



Revista Cubana de Salud Pública

ISSN: 0864-3466

ecimed@infomed.sld.cu

Sociedad Cubana de Administración de Salud  
Cuba

Fonseca Duarte, Alejandro; Rabelo Júnior, Josias; Mesquita Santos, Gláucio  
Influencia de la polución del aire sobre la salud en Rio Branco-AC, Brasil  
Revista Cubana de Salud Pública, vol. 33, núm. 4, octubre-diciembre, 2007  
Sociedad Cubana de Administración de Salud  
La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21433406>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Rev Cubana Salud Pública v.33 n.4 Ciudad de La Habana oct.-dic. 2007

Universidad Federal de Acre (UFAC), Brasil

## **Influencia de la polución del aire sobre la salud en Rio Branco-AC, Brasil**

[Alejandro Fonseca Duarte,<sup>1</sup> Josias Rabelo Júnior<sup>1</sup> y Gláucio Mesquita Santos<sup>1</sup>](#)

### **RESUMEN**

La población de Acre, en su parte este y norte, sufre el efecto derivado de las altas concentraciones de humo en el aire debido a las quemadas de la biomasa forestal. Esta polución viola las normas establecidas sobre calidad del aire. De junio a septiembre de cada año, durante la estación de seca, el humo ocasiona enfermedades y malestares en la población. Para estudiar este efecto se realizaron mediciones de la calidad del aire mediante tres métodos independientes: nefelometría, aetalometría y radiometría solar; y observaciones de su impacto sobre la salud, a partir de la aplicación de una encuesta a una muestra aleatoria de cincuenta individuos, moradores de áreas periféricas de la ciudad de Rio Branco. Se encontró que prácticamente el 100 % de los habitantes pobres padecen de enfermedades respiratorias y oculares como consecuencia de la polución del aire, ocasionada por las quemadas forestales en la Amazonia, particularmente durante la seca de 2005.

*Palabras clave:* Calidad del aire, polución atmosférica, enfermedades y polución.

### **INTRODUCCIÓN**

#### **Las quemadas y la polución del aire en Acre**

Río Branco es la capital del Estado de Acre, la ciudad está localizada en: Latitud S: 9° 57'; Longitud W: 67° 52'; Altitud: 185 m, en la parte occidental de la Amazonia brasileña. Tiene fronteras nacionales con los estados de Amazonas y Rondonia e internacionales con Bolivia y Perú. El Estado de Acre forma parte de la región más occidental del Arco de Fuego, que avanza de este a oeste siguiendo la carretera BR 364; y para el sur, a lo largo de la carretera BR 317 y también de las hidrovías: los ríos Purús, Envira, Juruá, Acre etc., llevando las quemadas urbanas y forestales a nuevas regiones, con lo que se violan las normas de calidad del aire, principalmente, debido a la presencia de altas concentraciones de humo durante la época de seca, lo que es responsable del surgimiento de enfermedades respiratorias y oculares en centenas de miles de personas.

## Normas de calidad del aire

La Resolución del Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) sobre calidad del aire, define las normas de concentración de polución atmosférica, procurando su disminución y la protección de la salud, en particular de los seres humanos, también de la flora, de la fauna y del medio ambiente en general. Según la Resolución en vigor son poluentes atmosféricos las sustancias y formas de energía cuya intensidad, permanencia y cantidad, tornen o puedan tornar el aire impropio, nocivo u ofensivo al medio ambiente, es decir, a la salud, inconvenientes al bienestar, daños materiales a la fauna y a la flora o perjudiquen la seguridad y las actividades normales de la comunidad.

El aire es una mezcla de gases como nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, gases nobles, otros gases, vapor de agua y aerosoles. El aire varía su composición y densidad según la altura en la atmósfera, ha mudado su composición naturalmente a lo largo de la historia de la Tierra, y actualmente, después de la Revolución Industrial, está sufriendo las mayores alteraciones debido a las emisiones antrópicas de grandes cantidades de dióxido de carbono, de otros gases de efecto invernadero y de partículas. Con eso el equilibrio dinámico natural entre atmósfera y biosfera se perjudica y causa efectos negativos sobre el medio ambiente: los materiales, los seres vivos en general y las poblaciones humanas en particular.

