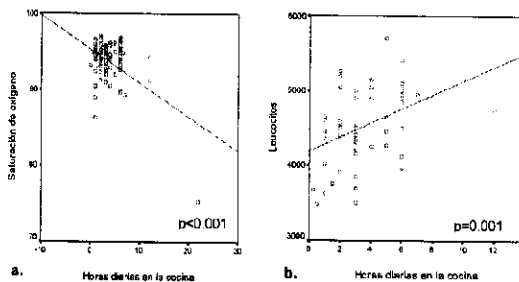


Figura No. 4

Relación entre el tiempo dentro de la cocina y: a) la saturación de oxígeno; b) recuento leucocitario



**Efecto del cambio a cocinas de diseño mejorado**

Tanto en Ayamachay como en Uyshahuasi las viviendas eran de adobe y barro, con techos de carrizo o calamina. Se tomó una muestra de 17 viviendas en cada comunidad para estudiar los niveles de contaminación al interior de cada cocina. En las cocinas tradicionales había más monóxido de carbono (25.88 ± 20.93 y 11.41 ± 11.91 ppm, p=0.02), y una tendencia a mayor número de partículas respirables (0.4 y 1.3 mg/m<sup>3</sup>, p=0.05).

Las personas menores de 30 años residentes en viviendas con cocinas de diseño mejorado tenían menos tos y expectoración. Incluso se encontró que hubo una tendencia a tener menos regurgitación de alimentos y disnea. (Tabla No. 3) Además, la duración de las molestias era menor. (Tabla No. 4)

Tabla No. 3

Síntomas presentados en menores de 30 años, según el tipo de cocina

	Cocina de diseño mejorado N=11	Cocina tradicional N=16	p
Tos matutina	4 (36.4%)	13 (81.3%)	0.024
Expectoración	5 (45.5%)	13 (81.3%)	0.05
Tos productiva en los últimos 2 años	3 (27.3%)	13 (81.3%)	0.008
Expectoración en las últimas 2 semanas	3 (27.3%)	11 (68.8%)	0.041
Disnea moderados esfuerzos	5 (45.5%)	13 (81.3%)	0.053
Regurgitación de alimentos	1 (9.1%)	7 (43.8%)	0.053

Tabla No. 4

Tiempo de duración de síntomas en pobladores menores de 30 años, según tipo de cocina

	Cocina de diseño mejorado N=11	Cocina tradicional N=16	P
Número de meses al año con expectoración	1.75 ± 0.96	6.4 ± 5.32	0.005
Duración de sensación de vinagrera (meses)	1.1 ± 3.62	22.68 ± 57.04	0.014
Duración de regurgitación (meses)	2.19 ± 7.24	26.71 ± 52.59	0.001

Asimismo se encontró que los mayores de 30 años que usaban cocina mejorada habían sido diagnosticados de neumonía por un médico menos veces que los residentes en casas con cocina tradicional (2.9% vs 19%). (Figura No. 5)

Figura No. 5  
Antecedentes para neumonía y bronquitis aguda en pobladores mayores de 30 años, según tipo de cocina

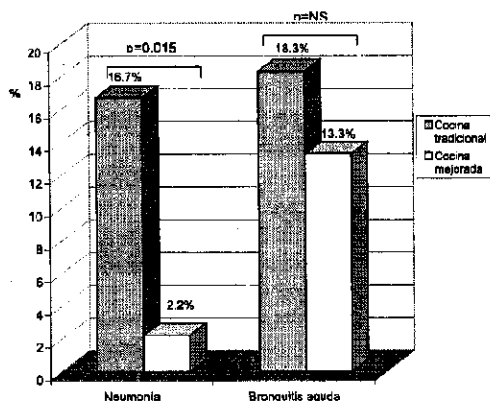


Tabla No. 5

Comparación de la prevalencia de bronquitis crónica en el distrito de Incahuasi y Hospital Nacional Cayetano Heredia<sup>26</sup>

	Bronquitis crónica		Tiempo de exposición
	Si	No	
Hospital Nacional Cayetano Heredia (n=60)	31 (51.7%)	29 (48.3%)	45 años
Distrito de Incahuasi, Lambayeque (n=97)	16 (16.5%)	81 (83.5%)	44.8 años

p<0.001

## DISCUSIÓN

Hemos encontrado que el 89.1% de las personas expuestas a combustibles de biomasa de las comunidades de Ayamachay y Uyshahuasi, distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, presentaban al menos un síntoma respiratorio. (Tabla No. 1) En Sevilla, en un estudio de prevalencia de síntomas respiratorios este valor fue del 49%, cifra mucho menor a la encontrada en nuestro estudio<sup>23</sup>.

