

# Contaminación atmosférica por la fabricación de ladrillos y sus posibles efectos sobre la salud de los niños de zonas aledañas

Aracelly S. Gallegos R.<sup>1</sup>, Benjamín Lang<sup>2</sup>, Miguel Fernández<sup>3</sup>, Marcos Luján<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Exactas de Ingeniería de la Universidad Católica Boliviana. <sup>2</sup>Jefe del Proyecto Aire Limpio. <sup>3</sup>Energética

**Resumen** Los diferentes tipos de contaminaciones han causado millones de muertes de personas en especial niños. Según datos de la UNICEF y la OMS en el año 1993 [19], el 28% (3.6 millones) de defunciones infantiles que ocurren en el mundo están causados por IRAS (Infecciones Respiratorias Agudas). Y el 23% (3 millones) de niños, murieron por EDAS (Enfermedades Diarreicas Agudas), causada por la deshidratación.

Por ejemplo en países desarrollados, el asma está creciendo y los factores ambientales como la contaminación atmosférica y los alérgenos de las casas parecen ser en parte culpables [22]. Más de 100 millones de personas en Europa y Norteamérica están aún expuestas a una atmósfera insalubre, entre estas los niños, son los más afectados. Por otro lado, en países en desarrollo las muertes están relacionadas a situaciones ambientales, como por ejemplo en América Latina [22]: 4 millones de niños mueren al año por IRAS, relacionadas con la contaminación atmosférica. Tanto en lugares cerrados (cocinar a leña), como en lugares externos (industria). En esta investigación se muestra una relación entre los datos de salud, de los habitantes de las zonas de producción de ladrillos (que asciende los 1000 hab.) y los datos medidos de concentración de partículas PM<sub>10</sub>, por parte de las fábricas artesanales del ladrillo. Donde la concentración más alta fue de 199 µg/m<sup>3</sup>.y la más baja fue de 83 µg/m<sup>3</sup>.

**Palabras clave:** IRAS, EDAS, Contaminación atmosférica, Partículas PM<sub>10</sub>.

## 1 Introducción

Bolivia es el país más pobre de Sudamérica y el tercero más pobre en el hemisferio occidental después de Honduras y Haití. Pero, posee una gran cantidad de recursos naturales, renovables y no renovables. Es el séptimo país a nivel mundial con recursos forestales tropicales húmedos; el octavo en cuanto a bosques; el séptimo en biodiversidad; el segundo de Sudamérica en reservas gasíferas; y posee reservas importantes de varios minerales, como: zinc, estaño, plata, litio y otros [14].

Sin embargo, estos recursos se encuentran amenazados por la presión demográfica, puesto que el año 2003 la tasa de crecimiento poblacional en Bolivia fue de 3.6% [9]. Paralelamente al aumento de la población, aumentaron las industrias, generando un crecimiento anual del PIB del 2.5 % [2]. Este proceso de industrialización contribuye a: la deforestación, quema, extracción selectiva de especies, caza ilegal; aumento de la producción de: desechos sólidos, desechos líquidos y emisiones de gases contaminantes a la atmósfera [14].

El sector industrial de nuestro país se encuentra repartido principalmente en cuatro ciudades, que llegan a constituir el eje de la producción boliviana. Estas ciudades son: Santa Cruz, Cochabamba, La Paz y El Alto.

La industria en Cochabamba se puede dividir en dos grupos. El primer grupo consiste en la industria altamente competitiva que cuenta con tecnología de punta, por ejemplo COBOCE, CERAMIL, DURALIT, etc. El segundo grupo incluye a las pequeñas industrias que son generalmente artesanales. Estas empresas como las “ladrilleras” y “yeseras” no cuentan con los medios suficientes, ni con tecnologías apropiadas para una producción eficiente.

En la ciudad de Cochabamba existe un grupo importante de ladrilleras artesanales instaladas en la zona sud de la ciudad. Estas industrias se generan, debido a que el ladrillo es uno de los materiales principales en la construcción. Es por esto que muchas personas se dedican a su elaboración. Las personas que se dedican a la producción de ladrillos, en su mayoría son inmigrantes de las zonas mineras (Oruro y Potosí). De las 1000 familias que habitan en esta zona el 70 % son emigrantes. Estas personas, vinieron en busca de oportunidades para mejorar su nivel de vida [1].

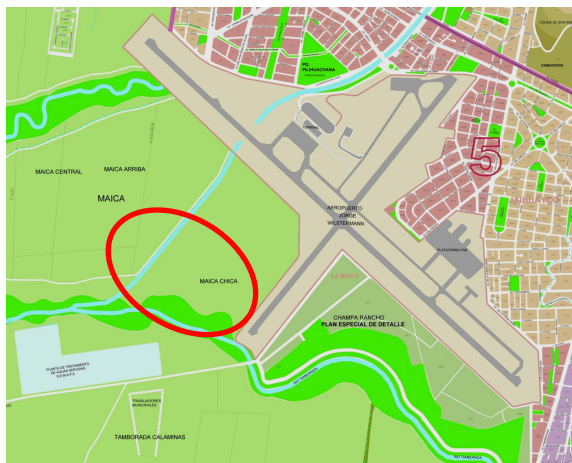
No obstante, pese a la alta demanda de los ladrillos, su producción es remunerada de la siguiente manera:

**Tabla 1:** Modalidades de pago y monto por actividad, en la producción de ladrillos. Fuente [1]

Actividad	Modalidad de Pago	Monto en Bs.
Extracción de arcilla	Jornal	25 + almuerzo
Moldeado de ladrillos	Por mil unidades	35 + almuerzo
Cargado al horno	Por obra (16 jornales)	846 + almuerzo
Quemado	Por obra	300

Los niños entre 4 - 16 años de edad, deben combinar su horario de trabajo con el horario escolar. El horario de trabajo empieza a las 7:00 a.m. y termina a medio día. Durante estas horas, los niños ayudan a traer el agua de los pozos, mezclan el barro y colocan los adobes en orden.

