

ARTÍCULO ORIGINAL

## Producción de petróleo y mortalidad por cáncer en la Región Amazónica del Ecuador, 1990-2005

Michael A. Kelsh -- Libby Morimoto --  
Edmund Lau

Recibido: 8 de octubre de 2007 / Aceptado: 25 de junio de 2008  
© Editorial Springer-Verlag 2008

### Resumen

**Objetivos** Comparar las tasas de mortalidad por cáncer en los cantones Amazónicos con y sin la presencia de actividades de exploración y producción petrolera de largo plazo.

**Metodología** Los datos de los censos de mortalidad (1990 a 2005, inclusive) y de población (1990 y 2001) para los cantones de las provincias ubicadas en la parte norte de la Región Amazónica (Napo, Orellana, Sucumbíos y Pastaza), así como de la provincia de Pichincha, donde se ubica la capital, Quito, se obtuvieron en el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Se estimaron relaciones de tasas de mortalidad (RT) ajustadas por género y edad, e intervalos de confianza (IC) del 95% para evaluar la mortalidad total y la mortalidad por causas específicas en las regiones objeto del estudio.

**Resultados** En los cantones del Amazonas con prolongadas actividades de producción petrolera, no se evidenció un aumento en las tasas de mortalidad por todas las causas (RT = 0,98; IC 95% = 0,95-1,01) ni por todos los tipos de cáncer (RT = 0,82; IC 95% = 0,73-0,92) y los estimativos de riesgo relativo también fueron más bajos para la mayoría de las muertes por cánceres específicos. Las tasas de mortalidad en las provincias del Amazonas, en términos generales, fueron significativamente más bajas que las registradas en la provincia de Pichincha, para todas las causas de muerte (RT = 0,82; IC 95% = 0,81-0,83), para todos los tipos de cáncer (RT = 0,46; IC 95% = 0,43-0,49), y para todos los cánceres específicos.

**Conclusiones** En las regiones con registros incompletos de cáncer, los datos de mortalidad constituyen una de las pocas fuentes de información para evaluaciones epidemiológicas. Sin embargo, las evaluaciones epidemiológicas en esta región del Ecuador se ven limitadas por los casos no reportados, la clasificación errónea de exposición y de enfermedades, y las limitantes en el diseño de los estudios. Reconociendo estas limitaciones, nuestro análisis de los datos ecuatorianos de mortalidad en la región Amazónica del Ecuador, no proporciona evidencia de un exceso en el riesgo de cáncer en aquellas áreas del Amazonas donde se ha llevado a cabo una prolongada producción petrolera. Dichas conclusiones no son consistentes con, ni sustentan los estudios anteriormente realizados en la región, los cuales indican un riesgo elevado de cáncer.

### Palabras claves:

Epidemiología · Petróleo · Neoplasmas · Mortalidad · Sudamérica

### Introducción



174974  
Ciento Setenta y  
cuatro mil novecientos  
veinte y cuatro.

El impacto de la agricultura y el desarrollo industrial en la salud de los habitantes de regiones en desarrollo de América Latina y otros países en vía de desarrollo, así como los efectos directos por agentes ambientales y los efectos indirectos por la consiguiente migración, hacinamiento y pobreza, han sido difíciles de medir de manera precisa y objetiva. En estas regiones es común encontrar deficientes condiciones socioeconómicas, mala calidad del agua, escasez de saneamiento, limitaciones en la educación y falta de una infraestructura adecuada de salud pública, factores cuyos efectos nocivos sobre la salud son difíciles de distinguir del impacto de la industrialización y el desarrollo, causando con frecuencia confusión en las investigaciones de salud pública.

El petróleo es uno de los productos de exportación más importantes de la economía ecuatoriana. Sin embargo, el proceso de exploración y producción de crudo y sus impactos sobre el medio ambiente, al igual que los posibles efectos adversos sobre la salud, son temas muy controvertidos. Durante las fases de exploración y perforación petrolera, bajos niveles de químicos y metales contaminantes puede estar presentes en los lodos de perforación y en las aguas de formación que se drenan hacia piscinas de tratamiento. Además, cuando se quema el gas natural, pueden emitirse al aire óxidos nitrosos, sulfúricos y de carbono, metales pesados y partículas de hidrocarburos (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer 1980). El crudo es una mezcla de hidrocarburos parafínicos, nafténicos y aromáticos, incluyendo benceno, y pequeñas cantidades de sulfuro, nitrógeno, oxígeno y compuestos que contienen metales (Hawley 1981). La exposición potencial a hidrocarburos producto de la industria petrolera incluye la inhalación de vapores y el contacto dérmico con petróleo crudo, productos intermedios (durante la refinación) y productos finales (en la comercialización o la distribución) (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer 1989).

Existen muy pocos estudios que hayan analizado específicamente los posibles efectos sobre la salud en las comunidades expuestas a la exploración y la producción de petróleo y tanto el diseño de estos estudios como la evaluación de la exposición son limitados. En una serie de publicaciones recientes, se ha sugerido que la contaminación ambiental derivada de la producción de crudo estaba asociada a un aumento en el índice de cáncer en las comunidades que se ubican cerca a actividades de producción petrolera en la Amazonía Ecuatoriana (Hurtig y San Sebastián 2002, 2004; San Sebastián y Hurtig 2004, 2002; San Sebastián *et al.* 2001). Sin embargo, la confiabilidad y exactitud de estos resultados están limitadas por problemas relacionados con la calidad de los datos, la comprobación de la exposición y de los casos, la interpretación de los resultados y la reproducibilidad del estudio. Dichas limitaciones han dejado sin respuesta alguna la pregunta de cómo pueden las actividades de producción petrolera haber afectado la salud de las comunidades (Siemiatycki 2002; Arana y Arellano 2007).

El estudio del impacto de la exposición ambiental sobre el cáncer en la región Amazónica del Ecuador constituye una difícil tarea. Los hospitales en esta región no tienen servicios histopatológicos, no hay acceso a radioterapia ni tratamientos de quimioterapia. El Ecuador no cuenta con registros obligatorios de cáncer en la región Amazónica y las estadísticas disponibles sobre la incidencia del cáncer en la región son probablemente incompletas y su comprobación está limitada por factores geográficos, condiciones socioeconómicas y el acceso a la atención médica. Los datos oficiales de mortalidad obtenidos con base en las partidas de defunción constituyen recursos importantes para los estudios epidemiológicos, debido a que en ellas se registra la causa de muerte y las características del difunto en un formulario estandarizado. Debido al predominio de errores en el diagnóstico, datos incompletos, errores de codificación y procesamiento, y la práctica de no radicar las partidas de defunción en el registro civil, factores



174 925  
Ciento Setenta y cuatro mil novecientos veinticinco.  
①

que han sido estudiados ampliamente, (Cordeiro 1999; D'Amico *et al.* 1999); Lahti y Penttila 2001; Lu *et al.* 2001; Moriyama 1989; Percy *et al.* 1981; Smith Sehdev y Hutchins 2001), los datos sobre mortalidad recolectados en la oficina del censo nacional representan, en la actualidad, la más amplia cobertura de datos sobre resultados de salud de la que se dispone en el Ecuador. Asimismo, si bien las tasas de mortalidad por cáncer tienden a subestimar la incidencia, particularmente en el caso de enfermedades con altas tasas de supervivencia, los patrones de mortalidad en general, constituyen un reflejo de la incidencia de cáncer y, por lo tanto, los datos sobre mortalidad pueden proporcionar estimativos del riesgo relativo con un nivel de precisión satisfactorio. No nos consta que existan estudios publicados que hayan examinado los datos de mortalidad a nivel nacional para determinar el riesgo de cáncer en relación con actividades de producción petrolera en la Región Amazónica del Ecuador ni en otras regiones de América Latina.

La mayoría de los estudios epidemiológicos que tratan el tema de la carcinogenicidad de los químicos derivados del petróleo han utilizado diseños de estudios de cohorte (o estudios de seguimiento) sobre mortalidad y han incluido trabajadores de la industria petrolera cuya exposición ocurrió en las décadas de 1930 a 1950. En la amplia revisión de los estudios epidemiológicos de más de 350.000 trabajadores de la industria petrolera, Wong y Raabe no observaron aumentos en la mortalidad a causa de la mayoría de los tipos de cáncer, incluyendo el cáncer digestivo, pulmonar, de la vejiga, riñones y del cerebro (Wong y Raabe 2000). Se registró un ligero aumento en la mortalidad por cáncer de piel, observado entre los trabajadores petroleros en general, y un incremento en el cáncer de próstata en ciertos grupos específicos de trabajadores, aunque los análisis de duración de empleo, como sustituto de posible exposición, no revelaron efectos de exposición-respuesta (Wong y Raabe 2000). Los resultados de otros estudios ocupacionales han producido hallazgos similarmente nulos (Divine y Barron 1987; Gottlieb 1980; Gottlieb *et al.* 1979; Mills *et al.* 1984; Sewell *et al.* 1986; Siemiatycki *et al.* 1987; Wong y Raabe 1995). En un estudio de casos-control anidado sobre cánceres linfomatomopoyéticos, seleccionados de un conjunto de trabajadores de la industria petrolera en Australia, se observaron excesos de leucemia entre trabajadores con bajos niveles estimados de exposición a benceno (Glass *et al.* 2003), sin embargo, estos resultados se basaron en un pequeño número de casos de leucemia, y no se reportaron riesgos similares en un análisis reciente de un conjunto de estos mismos trabajadores (Gun *et al.* 2006). Antes del citado meta-análisis y del estudio australiano, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) concluyó que "el petróleo crudo no es clasificado como carcinogénico para el hombre (Grupo 3)" con base en los datos epidemiológicos y de animales de que se dispone (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer 1989).