El aumento de la concentración de poluentes atmosféricos se mide en una escala determinada por dos fronteras, limitadas por las concentraciones correspondientes al Patrón Secundario (PS) y al Patrón Primario (PP), establecidos por la Resolución CONAMA, anteriormente mencionada. Con el aumento de la concentración de poluentes, aumenta también la pérdida de la calidad del aire.

Para concentraciones de poluentes inferiores al PS existe el mínimo de riesgo y de efectos adversos al medio ambiente. Para concentraciones de poluentes superiores al PP la salud de la población podrá ser afectada.

Los controles sobre la calidad del aire, generalmente son revisados al paso del tiempo y se desplazan los límites PS y PP para valores menores. Las concentraciones de poluentes son valores intrínsecamente positivos.

En las definiciones de normas de calidad del aire presentes en la Resolución se aplican los conceptos de:

- Media o media aritmética ( $\bar{X}$ ) de la concentración del poluyente durante N días:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

- Media geométrica ( $X_g$ ) de la concentración del poluyente durante N días:

$$X_g = \sqrt[N]{\prod_{i=1}^N X_i}$$

La media geométrica es menor o igual que la media aritmética. La igualdad sólo se verifica si los valores  $X_i$  son todos iguales.

Así, en Brasil están establecidos los patrones de calidad del aire para partículas totales en suspensión (aerosoles totales), humo, partículas inhalables, monóxido de carbono, ozono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre.

En relación con el humo, se establece como PP la concentración media anual de  $60 \mu\text{g m}^{-3}$  y la concentración media diaria de  $150 \mu\text{g m}^{-3}$ , que no debe ser excedida más de una vez por año; y como PS la concentración media anual de  $40 \mu\text{g m}^{-3}$  y la concentración media diaria de  $100 \mu\text{g m}^{-3}$ , que no debe ser excedida más de una vez por año.

Las partículas inhalables son aquellas con diámetro inferior a  $10 \mu\text{m}$ , llamadas también como PM<sub>10</sub>. Para estas partículas los PP y PS están establecidos con iguales valores de concentración: media anual de  $50 \mu\text{g m}^{-3}$  y media diaria de  $150 \mu\text{g m}^{-3}$ , que no debe ser excedida más de una vez por año.

### **El Programa Nacional de Vigilancia en Salud Ambiental relacionado con la calidad del aire**

Este programa<sup>2</sup> pretende reducir los daños a la salud relacionados con la exposición a la polución atmosférica en Brasil, identificar y evaluar los factores ambientales de riesgo, estudiar y observar los daños en las poblaciones expuestas y promover acciones de prevención de los problemas de salud. Todo eso, en consonancia con las iniciativas de otros sectores socioeconómicos que actúan en la misma dirección como universidades, organizaciones no gubernamentales y gobiernos.

En Acre, la Universidad Federal, el Gobierno de Estado y la Alcaldía Municipal tienen unidades que actúan en caso de eventos extremos de polución del aire, como por ejemplo durante la seca de 2005.

El Programa incentiva las acciones de monitoreo de la calidad del aire, de localización, identificación y evolución de las fuentes poluidoras y de su actividad. Las principales contribuciones proceden de las quemadas de biomasa forestal y quemadas urbanas a partir de fuentes locales y distantes, dentro y en las proximidades del Estado de Acre. Estudios de naturaleza ambiental, social, económica y médica demuestran el efecto de la polución atmosférica sobre la población urbana y rural y se ha observado que las consecuencias más negativas recaen sobre las clases sociales más pobres, carentes y de menor renta.

El objetivo del presente trabajo es describir el efecto de las concentraciones de humo sobre la salud de la población de Río Branco, capital del Estado de Acre, durante la seca de 2005.