La zona de producción de ladrillos se encuentra en el Distrito N° 5 de la ciudad de Cochabamba. Para ser más precisos, se ubica atrás del aeropuerto Jorge Wilsterman. A esta zona se la denomina Champa Rancho (marcada con un círculo en la figura 1).



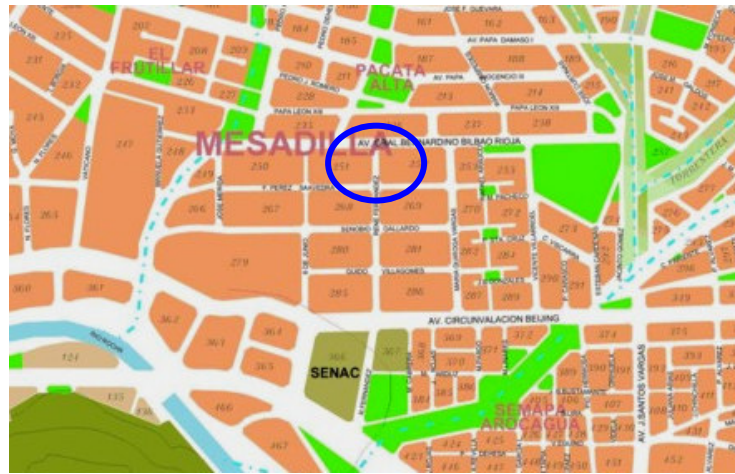
**Figura 1:** Plano de ubicación de la zona de Champa Rancho, Distrito N°5  
Fuente: [8]

En la zona existe un conflicto en cuanto el uso de suelo. Esto debido a que en 1981, se aprobó el Decreto Supremo N° 18412, que declara a Champa Rancho como un Parque Metropolitano. A pesar de este decreto, la producción de ladrillos continúa, ya que es una fuente de trabajo y de ingresos considerable para la sociedad cochabambina.

Por otro lado con fines de comparación, se estableció otro punto de monitoreo, que se encuentra en el Distrito N° 1 en la Zona de Pacata Alta. Como podemos observar en la figura 2, esta zona se encuentra al norte de la carretera principal a Santa Cruz, vale decir en la zona norte de la ciudad de Cochabamba.

Por otro lado, esta zona es completamente opuesta a la zona de Champa Rancho en cuanto a contaminación atmosférica se refiere. Es por esta razón que se la escogió para poder comparar los datos tanto del monitoreo como de las fichas de salud.

El objetivo general del estudio es mostrar los niveles de la contaminación atmosférica, causada por la fabricación de ladrillos, y sus posibles efectos, sobre la salud de las personas que habitan, en los alrededores y proponer medidas de mitigación.



**Figura 2:** Plano de ubicación de la zona de Pacata Alta, Distrito N°1  
Fuente: [8]

## 2 Marco Teórico

Para poder comprender, gran parte del documento, debemos enfatizar ciertos conceptos, que a continuación serán detallados.

### Contaminación Atmosférica

Es muy importante primero definir el concepto de contaminación atmosférica.

La contaminación atmosférica (CA) es la presencia de contaminantes o las combinaciones de los mismos en la atmósfera, que causa alteraciones tanto en el ambiente como en los seres humanos, animales y plantas [20].

De la misma forma de acuerdo a la Ley del Medio Ambiente en Bolivia, Ley 1333 [12], la CA se define como: “Presencia en la atmósfera de uno o más contaminantes, de tal forma que se generen o puedan generar efectos nocivos para la vida humana, la flora o la fauna, o una degradación de la calidad del aire, del agua, del suelo, los inmuebles, el patrimonio cultural o los recursos naturales en general.”

### Contaminantes Atmosféricos:

“Un contaminante atmosférico es aquella materia o energía, en cualquiera de sus formas y/o estados físicos, que al interrelacionarse en o con la atmósfera, altere o modifique la composición o estado natural de ésta” Según la Ley 1333 [12].

En la tabla 2, se encuentran los principales contaminantes que existen en la atmósfera.

**Tabla 2:** Tabla 2. Clasificación de contaminantes atmosféricos.

Fuente: [20]

Tipo	Contaminante Primario	Contaminante Secundario
Compuestos de S	SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S	SO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , MSO <sub>4</sub> *
Compuestos de N	NO, NH <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub> , MNO <sub>3</sub> *
Material particulado		
Comp. Orgánicos de C	Compuestos C <sub>1</sub> -C <sub>7</sub>	Aldehídos, Cetonas, Ácidos
Óxidos de C	CO, CO <sub>2</sub>	Ninguno
Compuestos de alógenos	HF, HCl	Ninguno

MSO<sub>4</sub>\* y MNO<sub>3</sub>\* indican la formula general de los sulfatos y de los nitratos respectivamente

En la tabla anterior, también se puede observar, cuales son los contaminantes primarios y cuales los secundarios.

En Bolivia, la Ley 1333 [12] en cuanto a los valores permisibles, indica que el valor máximo es el de 150 µg/m<sup>3</sup> por día, de partículas PM<sub>10</sub>.

## 2.1 Material Particulado

Es importante definir primero lo que es el material particulado (MP), para después clasificarlo y entender de mejor manera cuando hablamos de partículas PM<sub>10</sub>.

Saralegui. [16], define al MP como “Una mezcla compleja de partículas sólidas y líquidas. Esta mezcla puede variar considerablemente de tamaño, composición, y concentración. Esto depende de las fuentes naturales como por ejemplo: el polvo, el rocío de mar y volcanes. Pero también depende de actividades antropogénicas como son la combustión de petróleo y sus derivados”.

Otra definición. Las partículas PM<sub>10</sub>, son partículas livianas que son fácilmente suspendidas en el aire. Su origen puede ser natural o antropogénico. Debido sus características permanecen en suspensión por mucho tiempo y son una amenaza para los habitantes, pues al ser inhaladas provocan daños al sistema respiratorio [15].