Con el fin de evaluar si existe evidencia de que las comunidades ubicadas en cercanías a las actividades de producción petrolera presentan tasas más altas de mortalidad, específicamente de mortalidad por cáncer, en comparación con aquellas que no se hallaban en cercanías de dichas actividades, se calcularon las tasas de mortalidad por todas las causas y por causas específicas en ciertos cantones del norte de la región Amazónica (las provincias de Sucumbios, Napo, Orellana y Pastaza). También se compararon las causas de muerte generales y específicas en las provincias Amazónicas frente a las de la provincia de Pichincha (la provincia más poblada del Ecuador donde se ubica Quito, la capital).

### Materiales y metodología



174926  
Ciento Setenta y cuatro  
mil novecientos veinte  
seis. ①

## Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)

El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) suministró la totalidad de los datos para este análisis. El INEC es la entidad ecuatoriana que recopila, analiza y elabora informes estadísticos sobre salud, economía, aspectos sociodemográficos, población y otros temas (<http://www.inec.gov.ec>). Se incluyeron los datos sobre mortalidad y los censos de todos los cantones de la región norte del Amazonas (Napo, Orellana, Pastaza y Sucumbíos) y de la región de Pichincha. Para este análisis no estaban disponibles los datos de mortalidad y población a nivel de parroquia.

### Datos de mortalidad y clasificación de las causas de muerte

Los datos de mortalidad para los años 1990-2005 se presentaron a nivel de cantones, discriminados por género y edad (grupos en intervalos de cinco años, comenzando a la edad de 5 años). Las muertes de niños menores de 1 año y de 1 a 4 años se presentaron en una categoría independiente. Las clasificaciones de las causas de muerte fueron suministradas por el INEC y se basaron en la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades, Décima edición (CIE-10). En el informe, el INEC agrupó los cánceres de colon y recto. Así mismo, también se agruparon las diferentes formas de leucemia. En nuestro análisis se agruparon los cánceres de cuello uterino (cáncer cervical), de cuerpo uterino (cáncer del endometrio) y uterino, NE (no especificados). Si bien son de etiología heterogénea, su clasificación errónea en los datos de las partidas de defunción hacen que su evaluación individual sea poco confiable y el agruparlos constituye una práctica común en las evaluaciones de tasas de mortalidad de cánceres uterinos (Percy *et al.* 1981; Bocciolone *et al.* 1993; Bosetti *et al.* 2005). Este análisis incluyó las 20 categorías principales de muertes por cáncer y las 13 categorías principales de otras causas de muerte (Tabla 1).

### Datos poblacionales

Los datos sobre la población de Ecuador se obtuvieron de las encuestas de los censos nacionales realizados en 1990 y 2001. Todos los datos se presentaron a nivel de cantones, resumidos por género y edad (grupos de 5 años, comenzando con menores de 1 año, 1-4 años, etc.). Debido a que nuestro estudio abarcó el periodo entre 1990 y 2005, se calcularon datos censales para los años 1991 a 2000 y 2002 a 2005 a partir de los censos de 1990 y 2001, suponiendo un cambio lineal constante y específico según la edad y el género (Ries *et al.* 2006).

### *Combinación de cantones por causa de divisiones políticas*

A partir del 2001, el Ecuador quedó dividido en 22 provincias, que a su vez estaban subdivididas en aproximadamente 218 cantones. El número de cantones ha variado con el tiempo. Por ejemplo, entre 1990 y 1994, se crearon 24 nuevos cantones, principalmente formados a partir de cantones existentes (INEC 1970-2005). Con el fin de incluir los datos de los cantones creados durante el periodo objeto de estudio, se combinaron los datos censales y de mortalidad para cantones recién creados y cantones originales para reconstruir la distribución original de los cantones en 1990 (Tabla 2). La región Amazónica experimentó un marcado crecimiento poblacional durante el periodo de estudio, con índices de crecimiento de más del



174,927  
Ciento setenta y cuatro  
mil novecientos veintisiete  
y siete

75% (rango: 28,7% - 113,5%) en los cantones cercanos a las instalaciones de producción petrolera, y tasas de crecimiento de alrededor del 45% (rango: 16,2% - 55,7%) en las regiones no expuestas a lo largo de un período de once años (Tabla 3).

*Clasificaciones empleadas para la comparación de cantones expuestos y no expuestos a actividades de producción petrolera prolongadas*

Las poblaciones expuestas incluyen a todos los residentes de cantones en la región norte del Amazonas (Napó, Sucumbíos, Orellana, Pastaza) con una mayor concentración de actividades de producción petrolera entre 1970 y 1990. Se compararon los cantones designados como cantones con producción petrolera de largo plazo en los estudios sobre incidencia de San Sebastián y sus colegas (Hurtig y San Sebastián 2004, 2002), con mapas que muestran la ubicación de los pozos petroleros recientes y las fechas de perforación, datos que fueron obtenidos de IHS Energy (<http://energy.ihs.com>) superpuestos sobre mapas de división cantonal obtenidos de la base de datos del SIISE (Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador). Con base en la inspección visual de estos mapas, se confirmó la presencia prolongada de pozos petroleros en estos cantones y se incluyeron tres cantones adicionales (Cascales, Cuyabeno y Putumayo) como cantones productores de petróleo a los cuatro cantones ya seleccionados en los estudios de San Sebastián (Lago Agrio, Shushufindi, Orellana y La Joya de Los Sachas). Todos los demás cantones (aquellos con pocos pozos o sin pozos) de las cuatro provincias de la región norte del Amazonas se consideraron no expuestos (Tabla 3, Figura 1). La decisión de incluir en el análisis los cantones con menor concentración de pozos petroleros como no expuestos, se tomó con base en la probabilidad relativa de exposición individual y la duración de las actividades de producción petrolera. Para garantizar que los estimativos no se vieran afectados de manera significativa por una clasificación errónea del estatus de exposición, se realizó un análisis de sensibilidad empleando un grupo no expuesto en el que se incluyeron sólo cantones de dos provincias del sur del Amazonas (Zamora Chinchipe y Morona Santiago). Estos cantones del sur del Amazonas no tienen historial de exploración ni perforación petrolera. Aunque son geográficamente diferentes de los cantones en el norte Amazónico, podrían ser menos similares en términos de ausencia de registros demográficos, socioeconómicos, de atención en salud, y casos de cáncer que los cantones en el norte del Amazonas, lo cuales representan la región de donde se tomó la población expuesta.



174 928  
Ciento setenta y  
cuatro mil, novecientos  
veinte y ocho.

①

**Tabla 1. Códigos y clasificaciones de causas de muerte correspondientes CIE-10 (Organización Mundial de la Salud)**

Código	Causa de muerte
<b>Cáncer</b>	
C01-C80	Tumores malignos (excepto los de tejido linfático, hematopoyético y similares)
C00-C14	Labio, cavidad bucal, y faringeo
C15	Esófago
C16	Estomago
C18-C21	Colon, recto, ano
C22	Hígado
C25	Páncreas
C32	Laringe
C33-C34	Tráquea, bronquios y pulmón
C43	Melanoma (piel)
C50	Mama
C53	Cuello uterino
C54-C55	Útero
C56	Ovario
C61	Próstata
C67	Vejiga
C70-C72	Meninges, cerebro, medula espinal y otros del sistema nervioso central (CNS)
C82-C85	Linfoma no-Hodgkin (NHL)
C90	Mieloma múltiple y tumores malignos de células plasmáticas
C91-C95	Leucemia (linfoide, mieloide, monocítica, otras)
<b>Otros</b>	
A00-B99	Enfermedades infecciosas y parasitarias (incluye enfermedades infecciosas intestinales, tuberculosis, enfermedades bacterianas e infecciones virales)
J00-J98	Enfermedades del sistema respiratorio
E00-E88	Enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas (incluye diabetes mellitus y otros trastornos de la regulación de la glucosa y de la secreción interna del páncreas, desnutrición, obesidad, trastornos de la glándula tiroides, trastornos metabólicos)
D50-D89	Enfermedades de la sangre y de los órganos hematopoyéticos y ciertos trastornos que afectan el mecanismo de la inmunidad (incluye anemia nutricional, hemolítica y aplásica), defectos de coagulación
G00-G98	Enfermedades del sistema nervioso (incluye enfermedades inflamatorias, atrofas sistémicas, enfermedades desmielinizantes, patologías del nervio, parálisis cerebral)
I00-I99	Enfermedades del sistema circulatorio (incluye fiebre reumática, enfermedades hipertensivas, cardiopatía isquémica, enfermedades cardiopulmonares, enfermedades cerebrovasculares)
K00-K92	Enfermedades del sistema digestivo (incluye enfermedades de la cavidad bucal, esófago, apéndice, intestinos, peritoneo, hígado, vesícula biliar, vías biliares y páncreas)
N00-N98	Enfermedades del sistema genitourinario (incluye insuficiencia renal, enfermedades inflamatorias de los órganos pélvicos femeninos, enfermedades de los órganos genitales masculinos)
P00-P96	Ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal (que afectan el feto y el recién nacido debido a complicaciones y condiciones durante el embarazo, el trabajo de parto y el parto)
Q00-Q99	Malformaciones congénitas, deformaciones y anomalías cromosómicas
R00-R99	Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio
V01-V89	Causas externas de morbilidad y de mortalidad (incluye accidentes, suicidios, agresiones, operaciones de guerra y complicaciones de la atención médica y quirúrgica)
O00-O99	Embarazo, parto y puerperio