## MÉTODOS

### Organización del monitoreo atmosférico

Por su iniciativa la Universidad Federal de Acre controla, directa o indirectamente, la calidad del aire y las condiciones meteorológicas locales; también colabora con los órganos gubernamentales y no gubernamentales en la difusión de informaciones y conocimientos a ese respecto.<sup>3,4</sup> Los métodos utilizados fueron:

*Nefelometría.* Se cuenta con un nefelómetro Ecotech M903, para mediciones del coeficiente de dispersión óptica (bs) por interacción entre la luz de longitud de onda de 530 nm y los aerosoles. La determinación comprende el intervalo entre  $bs < 0,001 \text{ km}^{-1}$  y  $bs = 1 \text{ km}^{-1}$ . El instrumento posibilita otras mediciones como las de presión atmosférica y temperatura para la realización de correcciones en la determinación de la dispersión óptica; y también de la humedad relativa, útil en los estudios de las condiciones de dispersión óptica de los aerosoles.

*Aetalometría.* Se cuenta con un aetalómetro Magee AE-31, utilizado en mediciones de la concentración de carbono elemental (Black Carbon, BC), que es el único poluyente altamente absorbente de la luz, emitido como producto de la combustión de sustancias orgánicas. Junto con el BC la combustión de ese tipo de sustancias emite también muchos otros poluentes como pueden ser compuestos de nitrógeno, de azufre, moléculas orgánicas y átomos de diferentes elementos químicos. La única fuente importante de la presencia de BC en la atmósfera es la combustión de petróleo, de gasolina y quemadas de la biomasa forestal (compuestos orgánicos, en general).

*Deposición húmeda.* Por este método se estudia la composición de los aerosoles retirados de la atmósfera arrastrados por los eventos de lluvia. La remoción depende del tamaño de las partículas en suspensión y de sus características para la condensación del vapor de agua atmosférico.

*Fotometría solar.* Se cuenta con un fotómetro CIMEL-318, de la red AERONET,<sup>5</sup> para la determinación del comportamiento de la profundidad óptica de aerosoles (AOT), en toda la columna atmosférica. El fotómetro capta la radiación solar, en las longitudes de onda ( $\lambda$ ) 340, 380, 500, 670, 870, 1020 y 936 nm. Para esos valores de  $\lambda$ , la profundidad óptica de aerosoles mide el grado de atenuación de la radiación solar debido a la presencia de partículas en la atmósfera, en particular de humo; eso implica la pérdida de irradiancia (intensidad) en función de la absorción.

Se usan sensores de radiación solar Kipp & Zonen para el seguimiento de la irradiancia en el intervalo de longitudes de onda entre 320 y 2800 nm (PYR) y para la región visible electromagnética, entre 400 y 800 nm (PAR), mediante ellos se estudian los perfiles de la radiación solar y su modificación en presencia de componentes atmosféricos tales como nubes, vapor de agua y concentración de humo.

*Imágenes.* También se miden y utilizan datos meteorológicos e imágenes de satélites<sup>6</sup> con informaciones sobre el estado de la atmósfera, focos de quemadas y transporte de humo por las masas de aire, por ejemplo mediante los satélites MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)<sup>7</sup> y otros, y del Sistema de Modelo Atmosférico Regional (RAMS), de Freitas y otros,<sup>8</sup> para observar la diseminación de las partículas

*Meteorología.* Para estas observaciones se utilizan dos plataformas de colectas de datos (PCD) y dos estaciones convencionales. Tanto las PCD como las estaciones convencionales están localizadas en las ciudades de Río Branco y de Cruzeiro do Sul. Otras estaciones hidrometeorológicas funcionan en varios puntos del Estado. La colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) y el Instituto Nacional de Meteorología (INMET) ofrece grandes beneficios en el uso de las informaciones meteorológicas.

Durante los meses de agosto y septiembre de 2005 fue estudiado el efecto que ocasionó el humo, presente en la atmósfera local, sobre la salud de la población. Para eso se realizó una investigación de campo que comprendió los 50 puestos y centros de salud de la ciudad de Río Branco. Esas unidades de salud atienden 180 barrios, la mayoría en las partes periféricas de la ciudad. Entre ellos se seleccionó de manera aleatoria una muestra de 10, para entrevistar a 50 pacientes de igual número de familias.