El PM<sub>10</sub> incluye partículas directamente emitidas al aire tales como hollín de diesel, polvo proveniente de caminos o de trabajos agrícolas, o partículas inherentes a la quema de madera o procesos industriales. También, se produce a través de reacciones fotoquímicas y químicas en las cuales participan gases tales como los óxidos de azufre o los óxidos de nitrógeno generados por la combustión de combustibles.

En Bolivia, se ha podido implementar proyectos de monitoreo del aire, con el proyecto “Aire Limpio”. Existen en total 4 redes del eje troncal que monitorean a Cochabamba, El Alto, La Paz y Santa Cruz.

## 2.2 Efectos de los Contaminantes Atmosféricos

Un efecto se define como un cambio perjudicial valorizable u observable debido a un contaminante del aire. Los contaminantes también pueden afectar los materiales no vivos como pinturas, metales y telas. Como ocurre con cualquier agente tóxico, los efectos dependerán de: el contaminante en particular, su concentración, el tiempo y las condiciones de la exposición, los otros contaminantes presentes y los factores relacionados con la susceptibilidad individual.

Por otra parte, la exposición a contaminantes del aire puede causar efectos agudos (corto plazo) y crónicos (largo plazo) en la salud.

Los *efectos agudos* son inmediatos y reversibles cuando cesa la exposición al contaminante. Los más comunes, son la irritación de los ojos, dolor de cabeza y náuseas [16].

Los *efectos crónicos* tardan en manifestarse, duran indefinidamente y tienden a ser irreversibles. Generalmente incluyen la disminución de la capacidad pulmonar y cáncer a los pulmones debido a un prolongado período de exposición a contaminantes tóxicos del aire, tales como el asbesto y berilio.

Eventualmente, la exposición crónica a estos contaminantes puede causar bronquitis o enfisema por si misma o puede contribuir a ellos [16].

Ambos efectos, dependen del contaminante, podrían deberse a una acumulación de efectos o a una acumulación de dosis. En el caso de los contaminantes atmosféricos, el organismo está expuesto, de manera simultánea, a una mezcla de agentes, por lo que se generarán diversos efectos sinérgicos.

En cualquier caso, el sistema más afectado es, el respiratorio. Y el punto más afectado de él dependerá del agente en sí. Dependiendo de la persona, esta irritación continúa y el esfuerzo adicional para respirar pueden causar, inclusive, la muerte.

La agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [6], considera que la irritación de los ojos, nariz y garganta, asociada a la exposición del *smog* fotoquímico, no tiene importancia médica y no es efecto adverso sobre la salud. Sin embargo, si esta irritación contribuye a una irritación asmática, llega a ser un efecto adverso.

El efecto de las partículas depende de su tamaño, ya que las que constituyen la denominada reacción respirable tienen un tamaño menor a 10  $\mu\text{m}$ , destacando las partículas menores a 2,5  $\mu\text{m}$ , que son capaces de llegar hasta los alvéolos, de donde no pueden salir [16].

En los seres vivos, cuando el material particulado y componentes solubles penetran en la sangre través de los pulmones, son transportados hacia otros órganos deteriorándolos. De este modo, aumentan las enfermedades respiratorias como la bronquitis y enfermedades cardiovasculares, en áreas con alta contaminación atmosférica [15].

Es importante, mencionar que las partículas, raras veces se presentan de manera aislada, por lo tanto, el efecto buscado debe ser muy específico. Por esta razón, las técnicas epidemiológicas, pocas veces pueden atribuir con certeza el efecto observado.

Como se menciona anteriormente los efectos causados en la salud por los contaminantes dependen del grado de concentración y el tiempo que la persona está expuesta. En la tabla 3 podemos observar cómo se relacionan la concentración del contaminante y el efecto causado en la salud.

**Tabla 3:** Concentración y efectos del material particulado. Fuente: [10]

Concentración de partículas	Efectos
---- $\mu\text{g m}^{-3}$ ----	
200	Disminuye la capacidad respiratoria
250	Aumenta las enfermedades respiratorias en ancianos y niños
400	Afecta a toda la población
500	Aumenta la mortalidad en mayores y enfermos

Como consecuencia de estos conocimientos, los científicos formaron subcategorías dentro de las partículas totales suspendidas (TSP, por sus siglas en inglés), las cuales se conocen como PM<sub>10</sub> – todas las partículas con diámetros menores a 10 micras (10  $\mu\text{m}$ ), a veces llamada “fracción torácica” y PM<sub>2.5</sub> “fracción respirable”, respectivamente. Por su gran impacto en la salud humana, la medición de ambas se considera hoy día como prioridad y como parámetro importante para la determinar calidad del aire [23].

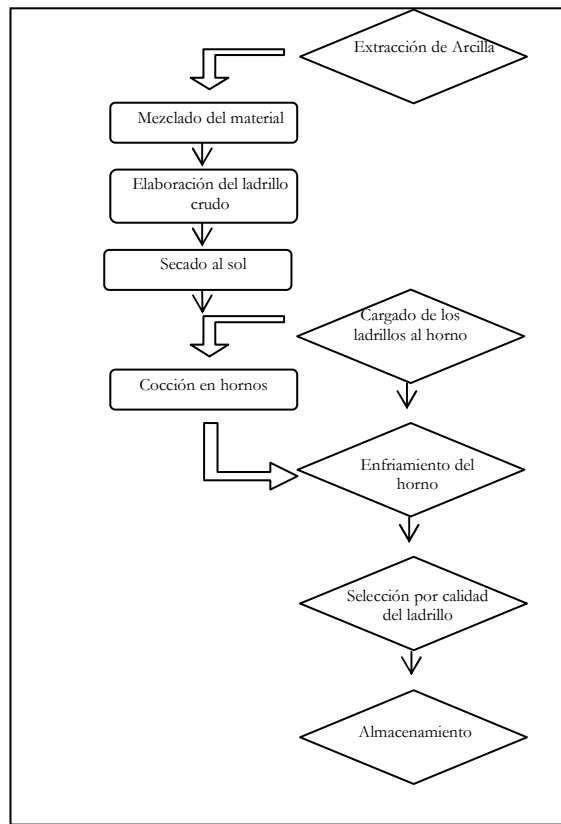
### 2.3 Producción Artesanal de Ladrillos

La producción artesanal de ladrillos es muy importante, debido a su alta demanda como material de construcción. Por ejemplo en la ciudad de La Paz, la producción mensual de ladrillos se estima cerca de los 3 millones de unidades, que se elaboran aproximadamente en 150 hornos [17]. Esta producción consiste en varios pasos que son los siguientes:

Primeramente, los materiales que se utilizan son: agua (estancada), arcilla, aserrín y residuos de curtiembres. Estos materiales se los mezcla hasta obtener una masa uniforme y manejable tipo barro. Esta actividad es desempeñada por niños y adultos.