14.929  
Ciento sesenta y  
cuatro mil, noventa  
y nueve  
①

Utilizando los datos de IHS Energy, para los 20 cantones de la región nororiental del Amazonas, que incluyen el número de pozos petroleros, la fecha de perforación (fecha de inicio de la perforación) y el tipo de pozo, se clasificaron también los cantones de acuerdo con su concentración de pozos petroleros a lo largo del tiempo. Debido a que las fechas de operación de los pozos no estaban disponibles, se estimó la duración de las actividades de cada pozo petrolero como el número de años desde la fecha de inicio de perforación hasta el 2005 (la última fecha de seguimiento de datos sobre muerte).

Tabla 2. Cantones creados recientemente, año de separación y agrupamientos combinados nuevamente para el análisis

Provincia	Cantón	Año de creación	Separado de los cantones de	Unido nuevamente a los cantones de
Napo	Carlos Julio Arosemena Tola	1998	Tena	Tena
Orellana	Loreto	1993	Archidona, Quijos	Archidona, Quijos
Pastaza	Santa Clara	1992	Pastaza	Arajuno, Pastaza
	Arajuno	1998	Pastaza	Pastaza, Santa Clara
Morona Santiago	Huamboya	1992	Palora, Morona	Morona, Palora, Pablo VI, Taisha, Tiwintza
	San Juan Bosco	1993	Limon Indanza	Limon Indanza
	Logroño	1998	Sucua	Sucua
	Pablo VI	2002	Huamboya	Morona, Huamboya, Palora, Taisha, Tiwintza
	Taisha	1998	Morona	Morona, Huamboya, Palora, Pablo VI, Tiwintza
	Tiwintza	2002	Santiago, Morona	Morona, Huamboya, Palora, Pablo VI, Taisha
Zamora Chinchipe	El Pangui	1991	Yanzatza	Yanzatza
	Centinela del Condor	1996	Zamora	Zamora, Paquisha
	Palanda	1998	Chinchipe	Chinchipe
	Paquisha	2002	Centinela del Condor	Zamora, Centinela del Condor
Pichincha	San Miguel de los Bancos	1991	Quito	Quito, Pedro Vicente Maldonado, Puerto Quito
	Pedro Vicente Maldonado	1992	San Miguel de los Bancos	Quito, San Miguel de los Bancos, Puerto Quito
Sucumbios	Cascales	1991	Gonzalo Pizarro	No rige. Comenzó el conteo de eventos de mortalidad en 1991
	Cuyabeno	1998	Lago Agrio	Lago Agrio



174.930  
Ciento setenta y cuatro mil, novecientos treinta  
(1)

Tabla 3. Población total de cantones "expuestos" y "no expuestos" en los censos de 1990 y 2001

	1990	2001	% crecimiento	% crecimiento por año
<b>Cantones expuestos de la región norte del Amazonas</b>	<b>105.906</b>	<b>187.568</b>	<b>77,1</b>	<b>7,0</b>
Lago Agrio y Cuyabeno	41.254	73.431	78,0	7,1
Shushufindi	18.977	32.184	69,6	6,3
La Joya de los Sachas	16.193	26.363	62,8	5,7
Orellana	19.674	42.010	113,5	10,3
Cascales	5.014	7.409	47,8	4,3
Putumayo	4.794	6.171	28,7	2,6
<b>Cantones no expuestos de la región norte del Amazonas</b>	<b>116.244</b>	<b>168.838</b>	<b>45,2</b>	<b>4,1</b>
Sucumbíos	2.441	2.836	16,2	1,5
Gonzalo Pizarro	4.472	6.964	55,7	5,1
Aguarico	3.150	4.658	47,9	4,4
Loreto, Archidona y Quijos	24.178	37.518	55,2	5,0
Tena, Carlos Julio Arosemena Tola	35.747	48.950	36,9	3,4
El Chaco	4.445	6.133	38,0	3,5
Mera	5.947	8.088	36,0	3,3
Arajuno, Pastaza y Santa Clara	35.864	53.691	49,7	4,5

Se incluyeron los pozos considerados "de desarrollo" o "exploratorios". Se calculó un valor de concentración de "actividad de exploración petrolera" (el número de pozos-años de operación por cada 100 kilómetros cuadrados en cada cantón) de la siguiente manera:

$$\text{Pozos-años} / 100 \text{ kilómetros}^2 = (\# \text{ de pozos en el cantón} \times \text{período desde la fecha de inicio de perforación hasta el 2005}) / (\text{área del cantón en kilómetros}^2 \times 100)$$

Los resultados mostraron puntos de corte naturales en la concentración de pozos petroleros por cantón, con base en su distribución de pozos-años / 100 km<sup>2</sup> (Tabla 4). Resultaron tres categorías de concentración: "alta", "moderada" y "baja o inexistente".





174 932  
 Ciento setenta y tres  
 mil novecientos treinta  
 y dos D.

*Clasificación empleada en la comparación del Amazonas con la provincia de Pichincha*

Para la comparación de las causas de muerte y el índice de mortalidad en la región Amazónica con aquellas de la provincia de Pichincha, las muertes en todos los cantones de las provincias de Napo, Sucumbíos, Orellana y Pastaza se compararon con las muertes en todos los cantones de la provincia de Pichincha desde 1990 hasta el 2005. La región Amazónica incluyó los cantones de Lago Agrio, Cuyabeno, Shushufindi, La Joya de Los Sachas, Orellana, Cascales, Putumayo, Gonzalo Pizarro, Sucumbíos, Aguarico, Loreto, Archidona, Quijos, Tena, Carlos Julio Arosemena Tola, El Chaco, Mera, Arajuno, Pastaza y Santa Clara, y la provincia de Pichincha incluyó los cantones de Quito, San Miguel de Los Bancos, Pedro Vicente Maldonado, Puerto Quito, Cayambe, Mejía, Pedro Moncayo, Ruminahui y Santo Domingo.

Tabla 4. Clasificación de exposición en cantones, basada en la concentración de pozos petroleros

Categoría	Cantón	Pozos-año por 100 kilómetros <sup>2</sup>
"Baja o inexistente" = 0 a < 1 pozos-años por 100 kilómetros <sup>2</sup>	Archidona	0,9
	El Chaco	0,0
	Mera	0,0
	Gonzalo Pizarro	0,0
	Sucumbíos	0,0
"Moderada" = 1 a 100 pozos-años por 100 kilómetros <sup>2</sup>	Tena	10,5
	Aguarico	33,0
	Pastaza	9,4
	Putumayo	38,0
"Alta" = 100+ pozos-años por 100 kilómetros <sup>2</sup>	Orellana	145,3
	La Joya de los Sachas	360,5
	Cascales	116,9
	Lago Agrio	102,2
	Shushufindi	190,1

*Cálculo del número de personas-año, en situación de riesgo*

Para el cálculo del número de personas-año, en situación de riesgo se realizaron las siguientes suposiciones: se asume que cada cantón ha existido durante todo el año; que cada persona que vive en un determinado cantón contribuirá con un año completo al total anual; y que el número de muertes que se presentan cada año corresponde a una fracción mínima del total de la población. Por lo tanto, el conteo poblacional para cada año equivale al número de personas-año en situación de riesgo para dicho año, y el número total de personas-año acumulado equivale a la suma del total de población de cada uno de los 16 años de estudio.

**Métodos estadísticos**

Las tasas de mortalidad estandarizadas según la distribución combinada de edad y género, en las provincias de Pichincha, Napo, Sucumbíos, Orellana y Pastaza fueron calculadas para la mortalidad total, el total de muertes por cáncer, el número de muertes por tipo específico de cáncer (uterino, de próstata, estómago, cuello uterino, hígado y vesícula, pulmones y bronquios,



sistema nervioso central, vejiga, de piel distinto del melanoma, de mama, linfoma distinto de Hodgkin, colorrectal y leucemia), y otras causas de muerte seleccionadas (enfermedades infecciosas, enfermedades circulatorias, enfermedades respiratorias, y causas externas), para cada grupo de análisis (por ejemplo, las regiones productoras de petróleo frente a otras regiones Amazónicas, o el Amazonas frente a Pichincha).