Kamat<sup>24</sup> encontró que un mayor porcentaje de los adultos de las áreas rurales de Bombay tenía tos y disnea, que los de las zonas urbanas. El empleo de leña como combustible en la cocina fue una de las causas de ello.

En Sudáfrica se encontró que 70% de los niños con síntomas respiratorios habitaban en hogares en donde se usaba como combustible la leña, mientras que en el grupo sin síntomas este porcentaje era del 33%<sup>21</sup>.

En Barranca y Tarma en un estudio previo hemos hallado que los niños expuestos a combustibles de biomasa, comparados con los no expuestos, presentaban mayor frecuencia de síntomas como tos matutina, disnea al esfuerzo y sibilancias: 13.7% vs 2.8%, 24% vs 13% y 31% vs 26% respectivamente<sup>25</sup>.

## Sexo

Las mujeres presentaban más sintomatología respiratoria aguda y crónica que los hombres de las comunidades estudiadas. (Tabla No. 1) Es que mientras los hombres pasan más tiempo fuera de su casa atendiendo labores agrícolas y ganaderas, las mujeres permanecen mayor número de horas dentro de la misma, y casi el doble de horas que los hombres en la cocina, preparando los alimentos y expuestas a los productos de la combustión de la leña.

Nos llamó la atención encontrar que las mujeres tenían mayor número de leucocitos en promedio que los varones, (Tabla No. 2) teniendo éstos más glóbulos rojos. Creemos que esto también se explica por la inflamación crónica más prolongada a la que somete el aparato respiratorio de las mujeres.

Al evaluar en el Servicio de Neumología del Hospital Nacional Cayetano Heredia Lima a mujeres con más de 30 años de exposición a combustibles de biomasa encontramos que las mujeres con síntomas tenían más años de exposición que las asintomáticas. Este hallazgo se repetía al analizar cada uno de los síntomas por separado<sup>26</sup>. Los mismos hallazgos hemos encontrado en los comuneros estudiados.

## Bronquitis crónica

La prevalencia hallada de 13.3% fue varias veces la que encontramos de 3.75% en Tarma y 6.45% en Barranca<sup>25</sup>. Sólo un poblador de Ayamachay fumaba 3 cigarrillos diarios, y en Tarma también la única persona que lo hacía consumía un número muy bajo.

Entonces, la relación de bronquitis crónica en ellos es con la exposición a combustibles de biomasa. Y la diferencia es que mientras toda la población de Incahuasi continuaba usando combustibles de biomasa para preparar sus alimentos, al momento de la evaluación en Barranca y Tarma menos del 3% los usaba, pero el 58.7% y 83.12% lo había hecho durante su niñez<sup>25</sup>. En Arabia Saudita también se ha encontrado que entre los varones con bronquitis crónica mayor porcentaje había sido expuesto a combustibles de biomasa en la niñez<sup>4</sup>.

Las personas con bronquitis crónica tuvieron un mayor tiempo de exposición a combustibles de biomasa. Pero la relación entre años de exposición y bronquitis crónica depende además de los factores genéticos. En la Tabla No. 5 podemos apreciar que entre 60 personas que acudieron para consulta al Servicio de Neumología del Hospital Nacional Cayetano Heredia para un tiempo promedio de exposición de 45 años la prevalencia de bronquitis crónica fue del 51.1%, mientras que entre 97 habitantes de Incahuasi, con un semejante tiempo promedio de exposición (44.8 años), la prevalencia de bronquitis crónica fue del 16.5%.

Nosotros no encontramos diferencia en los porcentajes de bronquitis crónica entre hombres y mujeres, al igual que lo hallado por Pandey<sup>12</sup> en Nepal, Woolcock<sup>27</sup> y Anderson<sup>28</sup> en Nueva Guinea, y Malik<sup>29</sup> en la India. En cambio, en los países desarrollados es más frecuente en varones por ser fumar éstos más que las mujeres.

Dennis en Colombia encontró que el uso de leña para cocinar era el factor más importante (OR=3.43,  $p < 0.001$ ) para hacer bronquitis crónica entre mujeres<sup>30</sup>.