*Humo.* El este y el norte de Acre, debido a que se localizan en el extremo occidental del Arco de Fuego de la Amazonia cortado por las importantes carreteras federales BR 364 y BR 317, definen una cuenca aérea de comportamiento estacional, en función de las quemadas forestales en los Estados de Acre, Rondonia, Amazonas, Mato Grosso y Pará, así como en los países vecinos Bolivia y Perú.

Fig.1. Distribución de la población investigada. Se destacan que 16 % son analfabetos, sólo 4 % con enseñanza superior completa, 70 % con renta familiar hasta dos salarios mínimos y 85 % sin plan de salud por institución privada.

## RESULTADOS

### Polución del aire y salud

Existe una estrecha relación entre la polución del aire debido a las quemadas, la falta de atención adecuada en salud pública y la precaria vigilancia ambiental en el Estado de Acre. La incidencia de enfermedades infecciosas y parasitarias, junto a la insuficiente asistencia médica, en general, y perinatal en particular, marcan el contexto socioeconómico de la región.

Las condiciones de seca prolongada en la Amazonia en 2005 determinaron altas concentraciones de humo en sucesivos días durante agosto y septiembre:

- Valores de concentración de BC, entre los días 16 y 22 de septiembre, alrededor de  $20 \mu\text{g m}^{-3}$ , y el día 19 de más de  $40 \mu\text{g m}^{-3}$ .
- En el período crítico entre los días 16 y 22 de septiembre, los valores de AOT observados para luz solar de longitud de onda de 500 nm, alcanzaron niveles nunca antes registrados en Acre, entre 2 y 4 e inclusive de valor 5 el día 19 de setiembre. Ese valor es tan alto que, por ejemplo, los registros de Ji-Paraná (Rondonia) entre 1999 y 2003, no mostraron valores superiores a 3 ó 3,5.11 Normalmente, en épocas de seca, en Río Branco, el valor de AOT500nm está alrededor de 1, y el resto del año es inferior a 0,1.
- Los altísimos valores mencionados, medidos localmente por dos métodos independientes, fotometría solar y aetalometría, expresan que la concentración de humo entre los días 16 y 22 de septiembre de 2005, alcanzó extremos del orden de  $1 \text{ mg m}^{-3}$ , jamás registrados en Río Branco, y posiblemente tampoco en ningún otro agrupamiento poblacional de la Amazonia (figura 2).

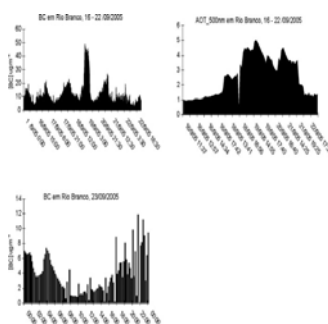


Fig.2. Altos valores de Black Carbón (BC) entre los días 16 y 22 de septiembre, alrededor de  $20 \mu\text{g m}^{-3}$  el día 19. Altos valores en el comportamiento de la profundidad óptica de los aerosoles (AOT), de 2,3,4 y 5 unidades el día 19. La concentración de aerosoles es menor durante el día y mayor en la noche.

No existen estadísticas confiables sobre salud en Acre, una vez que no engloban fielmente a toda la población. Así es imposible precisar la magnitud real de la afectación de la polución del aire en la salud humana, en cuanto a enfermedades, ingresos en hospitales y muertes.

En los municipios afectados por la alta concentración de humo y la seca prolongada, las consultas por afecciones respiratorias y otras padecimientos relacionados con el humo, aumentaron en más del 100 %, lo que se puede estimar considerando que en la mayoría

de los puestos de salud de la capital el horario de consultas se prolongó hasta las 22:00 h.

Como consecuencia, sólo en el Hospital de Urgencias y Emergencias de Río Branco (HUERB), los datos de la Secretaría Estadual de Salud indicaban que fueron atendidos 19 581 casos durante septiembre de 2005, de los cuales 3 010 correspondieron a síntomas de enfermedades respiratorias, aproximadamente el 15 %.<sup>12</sup> Las enfermedades identificadas de mayor incidencia fueron: infección de las vías aéreas superiores (IVAS), bronquitis, asma y neumonía.