Las relaciones de tasa de mortalidad ajustadas (RT) se calcularon dividiendo la tasa de mortalidad estandarizada en la región expuesta (numerador) por la tasa de mortalidad estandarizada en la región no expuesta (denominador). Se calculó un intervalo de confianza (IC)

bilateral  $100\% \times (1 - \alpha)$  para  $\ln(RT)$  con la fórmula:  $\ln(RT) \pm Z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2}}$ , donde  $a_1$  y  $a_2$  son

el número de muertes observadas en los grupos expuestos y de comparación. El intervalo de confianza bilateral para RT se obtiene tomando el antilogaritmo de los valores calculados con la expresión anterior (Rosner 2000).

## Resultados

### Evaluación de las áreas productoras de petróleo dentro de la región Amazónica

Entre 1990 y el 2005 habían, 2.569.685 personas-año (50,2% hombres) y se presentaron 7.713 muertes (hombres,  $n=4.901$ ; mujeres,  $n=2.812$ ) en regiones productoras de petróleo, y 2.428.113 personas-año (49,9% hombres) y 7.622 muertes (hombres,  $n=4.520$ ; mujeres,  $n=3.102$ ) en las otras regiones de comparación del Amazonas (Tabla 5). Las tasas de mortalidad ajustadas en las regiones Amazónicas productoras de petróleo y en las otras regiones del Amazonas fueron similares, o más bajas, para cantones productores de petróleo cuando se midieron las muertes debidas a: todas las causas (RT = 0,98; IC 95% = 0,95-1,01), todas las clases de cáncer (RT = 0,82; IC 95% = 0,73-0,92), las enfermedades circulatorias (RT = 0,75; IC 95% = 0,67-0,83), las enfermedades infecciosas (RT = 0,83; IC 95% = 0,75-0,91), y las enfermedades respiratorias (RT = 0,73; IC 95% = 0,64-0,82). Las tasas de mortalidad por causas externas (RT = 1,46; IC 95% = 1,35-1,59) fueron significativamente más altas en los cantones productores de petróleo. Las tasas de mortalidad fueron más bajas en los cantones productores de petróleo para cánceres de laringe, pulmones, esófago, estómago, colon y recto, otros órganos digestivos, mama, útero, próstata, vejiga, páncreas, sistema nervioso central, leucemia y linfoma no Hodgkin, aunque estas reducciones no fueron estadísticamente significativas. Para dos tipos de cáncer, se obtuvieron cifras significativamente más bajas: otros cánceres digestivos (RT = 0,70; IC 95% = 0,53-0,94) y cánceres del sistema nervioso central (RT = 0,40; IC 95% = 0,17-0,95). No se registraron aumentos significativos desde el punto de vista estadístico en las muertes por cáncer bucal: (RT = 1,28; IC 95% = 0,36-4,54), cáncer de hígado (RT = 1,52; IC 95% = 0,95-2,43) y mieloma múltiple (RT = 2,51; IC 95% = 0,23-27,64) en las regiones productoras de petróleo. Tanto para cánceres de melanoma como de mieloma múltiple, los estimativos de riesgo relativo se basaron en dos casos reportados en la región productora, un número muy pequeño para una interpretación significativa. Entre las mujeres, los estimativos de riesgo relativo fueron similares a los resultados globales, con excepción de los cánceres de hígado, los cuales no fueron elevados (RT = 0,73; IC 95% = 0,36-1,49) y los cánceres del sistema nervioso central, que entonces registraron ligeros aumentos (RT = 1,33; IC 95% = 0,42-4,21). Entre los hombres, las tasas relativas de cáncer en general fueron más altas que los resultados globales (hombres y mujeres combinados).



Tabla 5. Relaciones de tasa de mortalidad ajustadas por edad y género al comparar los cantones expuestos y no expuestos en la Región Amazónica norte, 1990-2005

Causa	Total <sup>a,b</sup>				Hombres <sup>c</sup>				Mujeres <sup>d</sup>									
	Número de muertes		Relación de tasas (RT)		Intervalos de confianza (IC) 95%		Número de muertes		Relación de tasas (RT)		Intervalos de confianza (IC) 95%		Número de muertes		Relación de tasas (RT)		Intervalos de confianza (IC) 95%	
	Expuesto	No expuesto					Expuesto	No expuesto					Expuesto	No expuesto				
Total	7.713	7.622	0,98	0,95-1,01	4.901	4.520	1,03	0,99-1,07	2.812	3.102	0,89	0,85-0,94						
Todo tipo de cáncer	484	605	0,82	0,73-0,92	269	298	0,91	0,78-1,08	215	307	0,70	0,59-0,83						
Laringe	3	4	0,95	0,21-4,25	3	2	1,67	0,28-10,00	0	2	0							
Pulmón/bronquios	28	40	0,75	0,47-1,22	23	23	1,01	0,57-1,80	5	17	0,30	0,11-0,82						
Bucal	6	4	1,28	0,36-4,54	3	2	1,22	0,20-7,33	3	2	1,36	0,23-8,15						
Esófago	9	14	0,63	0,27-1,45	7	11	0,61	0,24-1,58	2	3	0,70	0,12-4,21						
Estómago	101	112	0,96	0,74-1,26	72	62	1,20	0,85-1,68	29	50	0,59	0,38-0,94						
Colorrectal	12	15	0,83	0,39-1,77	6	6	1,03	0,33-3,19	6	9	0,66	0,24-1,86						
Otros cánceres digestivos	81	115	0,70	0,53-0,94	38	53	0,71	0,47-1,08	43	62	0,70	0,47-1,03						
Mama					9	15	0,58	0,26-1,33	9	15	0,58	0,26-1,33						
Útero					51	63	0,80	0,55-1,15	51	63	0,80	0,55-1,15						
Ovárico					7	12	0,54	0,21-1,57	7	12	0,54	0,21-1,57						
Próstata					27	46	0,65	0,40-1,04	27	46	0,65	0,40-1,04						
Vejiga urinaria	4	6	0,53	0,15-1,89	3	6	0,42	0,10-1,67	1	0	0,73	0,36-1,49						
Hígado	41	30	1,52	0,95-2,43	28	12	2,43	1,24-4,78	13	18	0,27	0,08-0,94						
Pancreático	10	21	0,53	0,25-1,14	7	9	0,81	0,30-2,18	3	12	0,93	0,50-1,74						
Leucemia	46	53	0,82	0,56-1,22	27	33	0,77	0,46-1,28	19	20	0,93	0,50-1,74						
Linfoma no Hodgkin	12	15	0,75	0,35-1,60	9	12	0,69	0,29-1,65	3	3	1,05	0,21-5,22						
Hodgkin					1	0			1	1	0,93	0,06-14,89						
Mieloma múltiple	2	1	2,51	0,23-27,64	1	0			7	5	1,33	0,42-4,21						
Sistema nervioso central	8	16	0,40	0,17-0,95	1	11	0,08	0,01-0,60	7	5	1,33	0,42-4,21						
Melanoma	2	1	2,32	0,21-25,57	1	0			1	1	0,95	0,06-15,25						
Comportamiento incierto	25	22	1,18	0,67-2,09	13	10	1,40	0,61-3,19	12	12	0,98	0,44-2,17						
Enfermedades circulatorias	566	735	0,75	0,67-0,83	344	418	0,79	0,69-0,92	222	317	0,67	0,57-0,80						
Causas externas	1.608	1.006	1,46	1,35-1,59	1.305	777	1,52	1,39-1,66	303	229	1,24	1,05-1,48						
Enfermedades infecciosas	714	838	0,83	0,75-0,91	399	479	0,80	0,70-0,92	315	359	0,86	0,74-1,00						
Enfermedades respiratorias	443	605	0,73	0,64-0,82	259	335	0,75	0,64-0,88	184	270	0,69	0,57-0,83						

<sup>a</sup> Personas-año = Tamaño estimado de la población x número de años de seguimiento  
<sup>b</sup> Regiones expuestas (total) = 2.569.685 Personas-año; regiones no expuestas = 2.428.113 personas-año  
<sup>c</sup> Regiones expuestas (hombres) = 1.288.998 Personas-año; regiones no expuestas = 1.211.361 personas-año



174.934  
 Cuatro mil novecientos treinta y cuatro

• Regiones expuestas (mujeres) = 1.280.686 Personas-año; regiones no expuestas = 1.216.752 personas-año

174935  
Ciento Setenta y  
Cuatro mil, novecientos  
treinta y cinco  
①



174.936  
 Ciento Setenta y  
 Cuatro mil novecientos  
 treinta y seis.

La mortalidad por cáncer de hígado fue significativamente alta entre los hombres (RT = 2,42; IC 95% = 1,24-4,78). Entre los niños de 0 a 14 años, la relación de tasas ajustadas de mortalidad por leucemia fue menor que 1,0 en las áreas productoras de petróleo en relación con otras regiones Amazónicas (RT = 0,91; IC 95% = 0,49-1,69), con variaciones en ciertos grupos de edades: niños entre 0 y 4 años (RT = 1,34; IC 95% = 0,47-3,87), niños entre 5 y 9 años (RT = 0,75; IC 95% = 0,26-2,17) y niños entre 10 y 14 años (RT = 0,72; IC 95% = 0,23-2,26) (Tabla 6).