La masa se coloca en carretillas de metal y se la transporta hacia un lugar abierto. Pequeñas porciones de masa se colocan en moldes de madera, de aproximadamente 10 x 25 cm. (ver figura 4a). Una vez retirados los moldes, se obtienen los ladrillos crudos.

Estos adobes son colocados en el suelo en un lugar abierto. La colocación de estos adobes se realiza en orden. El secado al sol dura aproximadamente 48 horas (ver figura 4b).



**Figura 3:** Esquema de los procesos de producción del ladrillo  
 Fuente: Energetica,1999 [5].

Una vez que estos adobes están secos, se los llevan a los hornos de cocción. Donde son sometidos, durante tres días seguidos, a una temperatura que varía entre 800 y 1 300 °C. [3]. Los hornos funcionan con gas natural. Una vez que los ladrillos están cocidos se apagan los hornos y después de unos días se los retiran (ver figura 5a). En cada horno aprox. entran 70 mil ladrillos [11].



a)



b)

**Figura 4:** a) Molde de para hacer los ladrillos b) Elaboración de ladrillos





**Figura 5:** a) Cocción en hornos b) Extracción de ladrillos para la venta

Después de detallar la elaboración de ladrillos, es también importante, para el proyecto mostrar otros estudios y resultados, desarrollados en otros países.

### 3 Metodología

En este estudio, se tomó en cuenta, la calidad del aire de la zona, de la misma forma, la calidad de la salud de los niños, que trabajan en la producción de ladrillos o que también viven en áreas colindantes a los hornos. Este estudio, se basará en tres ejes principales.

#### 3.1 Evaluación la calidad del aire en la zona de producción de ladrillos

##### *Primer punto de monitoreo*

Un primer punto de monitoreo se ubicó en la zona sur de la ciudad, en una casa cercana a la zona en que están instalados los hornos artesanales de cocción de los ladrillos. Para esto se necesitó un lugar seguro que cuente con energía eléctrica. Mediante el manual de laboratorio de la Red MoniCA y con la colaboración de un especialista, se ubicó el punto de muestreo. Se pudo instalar mediante la colaboración de la Universidad Católica Boliviana “San Pablo”, la Red MoniCA y dirigentes de la Asociación de Productores de Ladrillo.

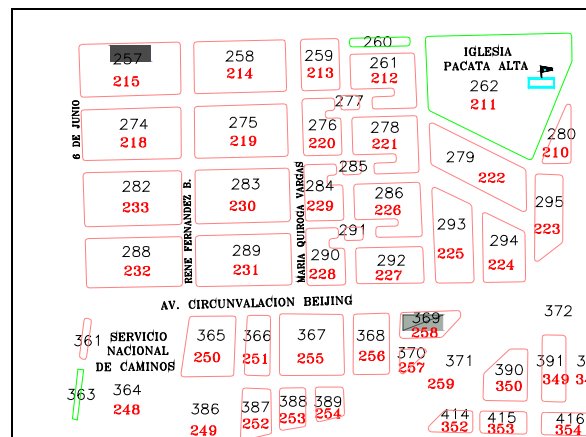
Este punto se ubicó dentro de una casa que se encuentra en la zona de Champa Rancho (fig 6), a pesar de haber tenido dificultades con la seguridad y con el suministro de la energía eléctrica se instaló el equipo. A este punto se lo denominó **LD**.



**Figura 6:** a) Imagen de la caseta que protege el impactador b) Casa donde se ubicó el 1er punto de monitoreo.

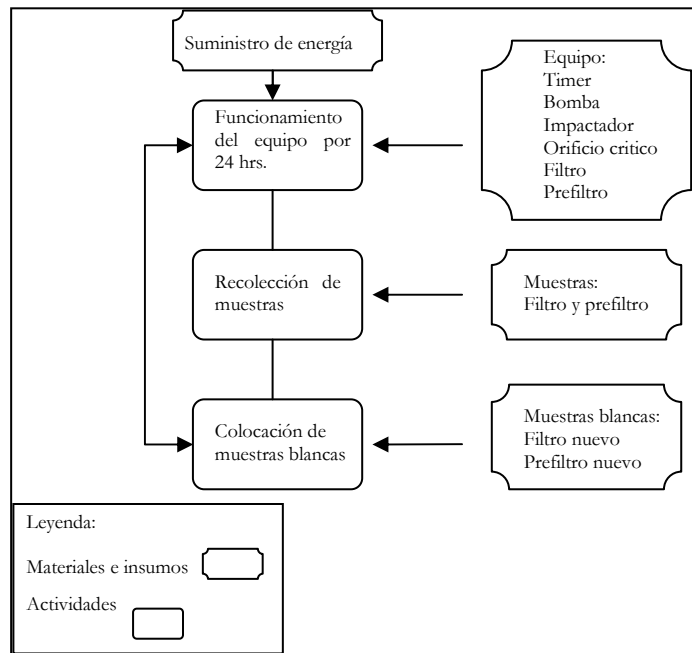
*Segundo punto de monitoreo*

El punto de referencia en una zona de poca contaminación por partículas se lo ubicó en la zona de Pacata Alta, donde existe poco tráfico vehicular y no existen emisiones puntuales importantes. Igual que al anterior punto de monitoreo, se lo ubicó, de acuerdo al Manual de Laboratorio, Monitoreo del aire del Programa Aire Puro [4]. A este punto se lo denominó **PA**. La ubicación de este punto se puede ver en la figura 7:

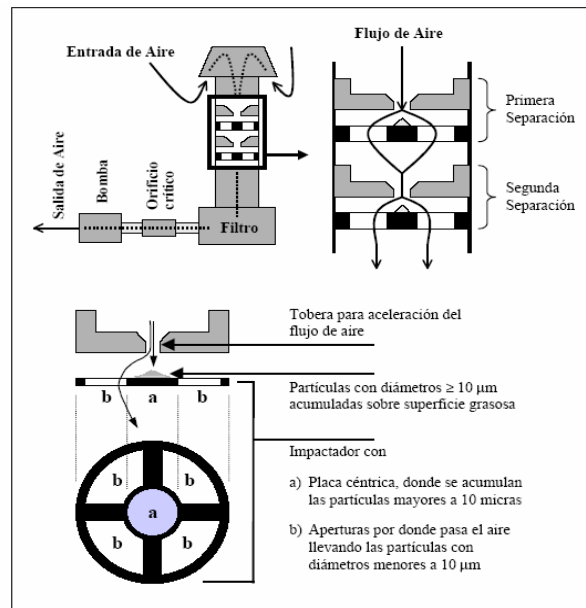


**Figura 7:** Plano de ubicación del 2do punto. En rectángulo oscuro 2do punto (216), el centro de salud de Pacata Alta en rectángulo plomo (258).Fuente: [7]

Para las mediciones de  $PM_{10}$  en los puntos seleccionados se emplearon impactadores Havarad que fueron facilitados por de la Red MoniCA. Se midieron promedios de 24 h de  $PM_{10}$ , durante 30 días. Este monitoreo empezó el 13 de mayo del 2005 y culminó el 11 de Junio del 2005.



**Figura 8:** Funcionamiento del equipo activo para PM<sub>10</sub>. Fuente: [4]



**Figura 9:** Esquema del funcionamiento del impactador Harvard para PM<sub>10</sub>. Fuente: [4]

La metodología empleada fue la misma que emplea la Red MoniCA para el método activo, para las partículas PM<sub>10</sub>. Se estableció un flujo de aire de 4 l min<sup>-1</sup>, mediante un sistema de regulación de orificio crítico. Las partículas se recogieron en filtros de teflón,

previamente pesados en condiciones ambientales controladas. La figura 8 muestra esquemáticamente el funcionamiento del sistema de monitoreo de  $PM_{10}$ .

El impactador es la parte principal de este equipo y su funcionamiento lo podemos observar en la figura 9:

En cuanto a los cálculos que se realizaron para obtener la concentración de partículas  $PM_{10}$ , también se siguió la metodología que establece, el Manual de Laboratorio, Monitoreo del aire del Programa Aire Puro [4].

De esta manera, en el manual se establece este cálculo usando los pesos de los filtros, que se han recolectado, cada 24 hrs. durante 30 días.

La formula que se utilizó fue la siguiente:

$$\text{Concentración de partículas } PM_{10} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{P_{\text{final}} - P_{\text{inicial}}}{V_{\text{real}}}$$

Donde :

$P_{\text{final}}$  = es el peso final del filtro ( $\mu\text{g}$ )

$P_{\text{inicial}}$  = es el peso inicial del filtro ( $\mu\text{g}$ )

$V_{\text{real}}$  = es el volumen real del muestreo ( $\text{m}^3$ )

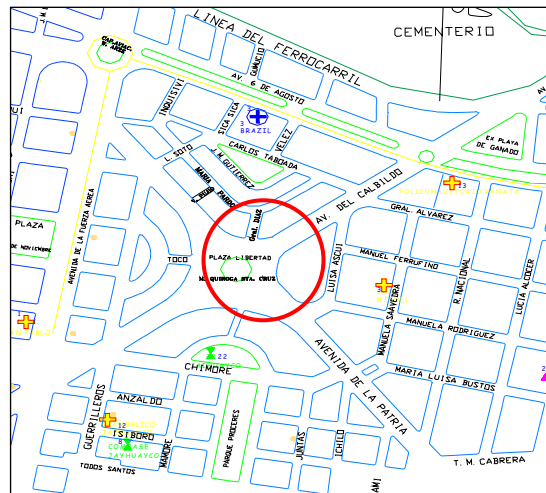
El volumen real del muestreo se obtiene por la multiplicación del flujo real del orificio crítico con el tiempo de muestreo [4].

### 3.2 Análisis de las fichas de salud

Las fichas fueron recolectadas por personal del proyecto ICAS en dos centros de salud. El primer centro de salud es el de Jaihuayco que se encuentra en la zona de Jaihuayco. Este centro de salud se encuentra en una zona alejada al punto de muestreo en la zona de Champa Rancho. En la figura 10 se puede ubicación.

El segundo centro de salud es el de Pacata Alta, que se encuentra en la misma zona donde se encuentra el punto de muestreo de Pacata Alta. Se puede observar su ubicación en la Figura 7.

Para este análisis, primeramente se contabilizaron las fichas recolectadas, para ambos centros de salud. Como segundo paso se determinó el número de fichas por enfermedad y por centro. Finalizando con el análisis, se agruparon las fichas por edades, tomando en cuenta los siguientes criterios:



**Figura 10:** Ubicación del centro de Salud Jaihuayco Fuente: [18]

- Se tomó en cuenta la edad más sensible de 0 a menor de 5 años. Para los niños que empiezan la etapa escolar de 5 a menores de 15, seguidamente la etapa de los 15 a menores de 25, finalmente de los 25 adelante.
- Se tomó en cuenta también que el Seguro Universal Materno Infantil (SUMI) [14], atiende a las madres e hijos, de manera gratuita. Sin embargo, el SUMI solo cubre a niños menores de 5 años.
- Por otro lado, de acuerdo a nuestros objetivos específicos, la edad que más nos interesa está entre los 0 – 5 y > 5 – 15 años de edad. El primer grupo porque es una población sensible. El segundo grupo, debido a que son los niños entre estas edades los que ayudan a sus padres en su oficio.