Posiblemente ese porcentaje sea inferior a lo real, pues en los puestos y centros de salud las afecciones provocadas por la polución del aire (enfermedades oculares y respiratorias), según los resultados de la investigación divulgada en este trabajo, el alcanzaron el 90 % de los casos atendidos.

La figura 3 ilustra los casos de consultas por enfermedades respiratorias en el HUERB entre los días 15 de agosto y 30 de septiembre de 2005; también muestra el porcentaje de afecciones provocadas por la polución del aire, según los resultados de la presente investigación.

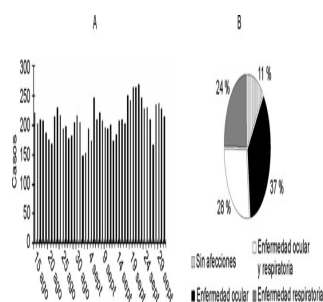


Fig.3. A). Ilustración de los casos de consultas por enfermedades respiratorias en el Hospital de Urgencias y Emergencias (HUERB) de Río Branco entre los días 15 de agosto y 30 de septiembre de 2005. El número de casos, se observa todavía mayor al rededor del día 19, en una fiel correspondencia con las elevadísimas concentraciones de humo. En total, más de 60 mil personas fueron atendidas por infección de las vías aéreas superiores durante los dos meses más críticos de la seca, agosto y septiembre. B). Alteraciones provocadas por la polución del aire en Río Branco, Acre, Brasil, durante la seca de 2005.

Existen otras enfermedades, además de las de carácter respiratorio, como la conjuntivitis, que también se presentaron en forma de brotes epidémicos durante la seca de 2005, más fue imposible computarizar esos casos en los anteriores estimados.



## **DISCUSIÓN**

### **Necesidad de acciones de mitigación**

Altas concentraciones de humo afectan cada año la salud de la población de Acre. Esas concentraciones violan las normas de calidad del aire previstas en la Resolución del Ministerio de Medio Ambiente de Brasil. La polución mata personas y la expectativa de vida se reduce, siendo los niños, ancianos y los habitantes de las regiones más pobres los más afectados.

Algunos de los efectos de la sistemática polución del aire pueden ser:13

- Muerte prematura por enfermedades del corazón: arritmias y ataques del corazón.
- Muerte prematura por enfermedades pulmonares.
- Aumento de la mortalidad infantil.
- Aumento de la mortalidad por cáncer del pulmón.
- Agravamiento de las enfermedades del corazón y pulmonares como asma.
- Aparición de tos, asfixia, bronquitis crónica.

La Resolución CONAMA, ya referida, prevé la elaboración de un plan para “Episodios críticos de polución del aire” con la participación de Gobiernos de Estado y Municipios, con el objetivo de prevenir inminentes riesgos graves para la salud de la población.

Ante la persistencia de las emisiones y de las condiciones meteorológicas desfavorables se deben declarar los Niveles de Atención, Alerta o Emergencia, en caso de que la concentración media de humo, durante un día, alcance el valor de 250  $\mu\text{g m}^{-3}$ , 420  $\mu\text{g m}^{-3}$  ó 500  $\mu\text{g m}^{-3}$ , respectivamente.

Eventualmente el acúmulo de humo sobre Río Branco alcanza concentraciones de 400 a 800  $\mu\text{g m}^{-3}$ , lo que viola las normas de calidad del aire establecidas para aerosoles atmosféricos. Contribuyen a eso las quemadas forestales que tienen lugar al este y norte de Acre, así como también las que ocurren en estados y países vecinos, durante la época de seca.

En 2005, esas concentraciones permanecieron durante semanas sucesivas, determinando que aproximadamente el 20 % de la población de la capital (y habitantes de otros municipios) se vieran afectados por enfermedades provocadas por la polución del aire, como padecimientos de carácter respiratorio y ocular, principalmente.

La vigilancia y actuación para prevenir la polución del aire y mitigar sus consecuencias es un asunto que precisa de más atención en relación con los programas de salud pública.

### **Summary**

#### **Influence of air pollution on health in Rio Branco-AC, Brazil**

The Acre population living in the East and the North suffers the effect of high smoke concentrations in the air due to forest biomass burning. This pollution is against the set

standards on the air quality. Every year, during the dry season from June to September, smoke causes diseases and discomfort that are affecting the population. With the objective of studying this impact, the air quality was measured by means of three independent methods, namely, nephelometry, aethalometer and solar radiometry; and also observations on the impact of the air quality on health based on the administration of a survey to a random sample of 50 people, who lived in the surrounding areas of Rio Branco city. The general objective was to find out how high smoke concentrations affected that population's health; particularly in the dry season in 2005. As a consequence, practically 100% of poor inhabitants suffered from refractory and ocular diseases caused by air pollution resulting from forest biomass burnings in the Amazons region.

*Key words:* Air quality, environmental pollution, diseases and pollution.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Consejo Nacional del Medio Ambiente. RESOLUCIÓN. No. 003 de 28 de junio de 1990. Publicada en el Diario Oficial da Unión, de 22 de agosto de 1990, Sección I, Págs. 15.937 - 15.939.
2. VIGIAR. Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade do ar. Brasília, 2006.
3. Duarte AF. A fumaça, a saúde e o controle da poluição. Jornal a Tribuna. Rio Branco – AC, 15 de setembro 2005a.
4. Duarte AF. Uma cortina de fumaça, a saúde e o controle da poluição. Jornal a Tribuna. Rio Branco – AC, 21 de setembro 2005b.
5. AERONET. NASA [serie en Internet]. [citado 2005]. Disponible en: <http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>
6. INPE. CPTEC [serie en Internet]. [citado 2005]. Disponible en: [http://www.cptec.inpe.br/meio\\_ambiente/](http://www.cptec.inpe.br/meio_ambiente/), <http://www.cptec.inpe.br/queimadas/>
7. MODIS Rapid Response System [serie en Internet]. [citado 2005]. Disponible en: [http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?AERONET\\_Rio\\_Branco](http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?AERONET_Rio_Branco)
8. Freitas S, Longo K, Silva Dias MA, Artaxo P, Silva Dias P, Chatfield R, et al. Monitoring the transport of biomass burning emissions and anthropogenic pollution in South America. Programa de Pós-graduação, Instituto de Física da Universidade de São Paulo, NASA ARC, NOAA – FSL y CPTEC-INPE, [http://tucupi.cptec.inpe.br/meio\\_ambiente/](http://tucupi.cptec.inpe.br/meio_ambiente/), 2004
9. Trosnikov IV, Nobre C. Estimation of aerosol transport from biomass burning areas during the SCAR-B experiment. J Geophys Res. 1998;103:32129-37.
10. Amato U, Carfora MF. Semi-Lagrangian treatment of advection on the sphere with accurate spatial and temporal approximations. Mathematical and Computer Modeling. 2000;32:981-95.

11. Artaxo P, Gatti LV, Leal AMC, Longo KM, Freitas SR, Lara LL, et al. Química atmosférica na Amazônia: a floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. *Acta Amazônica*. 2005;35(2).

12. Mascarenhas MDM, Costa LV. Monitoramento de doenças respiratórias, Acre, setembro / 2005. (Dados preliminares). Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Programa de Treinamento em Epidemiologia Aplicada ao SUS, EPISUS. Rio Branco, 5 de outubro de 2005.

13. Bachmann J. OC/EC Aerosol Measurements. An International Workshop for the Development of Research Strategies for Sampling and Analysis of Organic and Elemental Carbon Fractions in Atmospheric Aerosols. US, EPA, 3 March 2003.

Recibido: 8 de mayo de 2006. Aprobado: 4 de diciembre de 2006.

*Alejandro Fonseca Duarte*. Departamento de Ciências da Natureza y Faculdade de Medicina. Universidade Federal do Acre (UFAC). BR 364, CEP 69.915-900, Rio Branco-AC, Brasil.

e-mail: [alejandro@ufac.br](mailto:alejandro@ufac.br)

1Profesor.

---

© 2008 1999, Editorial Ciencias Médicas

**Calle 23 # 177 entre N y O (Edificio Soto), Piso 2  
Vedado, Plaza, Ciudad de La Habana, Código postal 10400  
Cuba**



[ecimed@infomed.sld.cu](mailto:ecimed@infomed.sld.cu)