En el análisis donde se comparan los cantones productores de petróleo con los cantones de las dos provincias sureñas del Amazonas se observaron tendencias similares. Para las regiones productoras, los estimativos de riesgo relativo fueron ligeramente mayores de 1,0 para cáncer uterino, bucal, de hígado y pulmonar, mieloma múltiple y linfoma no Hodgkin. Los riesgos relativos estuvieron por debajo de 1,0 para mortalidad por cáncer de mama, sistema nervioso central, colorrectal, laríngeo, melanoma, de ovario, pancreático y de estómago. Sin embargo, con excepción del cáncer de estómago (RT = 0,74; IC 95% = 0,56-0,97), ningún estimativo de riesgo alcanzó a ser de importancia estadística (no se muestran estos datos).

Con el fin de determinar si había evidencia de dosis-respuesta con base en la densidad de pozos petroleros en cada cantón, también se realizaron análisis de comparación de las tasas de mortalidad en cantones con una densidad de pozos "moderada" o "alta", frente a aquellos con "baja densidad o inexistente". No se observaron aumentos estadísticamente significativos en el índice de cáncer en cantones con alta densidad de pozos petroleros, frente a aquellos con poca o ninguna, con excepción de un incremento en las muertes por causas externas (RT = 1,14; IC 95% = 1,03-1,27). Se observaron incrementos significativos desde el punto de vista estadístico para el total de muertes por cáncer, muertes por "otros cánceres digestivos" y muertes resultantes de enfermedades circulatorias en cantones con una concentración media de pozos petroleros frente a aquellos donde no hay pozos petroleros (no se muestran los datos). Todos los estimativos de riesgo relativo en este análisis de exposición-respuesta ecológica se basaron en cifras muy bajas de muertes.

**Tabla 6. Relaciones de tasas de mortalidad ajustadas por género para leucemia infantil, por grupos de edades, comparando cantones expuestos y no expuestos en la Región Amazónica norte, 1990-2005**

Grupo de edades	Número de muertes		Relación de tasas (RT)	Intervalos de confianza (IC) 95%
	Expuestos	No expuestos		
0-4 años <sup>a,b</sup>	8	6	1,34	0,47-3,87
5-9 años <sup>a,c</sup>	6	8	0,75	0,26-2,17
10-14 años <sup>a,d</sup>	5	7	0,72	0,23-2,26
0-14 años <sup>a,e</sup>	19	21	0,91	0,49-1,69

- <sup>a</sup> Personas-año = Tamaño estimado de la población x Número de años de seguimiento
- <sup>b</sup> Regiones expuestas (0-4 años) = 363.117; Regiones no expuestas (0-4 años) = 364.233
- <sup>c</sup> Regiones expuestas (5-9 años) = 351.448; Regiones no expuestas (5-9 años) = 353.275
- <sup>d</sup> Regiones expuestas (10-14 años) = 309.935; Regiones no expuestas (10-14 años) = 311.214
- <sup>e</sup> Regiones expuestas (0-14 años) = 1.024.500; Regiones no expuestas (0-14 años) = 1.028.722



144 937  
Ciento Setenta y  
cuatro mil novecientos  
treinta y siete  
①

## Comparaciones de la Región Amazónica con la provincia de Pichincha

Entre 1990 y el 2005, se observaron 4.997.798 personas-año (50% hombres) en las cuatro provincias del norte Amazónico (Napo, Sucumbíos, Orellana y Pastaza) y se registraron 15.335 muertes (hombres,  $n=9.421$ ; mujeres,  $n=5.914$ ). En la provincia de Pichincha, se registró un total de 34.939.506 personas-año (49,3% hombres) y 151.703 muertes (hombres,  $n=83.510$ ; mujeres,  $n=68.193$ ). El 7,1% del total de muertes en el Amazonas correspondió a diversos tipos de cáncer y constituyó la cuarta causa principal más común de muerte, después de causas externas (17,1%), enfermedades infecciosas (10,1%) y enfermedades circulatorias (8,5%). En la provincia de Pichincha, el cáncer fue la causa del 15,5% de todas las muertes, constituyéndose en la segunda causa más común entre las principales causas de muerte (después de las enfermedades circulatorias [21,1%]). Las mayores proporciones de muertes tanto en el Amazonas (41,5%) como en la provincia de Pichincha (29,6%) se atribuyeron a enfermedades de los sistemas endocrino, nervioso, digestivo y genitourinario, enfermedades de la sangre, embarazo/parto, condiciones congénitas y otros síntomas clínicos anómalos clasificados bajo otra categoría (Tabla 7).

Las relaciones de tasa de mortalidad ajustadas por edad y género que comparan el Amazonas con la provincia de Pichincha muestran que las tasas de mortalidad por todas las causas (RT = 0,82, IC 95% = 0,81-0,83), cualquier tipo de cáncer (RT = 0,46, IC 95% = 0,43-0,49), enfermedades circulatorias (RT = 0,41, IC 95% = 0,38-0,43) y enfermedades respiratorias (RT = 0,56, IC 95% = 0,52-0,59) registraron niveles más bajos en el Amazonas en comparación con la provincia de Pichincha, mientras que las muertes atribuidas a enfermedades infecciosas (RT = 1,24, IC 95% = 1,17-1,31) y a causas desconocidas (RT = 1,19, IC 95% = 1,12-1,26) registraron cifras más altas en la región Amazónica (Tabla 7). Las tasas de mortalidad debida a causas externas tales como accidentes, suicidios y complicaciones médicas fueron similares entre las dos regiones (RT = 1,02, IC 95% = 0,98-1,06). Las tasas de mortalidad para cánceres específicos fueron frecuentemente más bajas en la región Amazónica comparadas con la provincia de Pichincha, con riesgos relativos de muerte por cáncer en el Amazonas que oscilaban entre 0,09 (melanoma) y 0,73 (cáncer laríngeo). Con excepción de los riesgos relativos para cáncer laríngeo y bucal (RT = 0,61, IC 95% = 0,32-1,15), todas las relaciones de tasas que demuestran índices de mortalidad más bajos en el Amazonas frente a la provincia de Pichincha fueron estadísticamente significativas. Los análisis estratificados por género produjeron estimativos similares.

## Discusión

En este análisis, los índices de mortalidad en cantones con actividades de explotación petrolera prolongadas fueron similares, o más bajos, en comparación con aquéllos cantones en los que no existían dichas actividades, para la mortalidad general, el cáncer en general, las enfermedades circulatorias, las enfermedades infecciosas y las enfermedades respiratorias, así como para muchos tipos de cáncer específicos, con estimativos de riesgo relativo, en general, alrededor de 1,00 (rango RT = 0,40 a 1,52). En los análisis donde se empleó la concentración de pozos petroleros a nivel regional como variable sustituta para la exposición, no se registraron aumentos estadísticamente significativos en las tasas de cáncer en los cantones con altas concentraciones de pozos petroleros frente a aquellos con bajas concentraciones o sin pozos. Las tasas de muertes totales por cáncer y muertes por "otras enfermedades digestivas" fueron más



174.938  
Ciento setenta y  
cuatro mil novecientos  
treinta y ocho.

altas en cantones con una concentración media de pozos petroleros frente a aquellos con pocos pozos o sin ellos.





Provincias del Amazonas (mujeres) = 2.497.438 personas-año; provincia de Pichincha = 17.700.163 personas-año

174.940  
Ciento Setenta y  
cuatro mil novecientos  
cuarenta  
①



114941  
Ciento setenta y  
cuatro mil novecientos  
cuarenta y tres.

Sin embargo, al analizar estos resultados teniendo en cuenta la ausencia de incrementos en las regiones con altas concentraciones de pozos, en términos generales, estos datos no apuntan hacia una posible relación de exposición-respuesta. Al comparar la mortalidad en el Amazonas con la provincia de Pichincha, las tasas de mortalidad por todas las causas, por cáncer, por enfermedades circulatorias y por enfermedades respiratorias, fueron más bajas en el Amazonas que en la provincia de Pichincha, mientras que el índice de muertes por enfermedades infecciosas fue más alto.