Por otro lado se analizaron las fichas haciendo una comparación de poblaciones entre Jaihuayco y Pacata Alta. Para esto se tomaron en cuenta que:

- Las personas que asistieron al centro de salud Jaihuayco, estuvieron expuestas al mismo medio ambiente. Y por lo tanto la probabilidad de estar expuestos a la contaminación de las ladrilleras fue la misma.
- Hay que mencionar que las zonas de Pacata Alta y Jaihuayco son diferentes desde el punto de vista socioeconómico; en general la población de Pacata Alta posee mejores condiciones y nivel de vida que la población de Jaihuayco.

Como está claro, esta metodología fue adaptada a este estudio, ya que no se contó con un grupo específico de controles, debido a que las variables a tomar en cuenta son muchas, tanto en el sentido social, como es lo económico, contaminacional y salud.

### 3.3 La comparación y análisis de todos los datos obtenidos en el primer y segundo eje

La comparación que se necesitaría realizar para hallar esta correlación entre los datos de salud y contaminación atmosférica, no se pudo realizar, debido a que se necesitaría una cantidad mucho mayor de datos en cuanto a contaminación atmosférica en la zona de Champa rancho.

De la misma manera con los datos de salud, la cantidad de datos que se necesitaría para poder realizar un estudio epidemiológico, que compruebe dicha correlación, es de por lo menos 1 año. Las metodologías que se emplean para poder hallar este tipo de relación entre causa y efecto son variadas. Sin embargo, la información requerida es bastante amplia, así como también se requiere manejar una diversidad de variables que influirán en este tipo de estudios.

Por otro lado, se está realizando la aplicación del programa AIR QUALITY AND HEALTH IMPACT ASSESSMENT TOOL [21], es un software especializado que permite calcular el impacto potencial de los efectos en la salud humana causada por exposiciones al aire contaminado en determinado periodo de tiempo.

## 4 Resultados y Discusión

Siguiendo con el orden de la metodología, los resultados a continuación se dividen en tres. Estos de acuerdo a los ejes en los cuales se basó el estudio.

### 4.1 La evaluación la calidad del aire en la zona de producción de ladrillos

Después de haber realizado todos los cálculos, siguiendo la metodología, antes explicada. Se ha podido representar los resultados en la figura 11:

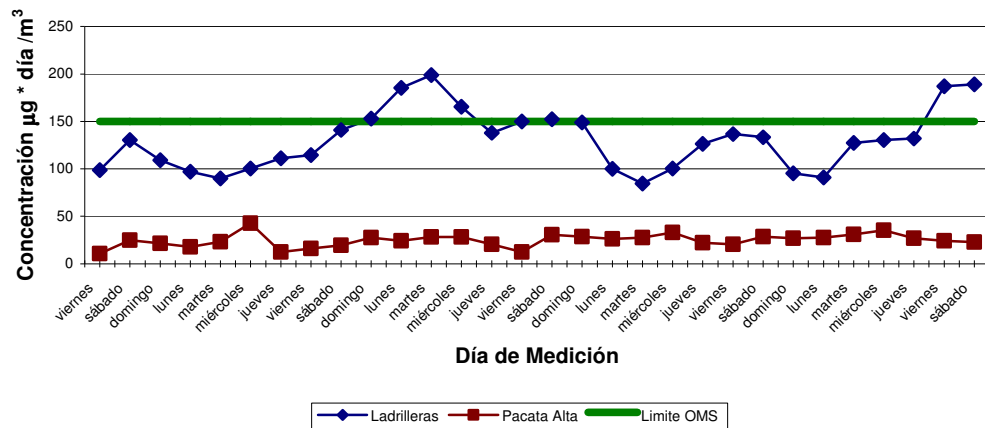
Como podemos observar en la gráfica, existe una gran diferencia entre el nivel de concentraciones de partículas  $PM_{10}$  en la zona de Champa Rancho (ladrilleras) y la concentración en la zona de Pacata Alta. Así como también se nota la diferencia entre el límite establecido por la Organización Mundial de la Salud y las curvas de Pacata y de las ladrilleras. Durante el periodo de mediciones, el promedio de la concentración de  $PM_{10}$  en Champa Rancho fue de  $124,7 \mu\text{g m}^{-3}$ , y en la zona de Pacata Alta de  $25,4 \mu\text{g m}^{-3}$ , con una diferencia de  $99,3 \mu\text{g m}^{-3}$ .

Los picos más altos, que se observan en la curva de las ladrilleras, se deben principalmente al funcionamiento de los hornos en los alrededores del punto de muestreo. En la tabla 4 se comparan las concentraciones más altas en la zona de las ladrilleras con las concentraciones de la zona de Pacta Alta, medidas el mismo día.

Como ya se había mencionado, estas concentraciones tan altas, como 185, 199 y 166 (todas estas en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) se deben al funcionamiento de un horno a aprox. 300 m del punto de monitoreo.

Este tipo de concertaciones, a lo largo de la curva generalmente se presenta durante 3 días consecutivos. Esto, se debe a que el procedimiento de elaboración del ladrillo,

requiere una cocción continua a altas temperaturas por tres días. Así como para su etapa de enfriamiento, también se requieren de tres días aproximadamente.