#### Tiempo de exposición

El grado de obstrucción, medido por una caída de la relación del VEF1/CVF, (Figura No. 1b) se incrementaba con el tiempo de exposición. Los mismos hallazgos tuvo Pandey en Nepal<sup>12</sup>.

También hubo una disminución paulatina de la saturación y de la presión arterial de oxígeno con el número de años de exposición. (Figuras No. 2a y 2b) En un estudio realizado previamente en Andahuaylas encontramos que las mujeres expuestas por más de 20 años a los combustibles de biomasa tenían 5,5 veces más riesgo de tener una saturación de oxígeno por debajo de 90% que las no expuestas<sup>16</sup>.

Hemos encontrado que con el progresivo aumento de la exposición a los combustibles de biomasa los comuneros tenían por mayor tiempo de tos por más de tres meses. (Figura No. 1a) Pérez Padilla encontró en México que el riesgo de enfermedad aumentaba linealmente con los años de exposición<sup>14</sup>.

#### Tiempo en las cocinas

El número de horas en la cocina tuvo una correlación negativa con la saturación de oxígeno y con el

recuento leucocitario. (Figuras No. 4a y 4b) Pérez Padilla en México demostró que el riesgo de enfermedad aumentaba linealmente con las horas de exposición<sup>14</sup>. Behera halló niveles altos de carboxihemoglobina en las mujeres expuestas a combustibles de biomasa<sup>31</sup>. En otro estudio el mismo autor halló que la disminución en la CVF, en el VEF1 y en el PEF estaban relacionadas a las horas de exposición<sup>13</sup>.

Se ha argumentado que las partículas despididas por la combustión de leña por sí solas pueden ser responsables de producir injuria pulmonar, si es que son de las dimensiones apropiadas. Las fibras de carbón tienen estas características<sup>32</sup>. Otros estudios han demostrado que las partículas pueden promover la injuria al inhibir los mecanismos de clearance y aumentar la permeabilidad celular a sustancias tóxicas<sup>33,34,35</sup>.

#### Efecto del cambio a cocinas de diseño mejorado

A pesar de todo el daño que produce a la salud respiratoria usar combustibles de biomasa, como hemos demostrado con el presente estudio, sabemos que será imposible en el Perú que los millones de familias que cocinan con estos combustibles puedan emplear otros más limpios. Es entonces una probable solución la búsqueda de modelos mejorados de cocinas de biomasa. Hemos evaluado en el presente trabajo la cocina desarrollada por la cooperación alemana en el Perú. Nuestros resultados demuestran que contaminan menos, pues despiden menos monóxido de carbono y partículas respirables. En Guatemala también se ha encontrado que la cantidad de monóxido de carbono y de partículas respirables, tanto en las chimeneas como en el ambiente donde se cocina, es menor en una cocina de diseño mejorado, incluso llegando a niveles cercanos a los de una cocina a gas<sup>36</sup>.

El impacto clínico del cambio de cocinas tradicionales por las de diseño mejorado no ha sido aún descrito. Éste es el primer trabajo en el mundo en que queda plenamente demostrada su utilidad. (Tablas No. 3 y 4, Figura No. 5) En nuestro estudio primero evaluamos el efecto de este cambio entre las personas menores de 30 años y encontramos que tos matutina, expectoración, tos productiva en los dos últimos años y expectoración en las dos últimas semanas se presentaban menos en las que usaban cocinas con diseño mejorado, mientras que estas personas también tenían una tendencia a tener menos disnea a moderados esfuerzos. (Tabla No. 3) Para ver la consistencia de este hallazgo podemos analizar que el número de meses al año con expectoración fue casi cuatro veces menos en el grupo de cocina mejorada. (Tabla No. 4)