El único incremento de cáncer estadísticamente significativo registrado en los cantones productores de petróleo fue un incremento observado en las muertes por cáncer de hígado en hombres. Sin embargo, lo más probable es que dicha observación corresponde a la casualidad, posiblemente debido a comparaciones múltiples, que a una relación directa con la mortalidad por cáncer de hígado. El cáncer de hígado no se ha asociado con la exposición al petróleo crudo, la refinación del crudo, ni con el benceno, en estudios epidemiológicos anteriores (Wong y Raabe 2000). El índice de cáncer de hígado es relativamente alto en países en vía de desarrollo con un rápido crecimiento poblacional (Bosch *et al.* 2005; McGlynn y London 2005), y probablemente se atribuye a la asociación entre cáncer de hígado y agentes infecciosos (por ejemplo, virus de hepatitis B o C), y es la causa más común de muerte por cáncer en varios países latinoamericanos (Bosetti *et al.* 2005). Otra posible explicación para el aumento observado es el diagnóstico errado de la causa de muerte en las partidas de defunción. El hígado es un órgano común para la metástasis de muchos cánceres (Abeloff 2004), y en regiones donde no se dispone de servicios histopatológicos para determinar el tipo de tejido original del cáncer, las muertes por otros cánceres pueden registrarse erróneamente como cáncer de hígado. De acuerdo con estos datos, podemos concluir que es poco probable que el aumento observado estuviera relacionado con una posible exposición a actividades de extracción petrolera.

Posiblemente sean de mayor interés las tasas más bajas observadas para muchos resultados de cáncer en cantones con actividad petrolera frente a aquellos sin actividad petrolera. Una posible explicación es que el número de casos no registrados haya sesgado los estimativos. Suponiendo que no existe una razón *a priori* para creer que el registro de estadísticas vitales depende del estado de exposición (por ejemplo, el que una muerte no se registre es independiente de la presencia de actividades petroleras en dicho cantón), se esperaría que este sesgo de selección fuera no diferencial y por lo tanto el sesgo sería nulo (en dicho caso, ello llevaría a que las verdaderas tasas de cáncer en regiones expuestas fueran aún menores que las observadas). Por otro lado, podría suponerse que las comunidades en cantones productores de petróleo cuentan con un registro más fiel debido a que tienen mejor acceso a clínicas de salud, servicios sociales, etc., como consecuencia de la actividad de extracción petrolera en la comunidad, o que las comunidades no expuestas tienen una mayor proporción de población indígena, o menor acceso a los servicios de salud (lo que en ambos casos llevaría a deficiencias en el registro de datos estadísticos vitales) (San Sebastián y Hurtig 2004). En estos casos se habría esperado ver aumentos (en lugar de reducciones) en la relación de tasas de mortalidad entre cantones productores de crudo debido a que las deficiencias en el registro probablemente serían más altas en las comunidades no expuestas. La tendencia a no registrar datos estadísticos vitales en los cantones productores de petróleo podría llevar a subestimar la razón de tasas de mortalidad; sin embargo, este escenario resulta poco probable.

Otra posible explicación es que los cantones donde se ha desarrollado actividad petrolera tienen una mayor proporción de inmigrantes y éstos podrían ser más saludables que los habitantes de otros cantones (no inmigrantes). La observación de un mejor estado de salud entre inmigrantes



174942  
Ciento Setenta y cuatro  
mil, novecientos Cuarenta  
y dos. ①

se ha documentado frecuentemente en otras poblaciones (Baron-Epel y Kaplan 2001; Bentham 1988; Gissler *et al.* 2003; Kelaheer y Jessop 2002). El crecimiento poblacional durante el período objeto del estudio fue más rápido en cantones productores de crudo (véase la Tabla 3). Las políticas del Estado Ecuatoriano fomentaban el traslado a estas áreas al proporcionar acceso a la tierra, lo cual produjo un aumento en la actividad agrícola así como un cierto nivel de actividad laboral en la industria petrolera (aunque dicha industria sólo representa un pequeño porcentaje de la población). Dada la afluencia de inmigrantes, su potencial mejor estado de salud podría explicar la razón de tasas de mortalidad más bajas observadas en las regiones productoras de petróleo en el Oriente.

Los resultados de este estudio de mortalidad contradicen aquellos observados en una serie de estudios ecológicos elaborados por Hurtig y San Sebastián (Hurtig y San Sebastián 2004, 2002; San Sebastián y Hurtig 2004). En los estudios de Hurtig y San Sebastián, se registraron alzas estadísticamente significativas en las tasas de todos los cánceres combinados y de cánceres del estómago, recto, melanoma de la piel, hígado y tejido blando en hombres, y mayores tasas de cáncer de cuello uterino y ganglios linfáticos en mujeres, en cantones cercanos a pozos petroleros en las provincias de Sucumbios, Orellana, Napo y Pastaza (Hurtig y San Sebastián 2002). En un estudio ecológico de diseño similar, se registró un exceso de leucemia (RT = 2,56; IC 95% = 1,35-4,86) en niños entre las edades de 0 y 14 años que vivían en cantones clasificados como próximos a pozos petroleros (Hurtig y San Sebastián 2004). En otro estudio que compara las poblaciones indígenas y no indígenas que viven en las cuatro provincias Amazónicas, los hombres y mujeres indígenas se hallaban menos expuestos al riesgo de una serie de tipos de cáncer, incluyendo de estómago, piel, próstata, ganglios linfáticos, leucemia, mama y cuello uterino frente a poblaciones no indígenas de las mismas regiones, aunque algunos hombres de comunidades indígenas registraron tasas más altas de cáncer testicular (San Sebastián y Hurtig 2004).

Varias diferencias metodológicas podrían explicar las discrepancias entre este análisis de mortalidad y los estudios previos sobre incidencia de cáncer. Las diferentes clasificaciones de poblaciones expuestas y no expuestas y los diversos métodos para estimar la población anual de los cantones seleccionados constituyen dos diferencias importantes. En este análisis de mortalidad, la clasificación de cantones del Amazonas ecuatoriano como expuestos a actividades de explotación petrolera prolongadas se llevó a cabo empleando datos de diversas entidades (véase la sección titulada "Metodología") para determinar la ubicación de los pozos, fechas de perforación y áreas geográficas, lo que llevó a la clasificación de siete cantones "expuestos" y trece cantones "no expuestos". En los estudios de incidencia de cáncer de San Sebastián y sus colegas, los casos expuestos fueron aquellos de personas cuyo domicilio en el momento del diagnóstico estaba en cuatro cantones donde la actividad petrolera ha existido durante mínimo 20 años, mientras que los casos no expuestos fueron aquellos de personas que residían en 11 cantones o parroquias en los que no existían dichas actividades, aunque no todas las regiones posiblemente no expuestas fueron incluidas. Incluso al analizar únicamente estos cuatro cantones, no se confirma el exceso al que se refieren San Sebastián *et al.* y Hurtig *et al.* Varios aspectos metodológicos de los estudios realizados por San Sebastián y sus colegas carecen de claridad: 1) ¿qué fuentes de datos se utilizaron para clasificar la exposición? 2) ¿se seleccionaron las áreas de estudio a nivel de cantón o de parroquia? y 3) ¿por qué no se incluyeron todos los cantones no expuestos en la región norte del Amazonas como parte del grupo de comparación? Por consiguiente, no se pudieron replicar las clasificaciones de exposición empleadas por San Sebastián y sus colegas. Tanto para el presente estudio sobre mortalidad como para los estudios sobre incidencia de cáncer de San Sebastián se elaboraron estimativos de riesgo utilizando datos del censo nacional del INEC. En países en vía de



114 943  
Ciento setenta y cuatro  
mil, novecientos cuarenta  
y tres. (1)

desarrollo en los que el progreso y la industrialización pueden producir grandes desplazamientos de inmigrantes y cambios rápidos en el tamaño de la población, el conteo de la población en situación de riesgo representa un reto. Los estudios de incidencia de San Sebastián se basaron en los datos de 1990 para estimar la población en el punto medio de su período de estudio (1992) y se asumió dicho tamaño poblacional promedio para todo el período de estudio. Es probable que dicho método haya subestimado la población en las regiones expuestas, las cuales experimentaron un crecimiento poblacional más rápido que las regiones no expuestas (véase Tabla 3). Dicha subestimación de la población en situación de riesgo en regiones expuestas podría aumentar de manera inexacta las tasas de cáncer en dichas áreas y podría explicar su registro de riesgos elevados de cáncer (Tong 2000). Para demostrar el efecto que puede tener dicha subestimación sobre los estimativos de riesgo, considérese el estudio de cáncer en la población de San Carlos, elaborado por San Sebastián y sus colegas. Cuando se utiliza una estimación conservadora del tamaño de población, se observan aumentos en las tasas de cáncer (San Sebastián *et al.* 2001). Sin embargo, en un nuevo análisis realizado por Arana y Arellano en el que se utilizaron datos del censo para determinar el tamaño de la población, ya no se observó un exceso en la incidencia de cáncer (Arana y Arellano 2007). En el presente estudio sobre mortalidad, se utilizaron datos de los censos de 1990 y del 2001 para cuantificar las tasas de crecimiento a nivel de cantón, y la población de los cantones durante los años intercensales se determinó en función de dichas tasas de crecimiento por cantón, edad y género. Se considera que dicha metodología refleja con mayor exactitud la población real del área durante el período de estudio, reduciendo la subestimación de la población debido a tasas diferenciales de migración entre cantones, lo cual por consiguiente genera estimativos más exactos del exceso de riesgo de cáncer.