**Figura 11:** Concentración e Partículas  $PM_{10}$  ( $\mu g/m^3$ ) en Pacata Alta (PA) y en las Ladrilleras (LD).

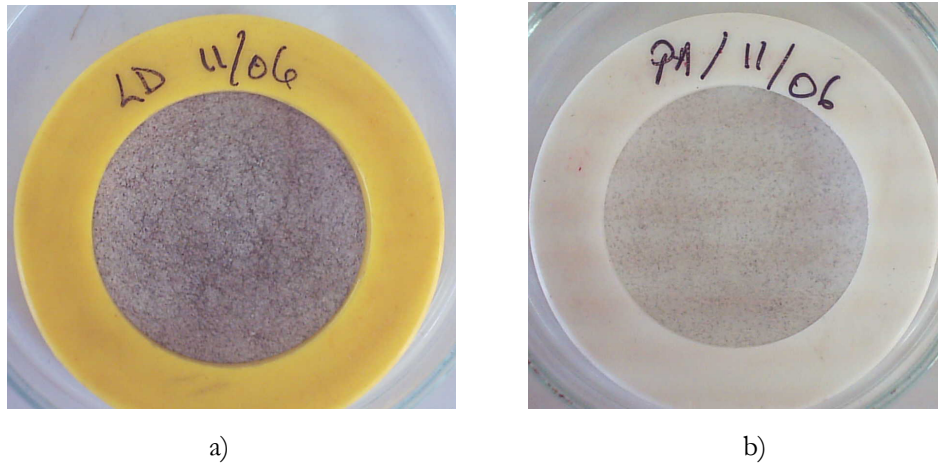
**Tabla 4:** Concentración de  $PM_{10}$  en las Ladrilleras (LD) y en Pacata Alta (PA).

N°	Día	Fecha	Concentración $\mu g/m^3$	
			LD	PA
11	lunes	23/05/2005	185	24
12	martes	24/05/2005	199	28
13	miércoles	25/05/2005	166	28

Por otro lado en esta misma tabla (Tabla 4) podemos observar que las concentraciones de Paca Alta (PA) van aumentando de lunes a miércoles. Esto se puede explicar, ya que el miércoles es el día en el que generalmente la mayor parte de la población se dirige a los centros de abasto. Para poder reabastecerse de productos de primera necesidad.

Al igual que los miércoles, este fenómeno, se repite los días sábados. Y en algunos casos la concentración de los días sábados es mayor a la de los miércoles.

Es por esta razón que en el gráfico se prefirió la notación de días a la notación de fechas en el eje x. Para poder observar de mejor manera, la presencia de picos en estos días.

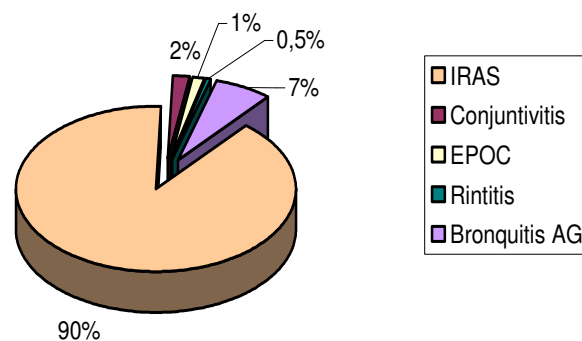


**Figura 12:** Imágenes de los filtros PM<sub>10</sub> a) Filtro de la zona de las ladrilleras (LD) b) Filtro de Pacata Alta (PA)

Para poder observar una imagen, más clara sobre la contaminación atmosférica, podemos ver la figura 12. En esta, podremos observar la diferencia entre la contaminación en las ladrilleras LD y Pacata Alta PA.

#### 4.2 Análisis de fichas de salud

Para el centro de salud de Jaihuayco, el proyecto ICAS recolectó 208 fichas de salud. En cambio para el centro de Pacata Alta, fueron 383 fichas, entre el 13 de Mayo del 2005 y el 11 de Junio del mismo año.



**Figura 13:** Cantidad de enfermedades en porcentaje en Jaihuayco Fuente: Datos de salud del proyecto ICAS

La notación de Bronquitis AG, se refiere a bronquitis aguda.

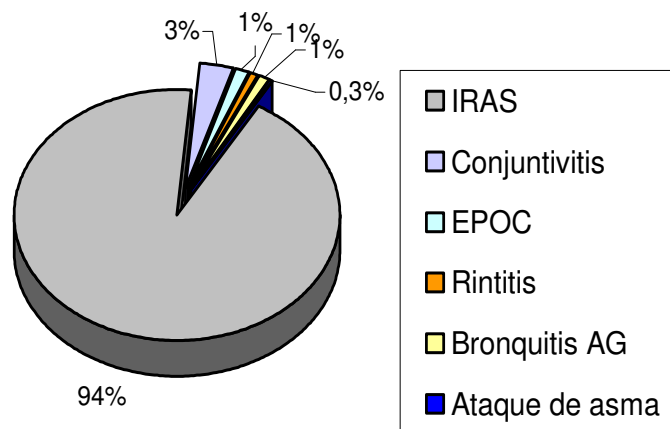


Como se puede observar en la figura 13, la cantidad de IRAS, es mucho mayor que las otras enfermedades. Se han tomado en cuenta solo enfermedades, que pueden ser atribuibles a la contaminación por partículas  $PM_{10}$ .

Por otro lado de acuerdo a los análisis estadísticos podemos decir que, la mayoría de las enfermedades se presentan en el primer rango de edad, que es el de 0 a 5 (es de 151 casos) y en el Centro de Pacata Alta es de 239 casos en el mismo rango de edad.

En el caso del centro Pacata Alta se tiene una mayor cantidad de datos. Esto puede ser debido a diferentes factores, como, el nivel socio-económico, la calidad de la atención en el centro, la cercanía del centro y a aspectos socio-culturales.

En la figura 14 observamos de la misma manera que la alta cantidad de IRAS.



**Figura 14:** Cantidad de enfermedades den porcentaje en Pacata Alta Fuente: Datos del proyecto ICAS

Pero la diferencia entre ambos centros de salud también es baja. Y esto puede ser debido a varios factores que se mencionan anteriormente. Sin embargo, hay que recalcar que entre los más importantes esta el factor socio-económico.

Partiendo de los datos de población atendida por los centros de salud de Pacta Alta y de la zona de Jaihuayco, se ha podido estimar la incidencia de IRAs en niños menores a 5 años. En el centro de salud de Jaihuayco, se presentarían 420 por cada 1000 hab. casos nuevos de IRAS (no reincidentes) y en Pacata Alta se presentaron 283 por cada 1000 hab. casos nuevos durante el periodo de mediciones. Esto implica un riesgo relativo de 48,4% mayor de IRAs en la zona de Champa Rancho. Es también importante hacer notar que el la incidencia de enfermedades respiratorias más graves como la bronquitis aguda, es mayor en la zona de Champa Rancho. Partiendo de estos datos y los promedios de concentración de  $PM_{10}$  en ambas zonas, se puede estimar un riesgo relativo de 4,8% por cada  $10 \mu\text{g m}^{-3}$  de  $PM_{10}$  en el aire ambiente, para las IRAs en menores de 5 años.