Además hemos encontrado que el uso de cocinas mejoradas se correlaciona con menor frecuencia de regurgitación de alimentos (Tabla No. 3) y con un menor tiempo de duración. (Tabla No. 4) Se postula que la tos puede activar en algunos pacientes el ciclo de tos-reflujo gastroesofágico<sup>37,38,39</sup>. Y también hay

una menor duración de la sensación de vinagrera en los que usaban las cocinas mejoradas. (Tabla No. 4) Tampoco hay estudios que relacionen la menor frecuencia de neumonías con el uso de cocinas con diseño mejorado. (Figura No. 5) Pandey encontró en Nepal una fuerte asociación entre el número de horas diarias que reportaron las madres que los niños pasaban cerca del origen de la combustión y la incidencia de infección respiratoria aguda (IRA) moderada a severa<sup>40</sup>. Collings en Zimbabwe encontró que la presencia de combustión abierta era un factor de riesgo para contraer IRA<sup>22</sup>. Un estudio caso-control en 116 niños navajo menores de 2 años de edad encontró que la presencia de hogueras de leña incrementaba en 5 veces el riesgo para desarrollar IRA<sup>41</sup>. En Gambia en un estudio en 500 niños menores de 5 años se encontró que los que eran llevados sobre la espalda de sus madres cuando éstas cocinaban en cocinas abiertas a leña tenían un riesgo 6 veces mayor de IRA<sup>42</sup>.

Aproximadamente mueren 4 a 5 millones de niños menores de 5 años de edad por año por IRA en los países en vías de desarrollo<sup>20,43</sup>. Creemos que el cambio de cocinas de biomasa tradicionales por las de diseño mejorado impactaría en la mortalidad por IRA.

En el presente trabajo hemos demostrado que son las mujeres las más expuestas a los combustibles de biomasa, que esta exposición se relaciona con la presencia de síntomas respiratorios, y que el tiempo de la misma se correlaciona linealmente con los años de los síntomas, la caída de la función respiratoria y de la saturación de O<sub>2</sub>; y que las cocinas mejoradas contaminan menos, habiendo probado por primera vez en el mundo que este cambio disminuye la frecuencia de síntomas y enfermedades respiratorias.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Smith KR. Total Exposure Assessment: implications for developing countries. *Environment* 1988;30:16-20.
- De Koning HW, et al. Biomass fuel combustion and health. *Bull WHO* 1985;63:11-26.
- Smith KR. Biofuels, air pollution and health. A global review. New York, 1987. Plenum Press, New York.
- Dasch JM. Particulate and gaseous emissions from wood-burning fireplaces. *Environ Sci Technol* 1982;16:639-45.
- De Angelis et al. Sources Assessment: Wood-Fired Residential Combustion Equipment Field Tests. U.S. Environmental Protection Agency report number MRC-DA-EPA-600/2-79-019, Draft Copy.
- Pandey MR, et al. Indoor air pollution in developing countries and acute respiratory infection in children. *Lancet* 1989;25:427-9.
- Smith KR et al. Air pollution and rural biomass fuels in developing countries: A pilot village study in India and implication for research and policy. *Atmos Environ* 1983;17:2343-2362.
- Alfheim I, Becher G, Hongslo JK, et al. Mutagenicity testing of high performance liquid chromatography fractions from wood stove emissions samples using a modified salmonella assay requiring smaller sample volumes. *Environ Mutagen* 1984;6:91-102.
- Tuthill RW. Woodstoves, formaldehyde, and respiratory disease. *Am J Epidemiol* 1984;74:799-803.
- Fick RB, et al. Alterations in the antibacterial properties of rabbit pulmonary macrophages exposed to wood smoke. *Am Rev Respir Dis* 1984;129:76-81.
- Accinelli R. Effects of domiciliary air pollution by biomass fuels on the respiratory tract. In: XXV Panamerican Congress of ULASTER. Editors: R. Accinelli. 1993, pp. 62-65. Lima, Perú.
- Pandey MR, et al. Domestic smoke pollution and respiratory function in rural Nepal. *Tokai J Exp Med* 1985;10:471-81.
- Behera D, et al. Ventilatory function in nonsmoking rural Indian woman using different cooking fuels. *Respiration* 1994;61:89-92.
- Pérez-Padilla R, et al. Exposure to biomass smoke and chronic airway disease in Mexican women. A case-control study. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154:701-6
- Demers PA, et al. Nonmalignant respiratory disease mortality among woodworkers participating in the American Cancer Society Cancer prevention study-II (CPS-II). *Am J Ind Med* 1998;34:238-43.
- Dhar SN, et al. Bronchitis due to biomass fuel burning in north India: «Gujjar lung», an extreme effect. *Semin Respir Med*. 1991 Apr;12(2):69-73.
- Pierson WE, et al. Potential adverse health effects of wood smoke. *West Med J* 1989;151:339-42.
- Accinelli, RA. and Herrera, N. Bronchial obstruction, hyper-responsiveness and oxygen

- desaturation related to biomass fuel combustion. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:A811.
19. Ellegard A. Cooking fuel smoke and respiratory symptoms among women in low income areas in Maputo. *Environ Health Perspect* 1996;104:980-5.
  20. Monto AS Acute respiratory infection in children in developing countries: challenge of the 90's. *Review of Infectious Diseases* 1990;11:498-505.
  21. Kossove D. Smoke-filled rooms and respiratory diseases in infants. *South African Medical Journal* 1982; 61: 622-624.
  22. Collings DA, et al. Indoor woodsmoke pollution causing lower respiratory disease in children. *Trop Doct* 1990;20:151-5.
  23. Rodríguez Portal JA, et al. Análisis de la prevalencia de sintomatología respiratoria en la población general. *Arch Bronconeumol* 1995;31:162-168.
  24. Kamat SR, et al. Bombay air pollution- Health Study. Bombay, Municipal Corporation of Greater Bombay, 1984.
  25. Accinelli R, Leey J, Vega L, Ruiz F, Amaro M. Biomass fuel combustion during childhood: The most important factor related with chronic bronchitis in Tarma (altitude-3050m) and Barranca (sea level), Perú. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:A812
  26. Accinelli RA, Fajardo CS. Clinical, psyrometric and radiologic findings among women exposed for more than 30 years to biomass fuel combustion. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;159:A588.
  27. Woolcock LJ, Blackburn CRB. Chronic Lung Disease in the terciary territory of Papua in New Guinea: An epidemiological study. *Australas Ann Med* 1967;16:11-9.
  28. Anderson HR. Chronic lung diseases in the Papua New Guinea highlands. *Thorax* 1979;34:647-53.
  29. Malik SK. Exposure to domestic cooling fuels and chronic bronchitis. *Indian J Chest Dis & All Sci* 1985;27:171-4.
  30. Dennis RJ, Maldonado D, Norman S, et al. Woodsmoke exposure and risk for obstructive airways disease among women. *Chest* 1996;109:115-9.
  31. Behera D, et al. Blood carboxyhaemoglobin levels following acute exposure to smoke of biomass fuel. *Indian Journal of Medical Research*, 1988;Dec:522-524.
  32. Dockery DW, et al. Changes in pulmonary function in children associated with air pollution episodes. *J. Air Pollution Control Assoc* 1982;32:937-42.
  33. amage JE, et al. Interstitial lung disease and domestic wood burning. *Am Rev Respir Dis*. 1988;137:1229-32.
  34. Kilburn KH. Particles causing lung disease. *Environmental Health Perspect*, 1984;55:97-109.
  35. Dunnigan J. Biological effects of fibers: Stanton's hypothesis revisited. *Environ. Health Perspect* 1984;54:333-7.
  36. Bruce N, McCracken J, Albalak R, Schei MA, Smith KR, Lopez V, West C. Impact of improved stoves, house construction and child location on levels of indoor air pollution exposure in young Guatemalan children. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2004;14(Suppl 1):S26-33.
  37. Irwin RS, Madison M. Anatomical diagnostic protocol in evaluating chronic cough with specific reference to gastroesophageal reflux disease. *Am J Med* 2000;108 (4A): 126S-130S.
  38. Mokhlesi B, Morris A, Huang C-F, Curcio AJ, Barret TA, Kamp DW. Increased prevalence of gastroesophageal reflux symptoms in patients with COPD. *Chest* 2001, 1190: 1043-1048.
  39. Sontang SJ. Why do the published data fail to clarify the relationship between gastroesophageal reflux and asthma?. *Am J Med* 2000; 108 (4A): 159S- 169S.
  40. Pandey MR, et al. Domestic smoke pollution and acute respiratory infections in a rural community of the hill region of Nepal. *Environment international* 1989;15:337-340.
  41. Morris K et al. Wood-burning stoves and lower respiratory tract infection in american Indian children. *AJDC* 1990;144:105-8.
  42. Armstrong JRM, et al. Indoor air pollution exposure and lower respiratory infections in young gambian children. *Int J Epidemiol* 1991;20:424-9.
  43. Leowski, J. Mortality from acute respiratory infections in children under 5 years of age: global estimates. *World Health Statistics Quarterly* 1986;39:138-144.