También son significativas las diferencias en los tipos de datos, las fuentes y la correspondencia entre estudios de incidencia y mortalidad. San Sebastián y sus colegas evaluaron la incidencia de cáncer, lo cual se considera normalmente como una mejor medida del riesgo de contraer enfermedades que la mortalidad (Rothman y Greenland 1998). Si bien los patrones de mortalidad por cáncer frecuentemente son similares a los de la incidencia de cáncer, especialmente en el caso de enfermedades con bajas tasas de supervivencia, para los cánceres con altas tasas de supervivencia, los estudios de mortalidad tenderán a subestimar la verdadera incidencia de la enfermedad. Sin embargo, los estimativos de riesgo relativo a partir de datos de mortalidad pueden proporcionar estimativos de riesgo relativo no sesgados. En la región Amazónica del Ecuador, se esperaría que las tendencias de mortalidad registraran una tendencia paralela a la incidencia de cáncer registrada debido a que no existe una base para suponer que la proximidad a instalaciones productoras de petróleo podría tener un efecto diferencial sobre la supervivencia de cáncer.

La Región Amazónica no cuenta con registros obligatorios de cáncer y los casos de cáncer identificados en estudios anteriores sobre incidencia fueron aquellos diagnosticados en el sistema de atención en salud de Quito y registrados en el Registro Nacional de Tumores (RNT) y para los cuales se reportó el Amazonas como residencia (Hurtig y San Sebastián 2004, 2002; San Sebastián y Hurtig 2004). Debido a que los hospitales y centros de salud de provincia en el Amazonas no están completamente dotados para proporcionar diagnóstico ni tratamiento de cáncer, los posibles casos de cáncer en el Amazonas, son remitidos a Quito, la capital. Sin embargo, la distancia entre Quito y el Amazonas puede implicar un viaje en autobús de hasta 12 horas desde las áreas más remotas, lo cual puede constituir un factor prohibitivo importante en muchos casos. Por lo tanto, los casos de cáncer identificados en el Registro Nacional de Tumores podrían diferir mucho de aquellos no reportados. Estas diferencias se pueden ver reflejadas en el tipo de tumor, estado/gravedad de la enfermedad y tipo de exposición y características del paciente, tales como



144944  
Ciento Setenta y cuatro  
mil novecientos cuarenta  
y cuatro

edad, condición socioeconómica, subregión geográfica, etc. Por ejemplo, si la probabilidad de que las personas con cáncer en áreas productoras de petróleo viajen a Quito para tratamiento es mayor que la de las personas que habitan en áreas no productoras de petróleo, debido al acceso a mejores carreteras o transporte, las tasas de cáncer en regiones expuestas a petróleo parecerían estar elevadas en comparación con las de áreas no productoras. Debido a que no hay forma de saber cómo puede dicho método de identificación de casos haber afectado la selección de los casos incluidos en el estudio, es difícil predecir o ajustar estadísticamente el grado y la dirección de un posible sesgo de selección (Armstrong *et al.* 1992).

Los datos sobre mortalidad obtenidos de las partidas de defunción proporcionan una fuente importante de datos para medir el tipo de enfermedades en una población y es por esto que los registros de mortalidad oficiales se utilizan frecuentemente en la investigación epidemiológica. Sin embargo, las limitaciones en los estudios que emplean datos de partidas de defunción son bien conocidas (Cordeiro 1999; D'Amico *et al.* 1999; Lahti y Penttila 2001; Lu *et al.* 2001; Moriyama 1989; Percy *et al.* 1981; Smith Sehdev y Hutchins 2001). La calidad de la clasificación de la causa registrada de muerte se ve limitada por la capacidad de diagnóstico de las instalaciones médicas o del médico. En países en vía de desarrollo, particularmente en áreas donde el acceso a atención médica y la capacitación de proveedores de atención en salud es limitada, o donde no se cuenta con médicos para el diagnóstico, las partidas de defunción pueden estar incompletas o mal diligenciadas, particularmente en lo que se refiere a la identificación de causas directas e indirectas de muerte. Un indicador de la calidad de los datos de mortalidad corresponde a la proporción de muertes con certificación médica y a la proporción de muertes certificadas clasificadas como "síntomas, indicios y condiciones mal definidas" o "SSI", por su sigla en inglés, (R00-R99); las diferencias en estas dos medidas entre diferentes áreas, resultan útiles para detectar diferencias en el acceso a la atención médica (Silvi 2003). De 1990 al 2005, el 31,8% de todas las muertes en la región norte del Amazonas no contaba con certificación médica y al 26,7% se le asignó la categoría "SSI", sin que registraran diferencias significativas en las proporciones entre cantones expuestos y no expuestos a producción petrolera. La validez de los datos de las partidas de defunción también se ve afectada por las deficiencias en el registro de muertes. En muchos países en vía de desarrollo, la cobertura del sistema de registro civil es incompleta y varía según las áreas geográficas, los grupos de edades y otros parámetros. En términos generales, la cobertura del registro civil es más escasa en zonas rurales, en áreas con condiciones de vida deficientes y en el caso de muertes que se presentan a edad temprana (es decir, muertes infantiles) (Silvi 2003).

Tanto el presente análisis de mortalidad como los estudios anteriores sobre incidencia son estudios ecológicos, en los cuales se comparan las tasas de cáncer entre grupos de personas, cuyo estado de exposición se designó con base en la ubicación dentro de una comunidad específica, lo cual podría no reflejar la verdadera exposición individual. La principal limitación de los análisis ecológicos para generar inferencias de causalidad, la constituye el riesgo de sesgo ecológico o la incapacidad de los estimativos ecológicos para revelar verdaderos efectos biológicos a nivel individual (Rothman y Greenland 1998; Morgenstern 1998). El sesgo ecológico resulta de la agregación de datos, lo cual reduce la información e impide la identificación de asociaciones de interés en el modelo subyacente a nivel individual (Wakefield 2008). Estos sesgos aparecen cuando factores de riesgo no cuantificados se distribuyen de forma diferente entre grupos objeto de comparación, o cuando los riesgos en su conjunto no reflejan los riesgos individuales (Rothman y Greenland 1998). Por ejemplo, las áreas de comparación en estudios ecológicos pueden diferir en sus tasas de enfermedades de referencia, la cual es información que no se captura al agregar los datos. Si la proporción de personas con una tasa más alta de enfermedades fuera mayor en un área



174 945  
Ciento Setenta y cuatro  
mil novecientos cuarenta  
y cinco. (D)

que en otra, se observaría una asociación ecológica que no esta relacionada con la exposición en cuestión, sino que sería causada por un factor confusor externo. Los factores confusores en estudios ecológicos son difíciles de caracterizar debido a que están conformados por variaciones de factores de riesgo tanto internas como entre áreas (Wakefield 2008). Aunque es posible estandarizar factores confusores comunes entre poblaciones, tales como edad y género, cuando se conocen las tasas dentro de estos grupos, los datos sobre otros factores confusores que podrían sesgar las asociaciones (por ejemplo: dieta, consumo de tabaco, historial familiar de enfermedades) no son reconocidos por los estudios ecológicos. Los estudios ecológicos tampoco tienen en cuenta la migración residencial y por lo tanto, si una persona residió/o estuvo expuesta en un lugar distinto de aquél en el que se registró su enfermedad (en este caso, la incidencia de cáncer o la muerte), una asociación podría crearse o encubrirse falsamente. Los datos agregados utilizados para la evaluación de la exposición en estudios ecológicos no reflejan la duración, frecuencia ni intensidad de exposición, los cuales constituyen datos empleados frecuentemente para establecer causas en los estudios epidemiológicos. En el presente estudio, la clasificación de exposición (concentración de pozos petroleros) podría no representar la verdadera producción de crudo y constituye una medida aún más indirecta para obtener un estimativo de la exposición individual. Los estudios ecológicos pueden ser informativos cuando las exposiciones se presentan a nivel de grupo y son especialmente útiles para la evaluación de impactos de intervenciones a nivel comunitario y como evaluación inicial de los posibles efectos de factores ambientales sobre la salud (Morgenstern 1998). Sin embargo, dadas las limitaciones de los estudios ecológicos y su posibilidad de sesgo, no pueden deducirse asociaciones causales con base solo en estos tipos de estudios y los resultados deben interpretarse con cautela.

En los países en vía de desarrollo como el Ecuador, la probabilidad de que exista deficiencia en el registro de la incidencia y de eventos de mortalidad es bastante alta, lo cual limita la capacidad de los estudios epidemiológicos para determinar el impacto de las exposiciones sobre los resultados de salud. Sin embargo, los datos de mortalidad recopilados con base en partidas de defunción proporcionan una cobertura más completa y muy probablemente, la fuente de menor sesgo sistemático sobre resultados de salud disponible en la actualidad en Ecuador. Los datos de mortalidad nacional recopilados y resumidos por el INEC no sustentan una relación entre actividades de extracción petrolera y efectos adversos sobre la salud en las comunidades potencialmente expuestas. Las poblaciones del Amazonas se enfrentan a una variedad de desafíos en el campo de la salud pública y se requieren mejoras en el diseño de los estudios, el registro de enfermedades, la codificación y procedimientos de recolección de datos, para mejorar la investigación epidemiológica en esta región.