Los valores de incidencia de IRAs obtenidos en las dos zonas de estudio, evidencian una mayor incidencia de en la zona de Champa Rancho, que, de estar relacionada con la concentración de PM<sub>10</sub> en el aire ambiente, implicaría un riesgo relativo de 1,048 por cada 10 µg m<sup>-3</sup> de PM<sub>10</sub>. Si bien es necesario hacer mayores estudios para determinar claramente la correlación entre la contaminación por partículas y la incidencia de afecciones respiratorias en la zona de Champa Rancho, este estudio muestra claramente que esta zona está claramente más contaminada por partículas que otras zonas de la ciudad de Cochabamba.

### Agradecimientos

Los autores del presente artículo agradecen la colaboración prestada por La Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo (Swisscontact), la Universidad Católica Boliviana y la Asociación de productores de ladrillo.

### Referencias

- [1] Barcaya L. H. 2001. *Procesos organizativos y dinámicas de cambio en los productores de ladrillos de Champa Rancho provincia Cercado, departamento de Cochabamba*. Tesis de grado en licenciatura en sociología. Universidad Mayor de San Simón Carrera de Sociología.
- [2] BID 2000. Banco Interamericano de Desarrollo. *¿Por qué Bolivia no crece más?*. <http://www.iadb.org/>
- [3] Calderón A. Christian H. 2004. *Historia del ladrillo*. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. [chcalder@tifon.unalmed.edu.co](mailto:chcalder@tifon.unalmed.edu.co) 18/08/2004. Colombia
- [4] COSUDE/SWISSCONTACT. 2001. *Programa Aire Puro, Monitoreo del aire, Manual de laboratorio*. Publicado por Swisscontact
- [5] Energetica 1999. *Definición concentrada de alternativas de sostenibilidad para el sector ladrillero de Champa Rancho, Provincia Kanata*.
- [6] EPA. 2005. Environmental Protection Agency U.S. *EPA's Clean Air Market Programs - Glosario.htm*. [www.EPA'sCleanAir/MarketPrograms/Glosario.htm](http://www.EPA'sCleanAir/MarketPrograms/Glosario.htm) 11/06/2005.
- [7] H.A.M. – UMSS 1994. Honorable Alcaldía Municipal de Cochabamba, Universidad Mayor de San Simón. *Proyecto de Catastro Urbano Cochabamba*. Dirección de Proyectos Catastrales CARDAN Internacional y Dirección de Planificación.
- [8] H.A.M. 1999. Honorable Alcaldía Municipal de Cochabamba. *Plano General de la ciudad de Cochabamba*. Dirección de Planificación.

- [9] INE (Instituto Nacional de Estadística). 2001. *Indicadores Demográficos: Bolivia, Producto Interno Bruto por año según Actividad Económica y Cuadros Síntesis*. [www.ine.gov.bo](http://www.ine.gov.bo). 01/11/04.
- [10] Kork M. 1999. *Curso de orientación para el control de la contaminación del aire. El manual de auto – instrucción*. OP/CEPIS/OMS. Lima, Perú.
- [11] La Razón. 2003. *Haciéndose cargo de sus vidas desde los 4 años*. 1 de septiembre de 2003. [www.bolivia.com](http://www.bolivia.com). 1/9/03.
- [12] Ley No. 1333. 1992. *Ley del Medio Ambiente*. Promulgada el 27 de Abril de 1992 Publicada en la Gaceta Oficial de Bolivia el 15/06/92.
- [13] Ley No. 2426. 2002. *Ley del Seguro Universal Materno Infantil*. Promulgada el 21 de Noviembre del 2002. <http://www.sns.gov.bo>.
- [14] MDSP (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación). 2002. *Informe de Gestión 2002*. Ed. Artes Gráficas Sagitario, La Paz – Bolivia.
- [15] Red MoniCA (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire). MoniCa Web. [www.ucbcba.edu.bo/redmonica/](http://www.ucbcba.edu.bo/redmonica/). 20/01/05
- [16] Saralegui V. J. Antonio 2003. *Modelo de Simulación de los Efectos en Salud Producidos por la Contaminación Atmosférica en la Región Metropolitana*. Tesis en Licenciatura de la Universidad de Santiago de Chile. Facultad de Ingeniería. Depto de Ing. Industrial. Chile
- [17] Siñani Soledad y Bady Mancilla. 2004. *Problemática ambiental producida por las ladrilleras*. [bady@unete.com](mailto:bady@unete.com). 10/08/04.
- [18] Swisscontact 2001. *Ubicación Referencial de Establecimientos de Salud – Cercado*. Proyecto Gestion Integral de Residuos Generados en establecimientos de Salud. Swisscontact.
- [19] UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia). 1993. *Estado Mundial de la infancia 1993*. Ed. Jy] Asociados. España.
- [20] Wark Kenneth y Cecil F. Warner. 1994. *Contaminación del aire Origen y Control*. (p.22) Ed.Limusa. México
- [21] WHO. 2001. *AirQ Version 1.2. Air Quality and Health Assessment Tool User's Manual European Centre for Environment and Health*. Bonn, Alemania.
- [22] WRI (Instituto de Recursos Mundiales) PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) y El Banco Mundial. 2001. *Informe de Recursos Mundiales 2001*. [www.wri.org/wr2000esp/](http://www.wri.org/wr2000esp/). 14/10/04.
- [23] Zamorano A. Márquez S. Aránguiz J. L. Bedregal P. Sánchez I. 2003. *Relación entre bronquiolitis aguda con factores climáticos y contaminación ambiental*. Revista Medica Chile.