### Agradecimientos

El presente trabajo de investigación fue financiado por Chevron. Los autores desean expresar su reconocimiento y agradecer a Ross Smart, Brad Dean, y Steve Nakazono su colaboración en el suministro de datos de mapas e información de ubicación de pozos petroleros; a Ken Satin su minuciosa revisión y comentarios; a Robert Landazuri su asistencia técnica y al personal del Instituto Nacional de Estadística y Censos su colaboración en el suministro de datos y documentación sobre mortalidad y censos.

### Referencias

Abeloff, M.D., et al., (eds.) (2004) Clinical Oncology. Elsevier Churchill Livingstone, Philadelphia, 3205.



174 946  
Centro Secretaría  
mi, novecientos cuarenta  
& seis. ①

Arana A, Arellano F (2007) Cancer incidence near oilfields in the Amazon basin of Ecuador revisited. *Occup Environ Med* 64(7):490. doi:10.1136/oem.2006.031260

Armstrong, B\_K., E. White, and R. Saracci (1992) Principles of exposure measurement in epidemiology. Monographs on epidemiology and biostatistics, ed. J.L. Kelsey, et al. Vol. 21. Oxford University Press, New York

Baron-Epel O, Kaplan G (2001) Self-reported health status of immigrants from the former Soviet Union in Israel. *Isr Med Assoc J* 3(12):940-946

Bentham G (1988) Migration and morbidity: implications for geographical studies of disease. *Soc Sci Med* 26(1):49-54. doi: 10.1016/0277-9536(88)90044-5

Bocciolone L et al (1993) Trends in uterine cancer mortality in the Americas, 1955-1988. *Gynecol Oncol* 51(3):335-344.  
doi:10.1006/gyno.1993.1300

Bosch FX et al (2005) Epidemiology of hepatocellular carcinoma. *Clin Liver Dis* 9(2):191-211.  
doi:10.1016/j.cld.2004.12.009

Bosetti C et al (2005) Trends in cancer mortality in the Americas, 1970-2000. *Ann Oncol* 16(3):489-511. doi:10.1093/annonc/mdi086

Cordeiro, R., et al. (1999) Validity of information on occupation and principal cause on death certificates in Botucatu, Sao Paulo (in Portuguese). *Rev Saude Publica*, 1999, pp 499-504.

D'Amico M et al (1999) Ill-defined and multiple causes on death certificates—a study of misclassification in mortality statistics. *Eur J Epidemiol* 15:141-148.  
doi:10.1023/A:1007570405888

Divine BJ, Barron V (1987) Texaco mortality study: III. A cohort study of producing and pipeline workers. *Am J Indus Med* 11(2):189-202. doi:10.1002/ajim.4700110208

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Ecuador, Division Política del Ecuador. 1970-2005, INEC, Quito.

Gissler M, Pakkanen M, Olausson PO (2003) Fertility and perinatal health among Finnish immigrants in Sweden. *Soc Sci Med* 57(8):1443-1454. doi:10.1016/S0277-9536(02)00402-1

Glass DC et al (2003) Leukemia risk associated with low-level benzene exposure. *Epidemiology* 14(5):569-577. doi:10.1097/01.ede.0000082001.05563.e0

Gottlieb MS (1980) Lung cancer and the petroleum industry in Louisiana. *J Occup Med* 22(6):384-388

Gottlieb MS et al (1979) Lung cancer in Louisiana: death certificate analysis. *J Nat Cancer Inst* 63(5):1131-1137

Gun RT et al (2006) Update of mortality and cancer incidence in the Australian petroleum industry cohort. *Occup Environ Med* 63(7):476-481. doi:10.1136/oem.2005.023796

Hawley GG (1981) The condensed chemical dictionary, 10th edn. Van Nostrand Reinhold, New York

Hurtig AK, San Sebastian M (2002a) Gynecologic and breast malignancies in the Amazon basin of Ecuador, 1985-1998. *Int J Gynaecol Obstet* 76(2):199-201. doi:10.1016/S0020-7292(01)00546-X



134 947  
Ciento Setenta y cuatro  
mil novecientos cuarenta  
y siete. (1)

- Hurtig AK, San Sebastian M (2002b) Geographical differences in cancer incidence in the Amazon basin of Ecuador in relation to residence near oil fields. *Int J Epidemiol* 31(5):1021-1027. doi: 10.1093/ije/31.5.1021
- Hurtig AK, San Sebastian M (2004) Incidence of childhood leukemia and oil exploitation in the Amazon basin of Ecuador. *Int J Occup Environ Health* 10(3):245-250
- International Agency for Research on Cancer (1989) Occupational exposures in petroleum refining: crude oil and major petroleum fuels. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol. 45, eds. I.A.f.R.o.C. (IARC), vol. 45. IARC Press, Lyon
- Kelagher M, Jessop DJ (2002) Differences in low-birthweight among documented and undocumented foreign-born and US-born Latinas. *Soc Sci Med* 55(12):2171-2175. doi:10.1016/S0277-9536(01)00360-4
- Lahti RA, Penttila A (2001) The validity of death certificates: routine validation of death certification and its effects on mortality statistics. *Forensic Sci Int* 115:15-32. doi:10.1016/S0379-0738(00)00300-5
- Lu TH et al (2001) Comparison of official coders versus physical panel in assignment of underlying cause of death. *J Formos Med Assoc* 100:365-369
- McGlynn KA, London WT (2005) Epidemiology and natural history of hepatocellular carcinoma. *Best Pract Res Clin Gastroenterol* 19(1):3-23. doi:10.1016/j.bpg.2004.10.004
- Mills PK, Newell GR, Johnson DE (1984) Testicular cancer associated with employment in agriculture and oil and natural gas extraction. *Lancet* 1(8370):207-210. doi:10.1016/S0140-6736(84)92125-1
- Morgenstern, H (1998) *Ecologic studies, in modern epidemiology*, 2nd edn, K.J. Rothman and S. Greenland (eds.) Lippincott- Raven Publishers, Philadelphia.
- Moriyama IM (1989) Problems in measurement of accuracy of cause of- death statistics. *Am J Public Health* 79:1349-1350
- Percy C, Stanek E 3rd, Gloeckler L (1981) Accuracy of cancer death certificates and its effect on cancer mortality statistics. *Am J Public Health* 71(3):242-250
- Ries L et al (2006) *SEER Ilew, 1975-2003*. National Cancer Institute, Bethesda
- Rosner B (2000) *Fundamentals of Biostatistics*, 5th edn. Duxbury Press, Pacific Grove
- Rothman KJ, Greenland S (1998) *Modern epidemiology*, 2nd edn. Lippincott-Raven, Philadelphia
- San Sebastian M, Hurtig AK (2004) Cancer among indigenous people in the Amazon basin of Ecuador, 1985-2000. *Rev Panam Salud Publica* 16:328-333
- San Sebastian M et al (2001) Exposures and cancer incidence near oil fields in the Amazon basin of Ecuador. *Occup Environ Med* 58(8):517-522. doi:10.1136/oem.58.8.517
- Sewell CM et al (1986) Testicular cancer and employment in agriculture and oil and natural gas extraction. *Lancet* 1(80):553. doi:10.1016/S0140-6736(86)90902-5
- Siemiatycki J (2002) Commentary: epidemiology on the side of the angels. *Int J Epidemiol* 31(5):1027-1029. doi:10.1093/ije/31.5.1027
- Siemiatycki J et al (1987) Associations between several sites of cancer and twelve petroleum-derived liquids. Results from a case-referent study in Montreal. *Scand J Work Environ Health* 13(6):493-504



114 948  
Cento Setenta y cuatro  
mil novecientos cuarenta  
y ocho

Silvi, J (2003) On the estimation of mortality rates for countries of the Americas, in epidemiological bulletin. Pan American Health Organization, pp 1-5

Smith Sehdev AE, Hutchins GM (2001) Problems with proper completion and accuracy of the cause-of-death statement. Arch Intern Med 161:277-284. doi:10.1001/archinte.161.2.277

Tong S (2000) Migration bias in ecologic studies. Eur J Epidemiol 16(4):365-369. doi:10.1023/A:1007698700119

Wakefield J (2008) Ecologic studies revisited. Annu Rev Public Health 29:75-90. doi:10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090821

Wong O, Raabe GK (1995) Cell-type-specific leukemia analyses in a combined cohort of more than 208, 000 petroleum workers in the United States and the United Kingdom, 1937-1989. Regul Toxicol Pharmacol 21(2):307-321. doi:10.1006/rtph.1995.1044

Wong O, Raabe GK (2000) A critical review of cancer epidemiology in the petroleum industry, with a meta-analysis of a combined database of more than 350, 000 workers. Regul Toxicol Pharmacol 32:78-98. doi:10.1006/rtph.2000.1410

World Health Organization (1994) International Classification of Diseases (ICD-10). WHO, Geneva

Es fiel Compulsa de la ...  
en 26 fojas, reposa en ...  
de Texaco Petroleum Company  
Lo certifico:

