



**UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS**

**Facultad de Ciencias de la Salud**

*Programa de doctorado en Epidemiología y Salud Pública*

**IMPACTO DE LA EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO  
EN EL AGUA DE CONSUMO HUMANO  
Y LA SALUD EN COMUNIDADES  
DEL CHACO BOLIVIANO**

**TESIS DOCTORAL**

**Silvia González Alonso**

*Madrid, 2009*

*Directora: Yolanda Valcárcel Rivera*

*Codirector: Jesús Esteban Hernández*





**DÑA. YOLANDA VALCÁRCEL RIVERA, PROFESORA CONTRATADA DOCTORA  
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD  
REY JUAN CARLOS Y D. JESÚS ESTEBAN HERNÁNDEZ,  
PROFESOR CONTRATADO DOCTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
DE LA UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS**

**C E R T I F I C A N:**

Que el proyecto de tesis doctoral titulado “Impacto de la extracción de petróleo en el agua de consumo humano y la salud en comunidades del Chaco boliviano”, ha sido realizado bajo nuestra dirección por la licenciada en Ciencias Ambientales Silvia González Alonso, y reúne todos los requisitos científicos y formales para ser presentado y defendido ante el tribunal correspondiente.

Y para que así conste a todos los efectos, firmamos el presente certificado en Madrid a 14 de octubre de dos mil nueve.

Prof<sup>a</sup>. Yolanda Valcárcel Rivera

Prof. Jesús Esteban Hernández



Cuando el barreno se abrió paso  
hacia las simas pedregales  
y hundió su intestino implacable  
en las haciendas subterráneas,  
y los años muertos, los ojos  
de las edades, las raíces  
de las plantas encarceladas  
y los sistemas escamosos  
se hicieron estratas del agua,  
subió por los tubos el fuego  
convertido en líquido frío,  
en la aduana de las alturas  
a la salida de su mundo  
de profundidad tenebrosa,  
encontró un pálido ingeniero  
y un título de propietario.

[...]

Pablo Neruda  
La Standard Oil Co.

**A los/as chaqueños/as, este estudio es para y por ellos/as.**

“Los nadies: los hijos de nadie, los dueños de nada.  
Los nadies: los ningunos, los ninguneados, corriendo la liebre,  
muriendo la vida, jodidos, rejodidos.”  
(Los nadies, *Eduardo Galeano*)

**A todos/as los que han hecho posible este estudio, que son muchos.  
Desde los mimos hasta la experiencia. Gracias.**

**A medicusmundi, sobre todo a Félix Fuentenebro y Carlos Mediano,  
por dejarme llevar a cabo esta investigación y confiar en mí.**

**A José Luís Corazón,  
por su ayuda y tiempo en la introducción de los datos.**

**A Juan Carlos Ovando y su familia,  
por su ayuda durante el muestreo.**

**A los/as sanitarios/as de los centros y postas de salud de la zona de estudio,  
por su experiencia, por su ayuda, por su tiempo.**

**A Yolanda Valcárcel,  
por su proposición hace ya 5 años, por el inicio.**

**A Jesús Esteban,  
por su innumerable apoyo, sus consejos, su ayuda incondicional y sus ánimos.  
Por estar ahí cuando todo parecía imposible. Por devolverme las fuerzas.  
Sin ti, no hubiese conseguido llegar hasta aquí, muchísimas gracias.**

"Un científico debe tomarse la libertad de plantear cualquier cuestión, de dudar de cualquier afirmación,  
de corregir errores. "  
*(Julius Robert Oppenheimer)*

**A Valen,  
por su ayuda y por esos ratos de cañas.  
Por acompañarme durante este periplo epidemiológico.**

**A mi madre, padre y hermana,  
por dejarme y ayudarme a ser quien soy. Por estar cerca, siempre.**

"Esto es todo lo que tengo para traer hoy  
esto, y mi corazón al lado  
esto, y mi corazón, y todos los campos  
y todas las amplias praderas.  
Esta(ros) seguro(s) de que conta(is)  
si yo lo olvidara.  
Alguien podría decir cuánto suman  
esto, y mi corazón, y todas las Abejas  
que en el Trébol moran."  
*(Emily Dickinson)*

**A mis abuelos/as y el resto de la familia,  
que aunque están lejos, me han tenido presente y me han apoyado.**

**A Pablo,  
por todos estos años. Por ser uno de mis pilares. Por todos esos momentos regalados,  
los buenos y también los malos.**

"Puedo decir del amor que tuve  
que no es inmortal puesto que es llama  
pero que es infinito en tanto dure..."  
*(Vinicius de Moraes)*

**A Raúl,  
...de aquí a la luna... Y vuelta.**

**A mis compañeros/as de la Universidad Rey Juan Carlos,  
por su tiempo.  
Y a las Rosas,  
por cuidarme en tantos momentos.**

**Y a muchas otras personas, amigos/as (vosotros/as sabéis quiénes sois... Ana, Cesar, Noe, Vayekas-Usera, el comando pepino, el zulo, La Juli, La Trini, Malaya, Distopicxs...), porque me habéis aguantado con esta tesis tantas veces (hasta el final) y porque no sería lo que es, sino hubiesen existido esos ratitos de hablar de todo o de nada.**

“Compañera,  
usted sabe  
que puede contar conmigo,  
no hasta dos ni hasta diez  
sino contar conmigo.

Si algunas veces  
advierte  
que la miro a los ojos,  
y una veta de amor  
reconoce en los míos,  
no alerte sus fusiles  
ni piense que deliro;  
a pesar de la veta,  
o tal vez porque existe,  
usted puede contar  
conmigo.

Si otras veces  
me encuentra  
huraño sin motivo,  
no piense que es flojera  
igual puede contar conmigo.

Pero hagamos un trato:  
yo quisiera contar con usted,  
es tan lindo  
saber que usted existe,  
uno se siente vivo;  
y cuando digo esto  
quiero decir contar  
aunque sea hasta dos,  
aunque sea hasta cinco.

No ya para que acuda  
presurosa en mi auxilio,  
sino para saber  
a ciencia cierta  
que usted sabe que puede  
contar conmigo.”

(Hagamos un trato, *Mario Benedetti*)



# INDICE

<b>1. RESUMEN</b>	<b>15</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	<b>21</b>
<b>2.1 CONTEXTO GENERAL</b>	<b>21</b>
<b>2.2 PETRÓLEO</b>	<b>22</b>
<b>2.2.1 DEFINICIÓN</b>	<b>22</b>
<b>2.2.2 COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS</b>	<b>22</b>
2.2.2.1 SOLUBILIDAD	23
2.2.2.2 VOLATILIDAD	23
2.2.2.3 DEGRADACIÓN	23
2.2.2.4 BIOCONCENTRACIÓN- BIOACUMULACIÓN	24
<b>2.2.3 EFECTOS DEL PETRÓLEO</b>	<b>26</b>
<b>2.2.3.1 IMPACTOS GENERALES DE LA EXPLORACIÓN, PERFORACIÓN Y EXTRACCIÓN DEL CRUDO</b>	<b>26</b>
<b>2.2.3.2 EFECTOS EN LA SALUD</b>	<b>30</b>
▪ Efectos en la salud derivados de los compuestos presentes en el crudo	30
▪ Estudios epidemiológicos sobre los efectos en la salud por la exposición a petróleo	38
<b>2.3 SITUACIÓN DE BOLIVIA RESPECTO A LA INDUSTRIA PETROLERA</b>	<b>83</b>
2.3.1 HISTORIA DEL PETRÓLEO EN BOLIVIA	84
2.3.2 PETRÓLEO, MEDIO AMBIENTE Y SALUD EN BOLIVIA	85
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>91</b>
<b>4. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>95</b>
<b>4.1 TIPO DE ESTUDIO</b>	<b>95</b>
<b>4.2 ÁMBITO GEOGRÁFICO</b>	<b>96</b>
<b>4.3 POBLACIÓN</b>	<b>98</b>
4.3.1 POBLACIÓN DIANA	98
4.3.2 POBLACIÓN ACCESIBLE	98
<b>4.4 MUESTREO Y CÁLCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL</b>	<b>98</b>
4.4.1 SELECCIÓN DE LOS CAMPOS PETROLÍFEROS	98
4.4.2 SELECCIÓN Y TAMAÑO MUESTRAL DE LOS CONGLOMERADOS	101
4.4.3 SELECCIÓN Y TAMAÑO MUESTRAL DE LA POBLACIÓN	110
<b>4.5 DESCRIPCIÓN DE LAS DETERMINACIONES Y LAS MEDIDAS DE ESTUDIO</b>	<b>111</b>
<b>4.5.1 ANÁLISIS DE AGUA</b>	<b>111</b>
4.5.1.1 TOMA DE MUESTRAS DE AGUA	111
4.5.1.2 COMPUESTOS DEL PETRÓLEO SELECCIONADOS	112
4.5.1.3 TÉCNICAS Y MÉTODOS ANALÍTICOS	114

4.5.2	EVALUACIÓN DE LA SALUD	115
4.5.3	EVALUACIÓN DEL RIESGO TOXICOLÓGICO	116
4.6	DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO	122
4.6.1	VARIABLES INDEPENDIENTES	122
4.6.2	VARIABLES DEPENDIENTES	125
4.7	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	129
4.8	CONSIDERACIONES ÉTICAS	132
5.	RESULTADOS	135
5.1	MODELO A: EXPOSICIÓN EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA	135
5.1.1	CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS Y SOCIOECONÓMICAS	136
5.1.2	CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES DE CONSUMO DE AGUA	139
5.1.3	HÁBITO TABÁQUICO Y CONSUMO DE ALCOHOL	140
5.1.4	ESTADO DE SALUD	142
	AUTO-PERCEPCIÓN DEL ESTADO DE SALUD	142
	SINTOMATOLOGÍA	145
	HISTORIAL CLÍNICO	151
	SALUD REPRODUCTIVA	153
5.2	ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LAS DISTINTAS FUENTES DE CONSUMO	155
5.3	MODELO B: EXPOSICIÓN EN FUNCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA	160
5.3.1	CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES DE CONSUMO DE AGUA	161
5.3.2	HÁBITO TABÁQUICO Y CONSUMO DE ALCOHOL	163
5.3.3	ESTADO DE SALUD	164
	AUTO-PERCEPCIÓN DEL ESTADO DE SALUD	164
	SINTOMATOLOGÍA	166
	HISTORIAL CLÍNICO	172
	SALUD REPRODUCTIVA	174
5.4	EVALUACIÓN DEL RIESGO CÁNCERÍGENO PARA LOS HAPs	177
6.	DISCUSIÓN	187
6.1	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO	187
6.1.1	MODELO A: EXPOSICIÓN EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA	188
6.1.2	ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LAS DISTINTAS FUNTES DE CONSUMO	195
6.1.3	MODELO B: EXPOSICIÓN EN FUNCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA	199
6.1.4	COMPARACIÓN DE LOS DOS MODELOS	204
6.1.5	EVALUACIÓN DEL RIESGO CÁNCERÍGENO PARA HAPs	205
6.1.6	PROPUESTAS FUTURAS - FURTHER RESEARCH-	212

<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>219</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>223</b>
<b>ANEXO I: CUESTIONARIO DE SALUD</b>	<b>249</b>

## TABLAS

<b>TABLA 1.</b>	Tipos de petróleo en función de la viscosidad y volatilidad .....	<b>25</b>
<b>TABLA 2.</b>	Los posibles efectos ambientales derivados de las actividades realizadas en cada una de las etapas de los procesos: exploratorio, perforativo y productivo .....	<b>29</b>
<b>TABLA 3.</b>	HAPs establecidos en la lista de sustancias prioritarias de la U.S-EPA..	<b>31</b>
<b>TABLA 4.</b>	Características de los BTEX y los diferentes síntomas en función de la exposición .....	<b>34</b>
<b>TABLA 5.</b>	Resumen de los estudios epidemiológicos que relacionan efectos no cancerígenos y exposición tras un vertido de petróleo.....	<b>43</b>
<b>TABLA 6.</b>	Resumen de los estudios epidemiológicos que relacionan efectos no cancerígenos y exposición ocupacional al petróleo y/o sus derivados ....	<b>53</b>
<b>TABLA 7.</b>	Resumen de los estudios epidemiológicos que relacionan efectos en la salud reproductiva en mujeres y exposición al petróleo y/o sus derivados .....	<b>61</b>
<b>TABLA 8.</b>	Resumen de los artículos sobre diferentes tipos de cáncer y exposición a vertidos de petróleo.....	<b>66</b>
<b>TABLA 9.</b>	Resumen de los estudios epidemiológicos que relacionan distintos tipos de cáncer y exposición ocupacional al petróleo y/o sus derivados.....	<b>69</b>
<b>TABLA 10.</b>	Resumen de los estudios epidemiológicos que relacionan cáncer y exposición residencial a la industria del petróleo .....	<b>80</b>
<b>TABLA 11.</b>	Emplazamiento geográfico de la zona de estudio.....	<b>97</b>
<b>TABLA 12.</b>	Campos petrolíferos de la zona de estudio.....	<b>101</b>
<b>TABLA 13.</b>	Conglomerados situados a menos de 30 km de los campos petrolíferos .....	<b>105</b>
<b>TABLA 14.</b>	Conglomerados situados a más de 30 km de los campos petrolíferos .....	<b>107</b>
<b>TABLA 15.</b>	Compuestos del petróleo analizados en este estudio .....	<b>113</b>
<b>TABLA 16.</b>	Factores de equivalencia tóxica (TEFs) para cada PAHs relativos a B[a]P .....	<b>118</b>
<b>TABLA 17.</b>	Valores de exposición para los dos escenarios .....	<b>119</b>
<b>TABLA 18.</b>	Datos de riesgo oral y dérmico del BaP .....	<b>120</b>
<b>TABLA 19.</b>	Categorías usadas en la dicotomización de las variables del estado de salud.....	<b>126</b>
<b>TABLA 20.</b>	Listado de síntomas utilizados para cada grupo sintomático .....	<b>127</b>
<b>TABLA 21.</b>	Representación proporcional de cada comunidad en el conjunto de la muestra en la región expuesta .....	<b>135</b>
<b>TABLA 22.</b>	Representación proporcional de cada comunidad en el conjunto de la muestra en la región no expuesta .....	<b>136</b>

<b>TABLA 23.</b>	Características sociodemográficas. Descripción de las variables discretas según la exposición y el sexo .....	<b>137</b>
<b>TABLA 24.</b>	Características sociodemográficas. Descripción de las variables continuas según la exposición y el sexo .....	<b>139</b>
<b>TABLA 25.</b>	Salud auto-percibida de la población según la exposición y el sexo .....	<b>144</b>
<b>TABLA 26.</b>	OR de prevalencia de los síntomas referidos a las 2 últimas semanas según la exposición .....	<b>145</b>
<b>TABLA 27.</b>	OR de prevalencia de los síntomas referidos a los 12 últimos meses según de la exposición .....	<b>147</b>
<b>TABLA 28.</b>	OR de prevalencia por grupos sintomáticos en las 2 últimas semanas según el sexo y la exposición .....	<b>149</b>
<b>TABLA 29.</b>	OR de prevalencia por grupos de síntomas en los últimos 12 meses según el sexo y la exposición .....	<b>150</b>
<b>TABLA 30.</b>	OR de prevalencia para el historial médico auto-reportado según el sexo y la exposición .....	<b>152</b>
<b>TABLA 31.</b>	Resultados de los episodios reproductivos según la exposición .....	<b>153</b>
<b>TABLA 32.</b>	Problemas de la salud reproductiva según la exposición .....	<b>154</b>
<b>TABLA 33.</b>	Tipo de fuente en cada comunidad .....	<b>156</b>
<b>TABLA 34.</b>	Medidas descriptivas para las determinaciones fisicoquímicas: ph, conductividad y TDS .....	<b>157</b>
<b>TABLA 35.</b>	Distribución (mediana y rango de concentración) de la concentración de los contaminantes de acuerdo con la tipología de la muestra .....	<b>158</b>
<b>TABLA 36.</b>	Presencia de aquellos contaminantes que superan los límites de la normativa boliviana y el máximo de concentración según el tipo de muestra y la comunidad (µg/L) .....	<b>159</b>
<b>TABLA 37.</b>	Distribución de la población en cada comunidad según el sexo y la exposición a agua contaminada .....	<b>160</b>
<b>TABLA 38.</b>	Fuente de consumo de agua según el número de población y comunidad .....	<b>161</b>
<b>TABLA 39.</b>	Salud auto-percibida de la población según el sexo y la exposición .....	<b>165</b>
<b>TABLA 40.</b>	OR de prevalencia de los síntomas referidos a las 2 últimas semanas según la exposición .....	<b>166</b>
<b>TABLA 41.</b>	OR de prevalencia de los síntomas referidos a los 12 últimos meses según la exposición .....	<b>168</b>
<b>TABLA 42.</b>	OR de prevalencia por grupos sintomáticos en las 2 últimas semanas según el sexo y la exposición .....	<b>170</b>
<b>TABLA 43.</b>	OR de prevalencia por grupos de síntomas en los últimos 12 meses según el sexo y la exposición .....	<b>171</b>
<b>TABLA 44.</b>	OR de prevalencia para el historial médico auto-reportado según el sexo y la exposición .....	<b>173</b>

<b>TABLA 45.</b> Resultados de las características de las mujeres embarazadas según la exposición .....	<b>175</b>
<b>TABLA 46.</b> Resultados de los efectos reproductivos según la exposición.....	<b>176</b>
<b>TABLA 47.</b> Media, mediana, máximo, mínimo y el percentil 90 de la concentración de los HAPs expresados en BaP <sub>eq</sub> .....	<b>177</b>
<b>TABLA 48.</b> Niveles de riesgo cancerígeno para algún tipo de cáncer por exposición oral a los HAPs en adultos residentes de acuerdo a la comunidad y la fuente de consumo de agua.....	<b>178</b>
<b>TABLA 49.</b> Niveles de riesgo cancerígeno para cáncer de piel por exposición dérmica a los HAPs en adultos residentes de acuerdo a la comunidad y la fuente de consumo de agua.....	<b>179</b>
<b>TABLA 50.</b> Porcentaje de población con acceso a distintos recursos y el Índice de Salud para las regiones de estudio.....	<b>189</b>

## FIGURAS

<b>Fig 1.</b> Diseño del estudio.....	<b>95</b>
<b>Fig 2.</b> Características de la Republica de Bolivia.....	<b>96</b>
<b>Fig 3.</b> Características del Chaco Boliviano .....	<b>97</b>
<b>Fig 4.</b> Campos petrolíferos situados en la Republica de Bolivia .....	<b>99</b>
<b>Fig 5.</b> Campos petrolíferos incluidos en el estudio .....	<b>100</b>
<b>Fig 6.</b> Zonificación según la distancia geográfica .....	<b>102</b>
<b>Fig 7.</b> Diseño de la exposición según la distancia .....	<b>102</b>
<b>Fig 8.</b> Intersección de la distancia de exposición de los distintos campos petrolíferos .....	<b>104</b>
<b>Fig 9.</b> Localización geográfica de los conglomerados situados a menos de 30 km de los campos petrolíferos.....	<b>106</b>
<b>Fig 10.</b> Localización geográfica de los conglomerados situados en el municipio de Huacareta a más de 30 km de los campos petrolíferos .....	<b>108</b>
<b>Fig 11.</b> Localización geográfica de los conglomerados situados en el municipio de Muyupampa a más de 30 km de los campos petrolíferos.....	<b>109</b>
<b>Fig 12.</b> Construcción del indicador de habitabilidad.....	<b>123</b>
<b>Fig 13.</b> Diseño de la exposición según el consumo de agua contaminada .....	<b>124</b>
<b>Fig 14.</b> Esquema sobre el cruce de las variables para la categorización de la población según el consumo de agua .....	<b>131</b>
<b>Fig 15.</b> Porcentaje de usuarios/as de la fuente de consumo de agua según el tipo de exposición .....	<b>139</b>
<b>Fig 16.</b> Porcentaje de usuarios/as de la fuente de consumo de agua para baño según el tipo de exposición .....	<b>140</b>
<b>Fig 17.</b> Porcentaje de fumadores/as en función del sexo y la exposición.....	<b>141</b>
<b>Fig 18.</b> Porcentaje de personas consumidoras de alcohol en función del sexo y la exposición .....	<b>142</b>
<b>Fig 19.</b> Porcentaje de muestras analizadas según su tipología .....	<b>155</b>
<b>Fig 20.</b> Tipo de muestras en relación con la contaminación.....	<b>157</b>
<b>Fig 21.</b> Porcentaje de usuarios/as de la fuente de consumo de agua según el tipo de exposición .....	<b>162</b>
<b>Fig 22.</b> Porcentaje de fumadores/as en función del sexo y la exposición.....	<b>163</b>
<b>Fig 23.</b> Porcentaje de personas consumidoras de alcohol en función del sexo y la exposición .....	<b>164</b>
<b>Fig 24.</b> Frecuencia de las fuentes de consumo de agua en función del nivel de riesgo para la exposición oral.....	<b>180</b>
<b>Fig 25.</b> Frecuencia de las fuentes de consumo de agua en función del nivel de riesgo para la exposición dérmica .....	<b>181</b>
<b>Fig 26.</b> Mapa de niveles de riesgo para la exposición oral según el tipo de muestra .....	<b>182</b>
<b>Fig 27.</b> Mapa de niveles de riesgo para la exposición dérmica según el tipo de muestra.....	<b>183</b>

## ABREVIATURAS

Todas las abreviaturas se detallan la primera vez que se citan en el texto; no obstante se ha realizado la siguiente lista porque puede ser de ayuda para el/la lector/a.

<b>Ag</b>	Plata
<b>Al</b>	Aluminio
<b>ALT</b>	Alanina Aminotransferasa
<b>ANH</b>	Agencia Nacional de Hidrocarburos (Bolivia)
<b>ARPEL</b>	Asociación de Empresas de Petróleo y Gas de América Latina y el Caribe
<b>As</b>	Arsénico
<b>AT</b>	Tiempo promedio
<b>ATSDR</b>	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades)
<b>Ba</b>	Bario
<b>BaP</b>	Benzo(a)Pireno
<b>BaP<sub>eq</sub></b>	Benzo(a)Pireno Equivalentes
<b>BCF</b>	Factor de bioconcentración
<b>BP</b>	British Petroleum Company
<b>BTEX</b>	Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos
<b>BW</b>	Peso corporal
<b>Ca</b>	Calcio
<b>CAEB</b>	Clasificación de Actividades Económicas de Bolivia
<b>CAS No.</b>	Chemical Abstracts Service
<b>Cd</b>	Cadmio
<b>CI-SE</b>	Clasificación Internacional de la Situación en el Empleo
<b>Co</b>	Cobalto
<b>COV</b>	Compuestos Orgánicos Volátiles
<b>Cr</b>	Cromo
<b>Cu</b>	Cobre
<b>C<sub>w</sub></b>	Concentración del químico
<b>DA<sub>evento</sub></b>	Dosis de absorción por evento
<b>DE</b>	Dosis de exposición
<b>ECLAMC</b>	Estudio Colaborativo Latinoamericano de Malformaciones Congénitas
<b>ED</b>	Duración de la exposición
<b>EF</b>	Frecuencia de exposición
<b>FA</b>	Fracción de agua



<b>Fe</b>	Hierro
<b>FOBOMADE</b>	Foro Boliviano de Medio Ambiente y Desarrollo
<b>FTIR</b>	Fourier transform infrared spectroscopy
<b>GGT</b>	Gamma-glutamyltransferasa
<b>GI</b>	Gastrointestinal
<b>GSTM1</b>	Glutathione S-transferase mu 1
<b>GSTP1</b>	Glutathione S-transferase pi 1
<b>GSTT1</b>	Glutathione S-transferase T1
<b>H</b>	Hombre
<b>HAPs</b>	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
<b>HTP</b>	Hidrocarburos Totales de Petróleo
<b>IARC</b>	International Agency for Resarch on Cancer (Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer)
<b>IDH</b>	Impuestos Directos a Hidrocarburos
<b>IER</b>	Exceso de riesgo cancerígeno
<b>K</b>	Potasio
<b>Kow</b>	Coeficiente de partición octano-agua
<b>K<sub>p</sub></b>	Coeficiente de permeabilidad
<b>Li</b>	Litio
<b>M</b>	Mujer
<b>Mesh</b>	Medical Subject Headings
<b>Mg</b>	Magnesio
<b>Mn</b>	Manganeso
<b>Mo</b>	Molibdeno
<b>n</b>	Tamaño muestral
<b>N</b>	Tamaño poblacional
<b>Na</b>	Sodio
<b>nh</b>	Población de hombres
<b>Ni</b>	Níquel
<b>NIOSH</b>	The National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional)
<b>nm</b>	Población de mujeres
<b>OLCA</b>	Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales
<b>ONG</b>	Organización No Gubernamental
<b>OR</b>	Odds Ratio
<b>PMR</b>	Proportional Mortality Ratio (Razón de Mortalidad Proporcional)
<b>RR</b>	Riesgo Relativo

<b>SIR</b>	Standardized Incidence Ratio (Razón de Incidencia Estandarizada)
<b>SMbR</b>	Standardized Morbidity Ratio (Razón de Morbilidad Estandarizada)
<b>SMR</b>	Standardized Mortality Ratio (Razón de mortalidad Estandarizada)
<b>SNC</b>	Sistema Nervioso Central
<b>UK</b>	United Kingdom (Reino Unido)
<b>US</b>	United States (Estados Unidos –de América)
<b>Z</b>	Proporción de masculinidad <sup>1</sup>
<b><math>\tau_{\text{evento}}</math></b>	Tiempo por evento

---

<sup>1</sup> Medida como  $Z = (p - P) / (P * Q / n)^{0.5}$  donde p=proporción de niños en el municipio, P= proporción de niños en todo el país, Q=proporción de niñas en todo el país y n= numero de niños y niñas en el municipio.

# Resumen



## 1. RESUMEN

### **Antecedentes:**

La principal actividad económica que sustenta la economía de Bolivia es la extracción de petróleo y gas. Las operaciones derivadas de esta actividad están provocando numerosos efectos negativos sobre el medio ambiente.

Desde el punto de vista toxicológico, los compuestos químicos presentes en el petróleo pueden causar efectos adversos en los organismos. Se han documentado efectos sistémicos, cancerígenos y reproductivos por exposición al petróleo y/o sus derivados tanto en animales como en seres humanos.

Los estudios epidemiológicos realizados se centran fundamentalmente en los efectos derivados de las actividades ocupacionales de la industria petroquímica y en menor medida en trabajadores/as o voluntarios/as de la limpieza de los derrames de petróleo –principalmente los vertidos marítimos en zonas costeras. Menos frecuentes han sido los estudios en residentes cercanos a alguna de las actividades petroleras y son casi inexistentes los concernientes a los efectos en la salud derivados de la fase de extracción de petróleo.

En Bolivia se han realizado dos estudios en la zona del Chaco que señalan la contaminación de agua de consumo por compuestos del petróleo. Hasta el momento, no se ha realizado ningún estudio que evalúe los posibles efectos derivados de dicha contaminación.

### **Objetivos:**

Describir si la exposición a compuestos resultantes de las actividades realizadas en los campos de extracción de petróleo, está asociada a una mayor proporción de efectos negativos en la salud de poblaciones residentes en la región del Chaco boliviano.

### **Metodología:**

Se realizó un estudio epidemiológico descriptivo transversal sobre el impacto de la extracción de petróleo en el agua de consumo humano y en la salud, en residentes del Chaco boliviano mayores de 15 años.

Se evaluaron dos modelos según la exposición, uno en base a la distancia y otro en base a la contaminación de las fuentes de agua de consumo.

En el modelo de exposición en función de la distancia se seleccionaron dos regiones según la distancia a los campos petrolíferos y se distinguió entre región de exposición cercana (aquella situada a menos de 30 km de los campos petrolíferos) y región de no exposición (aquella situada a más de 30 km de los campos petrolíferos).

En cada una de las regiones se realizó un muestreo por conglomerados y se escogieron un total de 500 personas, 250 mujeres y 250 hombres en cada una de ellas.

El modelo con exposición en base a la contaminación de las fuentes de consumo de agua se llevó a cabo exclusivamente en los conglomerados de la región de exposición cercana del modelo anterior. Se distinguió entre personas expuestas y no expuestas en función del consumo de agua contaminada por alguno de los compuestos del petróleo analizados en el estudio, en concentraciones por encima de los límites establecidos por la legislación boliviana.

Para el análisis de la contaminación ambiental se realizó un muestreo de 42 fuentes de agua de consumo en las comunidades seleccionadas de la región de exposición cercana. Los compuestos analizados en cada muestra fueron Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP), 16 Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs), Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos (BTEX) y un barrido de 22 metales.

La evaluación de la salud se realizó a través de una encuesta estructurada realizada durante los meses de septiembre y octubre de 2005 en la región de exposición y agosto de 2006 en la región de no exposición. El objetivo de esta encuesta fue analizar las características de salud a partir de la recopilación de información de variables socioeconómicas, demográficas, lugar de consumo de agua así como de variables específicas de salud de una muestra representativa de 1000 personas.

Asimismo, se realizó un análisis cuantitativo de riesgos cancerígenos en el que se evaluó la probabilidad de padecer cáncer según el consumo oral y dérmico de los HAPs de las poblaciones situadas a menos de 30 km de los campos de extracción de petróleo.

**Conclusiones:**

Según la exposición basada en la distancia, la población no expuesta (a más de 30 km de los campos petrolíferos) manifiesta peor percepción de su estado de salud y presenta una mayor proporción de enfermos/as por distintos síntomas para los dos periodos estudiados (las dos últimas semanas y los doce últimos meses). Asimismo, las mujeres residentes en la región no expuesta presentaron un incremento del riesgo de tener bebés con defectos o malformaciones al nacer en los tres primeros embarazos.

Las diferencias socioeconómicas encontradas en este modelo sugieren que la influencia de los factores socioeconómicos en la percepción de la salud puede ser mayor que la de los efectos derivados de la contaminación.

Los análisis de agua realizados en las fuentes de consumo de las comunidades cercanas a campos petrolíferos (<30 km), muestran concentraciones de HTP, HAPs y metales muy por encima de lo permitido en la legislación boliviana. Las concentraciones halladas ponen de manifiesto el riesgo potencial que el consumo de agua de dichas fuentes supone para la salud.

En el modelo de la exposición según la contaminación del agua se recogieron diferencias en la auto-percepción de salud siendo peor en la zona expuesta y en mujeres. La población expuesta a la contaminación del agua por compuestos del petróleo manifiesta un incremento de síntomas generales, musculoesqueléticos y del sistema nervioso para las dos últimas semanas y cambios de humor y síntomas dérmicos para los 12 últimos meses. No se han encontrado diferencias en los episodios reproductivos.

La evaluación del riesgo cancerígeno por exposición crónica a HAPs, muestra unos niveles de riesgo muy por encima de los valores tolerables para la salud humana. La exposición dérmica muestra mayores riesgos cancerígenos que la vía de exposición oral.





# Introducción



## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1 CONTEXTO GENERAL

La extracción de petróleo supone la principal fuente de inversión extranjera y una de las principales actividades económicas que sustenta la economía boliviana <sup>(1)</sup>.

Las actividades de las compañías petroleras en los países en desarrollo se han caracterizado por una rápida acumulación y escasa inversión medioambiental <sup>(2)</sup>, lo que ha conducido a una despreocupación de los aspectos ambientales, culturales y socioeconómicos de las poblaciones y lugares donde han operado <sup>(3)</sup>.

A este comportamiento se le une una deficiente regulación legal que obligue a las empresas a asumir la responsabilidad de mantener un medio ambiente libre de contaminación para garantizar así el derecho a un nivel de vida, de salud y de bienestar adecuados <sup>(4)</sup>.

La Declaración de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, Estocolmo 1972, establece el derecho del ser humano a "*condiciones de vida satisfactorias en un ambiente cuya calidad le permita vivir con dignidad y bienestar*". Para la consecución de este derecho, se establece el "*deber solemne de proteger y mejorar el medio ambiente para las generaciones presentes y futuras*" <sup>(5)</sup>.

Varias de las empresas que operan en estos países han firmado el Pacto Mundial de las Naciones Unidas <sup>(6)</sup> en el que se comprometen a incluir, como una parte integral de su estrategia y de sus operaciones, diez Principios de Conducta y Acción en materia de Derechos Humanos, Trabajo, Medio Ambiente y Lucha contra la Corrupción.

Los principios medioambientales promueven que las empresas mantengan un enfoque preventivo que favorezca el medio ambiente, el fomento de iniciativas que promuevan una mayor responsabilidad ambiental, el desarrollo y la difusión de las tecnologías respetuosas con el medio ambiente <sup>(7)</sup>.

Sin embargo, fuera de las ventajas económicas, la extracción de petróleo está provocando numerosos efectos negativos sobre el medio ambiente y sobre la salud de las personas <sup>(8)</sup>. Ha sido ampliamente documentada, la asociación entre la exposición al petróleo o sus derivados y los efectos sistémicos, cancerígenos y reproductivos. Los estudios más frecuentes han sido los de carácter ocupacional en la industria

petroquímica así como los realizados tras un derrame –principalmente los vertidos marítimos en zonas costeras. Menos frecuentes son los estudios en población residencial y casi inexistentes los concernientes a los efectos derivados de la fase de extracción de petróleo.

En Bolivia se han realizado dos estudios, uno bajo el Programa de Investigación Estratégica en Bolivia PIEB y otro ejecutado por la ONG **medicmundi**. En ambos se pone de manifiesto la contaminación de agua por compuestos del petróleo <sup>(9-11)</sup>. Sin embargo, hasta la actualidad, no existe ningún estudio que evalúe o describa los posibles efectos que las actividades petroleras están provocando en la salud de las poblaciones residentes cerca de los campos de extracción de petróleo.

## **2.2 PETRÓLEO**

### **2.2.1 DEFINICIÓN**

El petróleo o crudo (crude oil), CAS No. 8002-05-9, ha sido definido como una mezcla compleja de parafinas, nafténicos e hidrocarburos aromáticos, incluido benceno y una pequeña cantidad de sulfuro, nitrógeno, oxígeno y compuestos metálicos <sup>(12)</sup>.

Se admite que el petróleo es de naturaleza fósil, resultado de la transformación de los residuos orgánicos que han sufrido un proceso bioquímico. Se encuentra en depósitos subterráneos en la corteza superior de la tierra en estado líquido, impregnando rocas permeables y porosas, frecuentemente sometido a fuertes presiones. Sus características son muy variables, así como su composición química, debido a las diferentes circunstancias en las que se ha producido y acumulado <sup>(13)</sup>.

### **2.2.2 COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS**

La composición del petróleo es muy variada, tanto en los elementos presentes, como en los compuestos químicos que lo forman.

Los elementos preponderantes son el carbono (84 a 87% en peso) y el hidrógeno (11 a 14% p). Aparece también azufre (desde trazas hasta el 8% p), nitrógeno (hasta 1,6%), oxígeno (hasta 1,8%) y menores cantidades de metales y otros no metales.

Los constituyentes más abundantes son los hidrocarburos saturados, de cadena abierta (alcanos o parafinas) y cíclicos (naftenos). Los compuestos aromáticos

aparecen en las fracciones ligeras, primeramente los BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos) y después otros compuestos más complejos <sup>(13,14)</sup>.

A continuación se hará una breve mención de las características físico-químicas del petróleo aunque es importante señalar que estas variarán, como se ha dicho anteriormente, en función de la composición elemental del petróleo <sup>(15)</sup>.

#### **2.2.2.1 SOLUBILIDAD**

El término solubilidad se utiliza tanto para designar al fenómeno cualitativo del proceso de disolución como para expresar cuantitativamente la concentración de las soluciones. La solubilidad de una sustancia depende de la naturaleza del disolvente y del soluto, así como de la temperatura y la presión del sistema, es decir, de la tendencia del sistema a alcanzar el valor máximo de entropía. Los hidrocarburos se caracterizan por ser hidrófobos y presentar baja solubilidad en el agua. Sin embargo, estas características varían considerablemente en función del peso molecular o el "número de carbonos", y el grado de instauración de los hidrocarburos <sup>(16,17)</sup>. Asimismo, la solubilidad aumenta con la temperatura <sup>(18)</sup>.

#### **2.2.2.2 VOLATILIDAD**

La volatilidad representa la tendencia de los compuestos del petróleo a pasar a la fase gaseosa. Todas las sustancias orgánicas son volátiles en algún grado dependiendo de su presión de vapor, del estado físico en que se encuentren y de la temperatura ambiente. La volatilidad se mide a partir de la constante de Henry que depende de la presión de vapor en estado líquido y de la solubilidad en agua.

Bossert y Bartha <sup>(19)</sup> indican que los n-alcános mayores de 18 carbonos ( $C_{18}$ ) tienen una volatilidad poco importante a temperatura ambiente, sin embargo, las fracciones más ligeras ( $<C_{18}$ ) están sujetas a una fuerte volatilización <sup>(20)</sup>.

#### **2.2.2.3 DEGRADACIÓN**

La degradación es el proceso por el cual una sustancia o compuesto tiene una disminución gradual de sus características o cualidades.

Una característica importante en la clasificación de los peligros de estas sustancias para el medio acuático es el criterio de degradación.

##### **- Degradación abiótica**

La degradación de los compuestos del petróleo resulta de la acción de un agente químico y no de un organismo vivo.

Dentro de los procesos de degradación abiótica para los componentes del petróleo se incluyen la fotodegradación y la transformación química como la hidrólisis. La hidrólisis no es un destino importante para aquellos hidrocarburos con baja solubilidad, sin embargo, la degradación de hidrocarburos insaturados, en particular los hidrocarburos aromáticos por reacción con la luz solar en presencia de oxígeno puede ser un importante proceso de transformación en los casos en los que dichas sustancias estén presentes en, o cerca de la superficie del agua <sup>(21)</sup>.

#### - **Biodegradación**

Es el resultado de los procesos de digestión, asimilación y metabolización de un compuesto orgánico al ser utilizado como sustrato por microorganismos, que lo emplean para producir energía y crear otras sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos y nuevos organismos. La biodegradación es inversamente proporcional al número de anillos. Hidrocarburos de bajo peso se degradan rápidamente mientras que los altamente condensados no suelen utilizarse como fuente de energía para el metabolismo de los microorganismos <sup>(22)</sup>.

Los hidrocarburos son considerados generalmente como inherentemente biodegradables, aunque la degradación de las fracciones más complejas con hidrocarburos de alto peso molecular puede ser muy lenta. Los hidrocarburos de baja solubilidad tienen una biodisponibilidad limitada y no son fácilmente biodegradables <sup>(21)</sup>.

#### **2.2.2.4 BIOCONCENTRACIÓN- BIOACUMULACIÓN**

Bioconcentración es el proceso mediante el cual una sustancia disuelta en el agua es acumulada por un organismo acuático. La bioconcentración potencial viene determinada por los experimentos de laboratorio utilizando métodos estándar. El resultado de la prueba se expresa como un factor de bioconcentración (BCF), que representa el estado de equilibrio de concentración de la sustancia en los tejidos del organismo (húmedo, seco o base de lípidos) y en el agua. Por otra parte, en la ausencia de datos BCF, a menudo es utilizado el  $\log K_{ow}$  para predicciones conservadoras de la bioconcentración potencial.

Para el caso del crudo, dado que la mayoría de los componentes tienen valores de  $\log K_{ow}$  superiores a 3, se considera sustancia potencialmente bioacumulable.

No existe una clasificación específica en la que se recoja los diferentes tipos de petróleo crudo de acuerdo a alguna de sus características. Por ello hemos considerado las dos clasificaciones más usadas para la categorización del petróleo dentro de la que se incluyen los crudos convencionales (Tabla 1).

**TABLA 1.** Tipos de petróleo en función de la viscosidad y volatilidad

<b>Clasificación basada en la viscosidad</b>	<b>Clasificación basada en la volatilidad</b>
<p>Clase A: Ligeros, petróleos volátiles</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altamente fluidos. Penetran en superficies porosas como la arena, y pueden persistir en su matriz. No tienen tendencia a adherirse a superficies.</li> <li>• Tienen un fuerte olor y alta tasa de evaporación. Normalmente son inflamables.</li> <li>• Se eliminan generalmente con agua.</li> <li>• Pueden ser tóxicos en humanos, peces y otra biota.</li> </ul> <p>Esta clase incluye la mayoría de los productos refinados y los crudos ligeros de alta calidad.</p>	<p>Tipo 1: Petróleos muy ligeros (productos de petróleo: Fuel, Gasolina)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altamente volátiles (suelen evaporarse en 1-2 días).</li> <li>• Altas concentraciones de compuestos tóxicos (solubles).</li> <li>• Severos impactos en la columna de agua y en las fuentes intermareales.</li> </ul>
<p>Clase B: Petróleos no viscosos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Son de naturaleza cerosa o aceitosa. Con la subida de las temperaturas, su tendencia a penetrar en los poros del sustrato aumenta y pueden ser persistentes.</li> <li>• Son menos tóxicos y se adhieren más firmemente a las superficies.</li> <li>• Se pueden eliminar con la limpieza enérgica con agua.</li> <li>• La evaporación de compuestos volátiles puede producir residuos de Clase C o D.</li> </ul> <p>Dentro de esta clase se incluyen petróleos medios o pesados con base parafínica.</p>	<p>Tipo 2: Petróleos ligeros (Crudos ligeros)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volatilidad moderada; pueden dejar residuos después de unos días.</li> <li>• Concentración moderada de compuestos tóxicos (solubles).</li> <li>• Pueden ser una contaminación potencial de largo plazo en las fuentes intermareales.</li> <li>• La limpieza puede ser muy efectiva.</li> </ul>
<p>Clase C: Petróleos pesados, viscosos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Son viscosos, adherentes o alquitranados. Son marrones o negros.</li> <li>• La limpieza con agua no los elimina por completo de las superficies, pero este tipo de petróleos no penetra fácilmente en las superficies porosas.</li> <li>• Densidad cercana a la del agua por lo que a menudo se hunden.</li> <li>• El desgaste o la evaporación de los compuestos volátiles pueden producir sólidos o crudos alquitranados de Clase D.</li> <li>• La toxicidad es baja, pero puede provocar la asfixia de la fauna.</li> </ul> <p>Esta clase incluye gases residuales y petróleos medios a pesados.</p>	<p>Tipo 3: Petróleos medios (La mayor parte de los crudos)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobre una tercera parte se evapora en 24 horas.</li> <li>• La contaminación de este petróleo en las áreas intermareales puede ser muy severa y periodos largos.</li> <li>• El impacto de petróleo en las aves marinas y mamíferos con pelo puede ser severo.</li> <li>• La limpieza es más efectiva si se realiza rápidamente.</li> </ul>
<p>Clase D: Petróleos no fluidos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Son relativamente no tóxicos, no penetran en sustratos porosos, y son por lo general de color negro o marrón oscuro.</li> <li>• Cuando se calientan pueden derretirse y cubrir superficies cuya limpieza es muy compleja.</li> </ul> <p>Pertenecen a este grupo los residuos de petróleo, petróleos crudos pesados, algunos petróleos con alto contenido en parafinas y algún petróleo de otra clase ya desgastado.</p>	<p>Tipo 4: Petróleos pesados (Crudos pesados)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Petróleos pesados con poca o nula evaporación o disolución.</li> <li>• La contaminación pesada probablemente sea en áreas intermareales.</li> <li>• Impactos severos en las aves marinas y en los mamíferos con pelo (fur-bearing mammals) (baño o ingestión).</li> <li>• La contaminación de largo periodo en sedimentos es posible.</li> <li>• Se degrada muy lentamente.</li> <li>• La limpieza del litoral es dificultosa bajo todas las condiciones.</li> </ul>

Fuente: U.S. Environmental Protection Agency, Oil program and National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA)

## 2.2.3 EFECTOS DEL PETRÓLEO

### 2.2.3.1 IMPACTOS GENERALES DE LA EXPLORACIÓN, PERFORACIÓN Y EXTRACCIÓN DEL CRUDO

La exploración petrolera, perforación y extracción son las primeras etapas de la industria del petróleo. Los procesos para localizar yacimientos de petróleo son cada vez más complicados y caros y generan numerosos impactos sobre el medio ambiente, la salud de las comunidades cercanas y la cultura de las tribus indígenas de las zonas con petróleo <sup>(23,24)</sup>. Existe poca información en la literatura científica sobre la evaluación directa de los impactos derivados de la exploración, perforación y extracción petrolera.

Durante la primera fase de exploración, las compañías petroleras combinan el uso de teledetección por satélite y técnicas de cartografía con las pruebas sísmicas para identificar las posibles reservas de petróleo. Cuando las reservas se identifican a distancia, el proceso comienza con la construcción de carreteras, plataformas y oleoductos para la perforación de pozos exploratorios de prueba. Un proyecto de exploración sísmica suele originar más de 1.000 km de apertura de brechas <sup>(25)</sup>. Una vez que el petróleo es descubierto, se amplían las actividades de exploración para la extracción a escala comercial, que requiere de más pozos y de mayor infraestructura.

Las técnicas para la extracción de petróleo incluyen una gama de prácticas de perforación y el uso de explosivos en el subsuelo. La alteración física de los entornos de la exploración, perforación y extracción puede ser mayor al de un gran vertido de petróleo. Los principales impactos incluyen deforestación, destrucción de ecosistemas, contaminación química del suelo y del agua. A corto-medio plazo estas actividades pueden causar daños en las poblaciones de animales (especialmente en aves migratorias y mamíferos), riesgos en la salud y seguridad de las comunidades vecinas y de los trabajadores de la industria del petróleo, y el desplazamiento de las comunidades indígenas <sup>(8)</sup>.

La perforación durante las fases de exploración y extracción utiliza grandes cantidades de agua que posteriormente queda contaminada. El agua de producción derivada de los procesos de extracción de petróleo es por lo general el mayor residuo generado. La mayor parte de agua de producción es agua fósil (agua de formación) que se ha acumulado durante millones de años con los combustibles fósiles en las formaciones geológicas. El agua de producción contiene una amplia variedad de productos químicos procedentes del petróleo de los depósitos de formación. El agua



también puede contener compuestos inyectados para la recuperación mejorada de petróleo <sup>(26)</sup>. Este agua de producción no es sólo reinyectada sino vertida en las aguas superficiales. Según Doyle <sup>(27)</sup>, este "agua de producción es cuatro veces más salada que el agua marina y, a menudo, contiene tóxicos como el benceno, xilenos, tolueno, etilbenceno y metales como el bario, arsénico, cadmio, cromo, mercurio, etc."

En la exploración y extracción también se producen grandes cantidades de desechos sólidos conocidos como residuos o desechos de perforación. Aunque los residuos asociados constituyen una proporción relativamente pequeña del total de desechos, tienen más probabilidades de contener una serie de productos químicos y materiales naturales con posible riesgo para la salud <sup>(8)</sup>.

Asimismo, durante la perforación diversos lodos, líquidos oleosos, lubricantes y otros productos químicos son utilizados para enfriar la broca, estabilizar las paredes del pozo petrolífero o licuar cortes. Estos aditivos líquidos se acumulan en grandes cantidades durante el proceso de perforación, y con frecuencia se almacena o se eliminará finalmente en piscinas o balsas de residuos <sup>(27)</sup>. Estas balsas de residuos son altamente peligrosas no solo por la posible lixiviación a los acuíferos sino también para los animales y aves que pueden considerarlas pozos de agua.

Durante la extracción pueden producirse fugas o derrames de petróleo. Las emisiones de los equipos de perforación, la volatilización de varios compuestos procedentes de los pozos y la continua quema de gas natural pueden degradar la calidad del aire local <sup>(28)</sup>.

Prácticamente todas las etapas de producción de petróleo y gas conllevan un riesgo de incendios y explosiones, en particular las operaciones de perforación mar adentro que son vulnerables a las erupciones. La exploración y perforación de petróleo es la etapa más peligrosa del sector de la industria del petróleo <sup>(8)</sup>.

Las etapas de exploración petrolera, perforación y extracción pueden dar lugar a una serie de efectos agudos y crónicos en la salud de las comunidades cercanas. Estos riesgos se producen a través de la exposición directa a los compuestos químicos extraídos durante la perforación, así como a procesos de bioacumulación de compuestos del petróleo en los distintos niveles de la cadena trófica hasta los seres humanos. El ruido y la vibración generados durante estas etapas también pueden ser factores de riesgo para la salud.

Se han documentado varios impactos sociales derivados de las actividades petroleras sobre poblaciones indígenas<sup>2</sup> y los ecosistemas que los albergan<sup>(33)</sup>. En el caso de Bolivia se han evidenciado principalmente en los Chiquitanos, Ayoreos, Guaranís y Weenhayeks<sup>(25,31,32)</sup>.




En este sentido, la producción de petróleo no sólo perturba las actividades de entornos sensibles, sino que amenaza la supervivencia de las poblaciones indígenas que viven en estos ecosistemas. Wright y Kretzmann<sup>(33)</sup>, sostienen que "la integridad territorial y el control de las empresas petroleras son necesarios para la reproducción cultural y, en última instancia, la supervivencia de las poblaciones indígenas amazónicas, cuya forma de vida y bienestar están íntimamente vinculados con la selva". A lo largo de la cuenca amazónica, la construcción de carreteras ha provocado la deforestación de numerosas hectáreas y ha contribuido a la pérdida de territorio y el desplazamiento de los grupos nativos. La apertura de caminos de acceso permite a los colonos con intereses tales como la tala y la minería para entrar en las comunidades indígenas y colonizar las zonas<sup>(33)</sup>. Esto también puede traer enfermedades infecciosas a las poblaciones no expuestas anteriormente<sup>(8)</sup>.

En la tabla 2 quedan recogidos los posibles efectos ambientales derivados de cada una de las actividades realizadas en las cuatro primeras etapas de la industria petrolífera.

---

<sup>2</sup> Han sido documentadas agresiones a grupos indígenas en varias regiones del mundo como los Tagaeri y los Huaorani de Ecuador<sup>(29)</sup>, el Mascho-Piro, Nahua y Kugapakori de Perú<sup>(8)</sup>, y los Yariguís, Aripis, nukak y los U'wa de Colombia<sup>(30)</sup>, Chiquitano, Ayoreo, Guaraní y Weenhayek en Bolivia<sup>(25,31,32)</sup> o los Baka, Bakoli, Ogoni de África Central, la Tavoyans, Mon y Karen de Birmania, la oriental Khanty pueblos de Siberia occidental, y los Gwich'in de Alaska<sup>(8)</sup>.

**TABLA 2.** Los posibles efectos ambientales derivados de las actividades realizadas en cada una de las etapas de los procesos: exploratorio, perforativo y productivo

ETAPA	ACTIVIDADES	EFFECTOS MEDIOAMBIENTALES
ETAPA EXPLORATORIA (sísmica)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudios cartográficos.</li> <li>2. Estudios geofísicos.</li> <li>3. Sondeos de exploración.</li> </ol>  <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apertura de senderos y topografía.</li> <li>▪ Construcción de infraestructuras.</li> <li>▪ Perforaciones: cargue y tapada de pozos.</li> <li>▪ Tendido del material de registro.</li> <li>▪ Prospección sísmica por voladuras (detonaciones).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Movimiento de suelos.</li> <li>▪ Compactación del suelo por la maquinaria utilizada.</li> <li>▪ Generación o dinamización de procesos erosivos cuando la operación se realiza en terreno susceptible o inestable.</li> <li>▪ Afectación de acuíferos.</li> <li>▪ Alteración del drenaje natural.</li> <li>▪ Generación de aguas grises.</li> <li>▪ Afectación a la vegetación y fauna: pérdida de biodiversidad.</li> </ul>
ETAPA DE PERFORACIÓN	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pozos de desarrollo.</li> <li>2. Instalaciones exteriores y procesamiento preliminar.</li> <li>3. Dotación de infraestructura.</li> </ol>  <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Montaje de los equipos de perforación.</li> <li>▪ Perforación.</li> <li>▪ Depósito de los lodos y ripsos de perforación.</li> <li>▪ Disposición de basuras y aguas residuales.</li> <li>▪ Pruebas de producción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contaminación de recursos terrestres e hídricos por deficiente manejo de los residuos de perforación.</li> <li>▪ Afectación de acuíferos.</li> <li>▪ Desplazamiento de fauna por efecto del ruido.</li> <li>▪ Desplazamiento o muerte de peces.</li> </ul>
ETAPA DE PRODUCCIÓN	<p style="text-align: center;">Producción</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Habilitación de superficies para las instalaciones de producción.</li> <li>▪ Construcción y adecuación de infraestructuras (accesos, instalaciones, piscinas, pozos de inyección).</li> <li>▪ Captación y vertidos de agua.</li> <li>▪ Provisión de energía y servicios.</li> <li>▪ Extracción de petróleo junto con gas y agua de formación.</li> <li>▪ Transporte a una estación de separación.</li> <li>▪ Depósito de los fluidos líquidos en piscinas impermeabilizadas.</li> <li>▪ Tratamiento de las aguas de formación.</li> <li>▪ Reinyección o utilización del gas.</li> <li>▪ Quema del gas no utilizado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Generación o dinamización de procesos erosivos cuando la operación se realiza en terreno susceptible o inestable.</li> <li>▪ Generación de residuos sólidos y aguas grises.</li> <li>▪ Afectación de acuíferos: contaminación de recursos terrestres e hídricos por deficiente manejo de los residuos de producción.</li> <li>▪ Afectación de la vegetación: pérdida de biodiversidad.</li> <li>▪ Sofocamiento de raíces.</li> <li>▪ Pérdida de fertilidad del suelo.</li> <li>▪ Pérdida de cosechas.</li> <li>▪ Desplazamientos o muerte de fauna y flora acuática.</li> <li>▪ Contaminación de la atmósfera local.</li> <li>▪ Disminución de las poblaciones de insectos y aves.</li> </ul>
ETAPA DE DESMANTELAMIENTO Y RESTAURACIÓN	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpieza de áreas ocupadas.</li> <li>2. Retiro de campamentos.</li> <li>3. Revegetación.</li> </ol>	

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.3.2 EFECTOS EN LA SALUD

Desde el punto de vista toxicológico, los compuestos químicos presentes en el petróleo pueden causar efectos adversos en los organismos. Se han llevado a cabo numerosos estudios científicos que evalúan el efecto de la exposición a estos compuestos y su relación con la salud, no sólo sobre la salud humana sino también sobre la salud en animales y plantas <sup>(34)</sup>. Los efectos pueden ser muy diversos en función del tipo, la duración y la frecuencia de la exposición.

Asimismo, cada uno de los compuestos de forma individual va a tener unos efectos sobre las distintas partes del organismo. Sin embargo, la exposición nunca ocurre aislada sino que es un compendio de numerosas sustancias que pueden actuar de forma sinérgica entre sí y ocasionar efectos diferentes a los que podrían producir de forma aislada.

El objetivo del siguiente apartado es recoger los efectos producidos por cada sustancia química individual y posteriormente se documentará a partir de la bibliografía científica publicada en los últimos años los efectos encontrados en estudios epidemiológicos por la mezcla heterogénea del petróleo.

#### ▪ EFECTOS EN LA SALUD DERIVADOS DE LOS COMPUESTOS PRESENTES EN EL CRUDO

##### **Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP):**

El término hidrocarburos totales de petróleo se usa para describir a un grupo extenso de varias sustancias químicas derivadas originalmente del petróleo crudo. En este sentido, los HTP son una mezcla de sustancias químicas. Se les llama hidrocarburos porque casi todos los componentes están formados enteramente de hidrógeno y carbono <sup>(20)</sup>.

Algunos HTP son líquidos incoloros o de color claro que se evaporan fácilmente, mientras que otros son líquidos espesos de color oscuro o semisólidos que no se evaporan.

La concentración de HTP que se encuentra en una muestra sirve como indicador general del tipo de contaminación que existe en el sitio. Sin embargo, la cantidad de HTP que se mide, suministra poca información ya que una misma concentración de

HTP puede contener diferente composición química. Por ello, la concentración de HTP no se utiliza en las estimaciones cuantitativas de riesgos para la salud humana.

### **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs):**

Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos son una familia de sustancias tóxicas presentes en el medio ambiente. Los HAPs se componen de dos o más anillos aromáticos (benceno) y los anillos por si mismos son una de las principales clases de contaminantes. Aunque los HAPs están formados básicamente por átomos de carbono e hidrógeno, algunos hidrocarburos aromáticos heterocíclicos pueden contener nitrógeno, azufre, cloro y oxígeno <sup>(35)</sup>.

Debido a las preocupaciones sobre los posibles efectos en la salud, los HAPs han sido incluidos dentro de la lista de sustancias prioritarias en la Agencia del Medio Ambiente de los Estados Unidos (U.S-EPA) y la Unión Europea (UE). La U.S-EPA ha contemplado dentro de dicha lista 16 de estos HAPs (Tabla 3) para su continuado control debido a los efectos que éstos pudieran tener sobre la salud humana y el medio ambiente.

**TABLA 3.** HAPs establecidos en la lista de sustancias prioritarias de la U.S-EPA

<b>Hidrocarburo aromático policíclico</b>	<b>Peso molecular</b>
Acenafteno	154,2
Acenaftileno	152,2
Antraceno	178,2
Benzo[a]antraceno	228,3
Benzo[a]pireno	252,3
Benzo[g,h,i]perileno	276,3
Benzo[k]fluoranteno	252,3
Bezo[b]fluoranteno	252,3
Criseno	228,3
Dibenzo[a,h]antraceno	278,4
Fenantreno	178,2
Fluoranteno	202,3
Fluoreno	166,2
Indeno[1,2,3-c,d]pireno	276,3
Naftaleno	128,2
Pireno	202,3

Los efectos en la salud de los HAPs han sido ampliamente estudiados, especialmente en los últimos años. Sin embargo, no se conoce del todo la toxicidad de los HAPs, ya que cada compuesto puede mostrar diferentes efectos sobre la salud humana.

Algunos de los HAPs han sido descritos como posibles mutagénicos, teratogénicos y cancerígenos <sup>(36)</sup>.

El Benzo[a]pireno (BaP) ha sido, hasta ahora, el compuesto que más atención ha recibido. Numerosos estudios han concluido que la exposición al BaP y las mezclas de HAPs que contienen este compuesto pueden inducir efectos cancerígenos. Por ello, algunas investigaciones <sup>(37-39)</sup> han evaluado la toxicidad a los HAPs a través de BaP especialmente a través de los factores de equivalencia tóxica (PEFs o TEFs). En este caso, la toxicidad de cada uno de los compuestos se compara con la de BaP, que recibe una TEF=1. La concentración se expresa en BaP-equivalentes (BaP<sub>eq</sub>).

Los efectos no cancerígenos de la exposición crónica a los HAPs incluyen irritación de los ojos, fotofobia y trastornos de la piel (dermatitis y queratosis), así como trastornos en el sistema respiratorio y fibrosis. También hay estudios sobre efectos hematológicos <sup>(40,41)</sup>, cardíacos <sup>(42)</sup>, renales <sup>(43)</sup>, neurológicos <sup>(44,45)</sup>, inmunológicos <sup>(46)</sup>, reproductivos <sup>(47,48)</sup>, y en el desarrollo <sup>(49-51)</sup> tanto en humanos como en animales de laboratorio.

Algunos HAPs se han descrito como potenciales agentes causantes de cáncer de pulmón, mama, esófago, páncreas, gástrico, colo-rectal, vejiga, piel, próstata y de cuello uterino tanto en seres humanos como en animales <sup>(52)</sup>.

La volatilidad de los HAPs depende en gran medida del peso molecular. En la atmósfera se encuentran con frecuencia HAPs libres debido a su baja presión de vapor, mientras que a mayor peso molecular son adsorbidos en partículas. En los compartimentos acuáticos, sólo los HAPs de bajo peso molecular se pueden encontrar disueltos en el agua. Una vez en el medio acuático, la mayoría de los HAPs están asociados a las partículas, debido a sus propiedades hidrofóbicas, que se traducen en bajas concentraciones de HAPs en el agua <sup>(53)</sup>. En las fuentes de agua potable, bajas concentraciones de HAPs pueden ser perjudiciales para los seres humanos <sup>(52)</sup>. La Agencia de Medio Ambiente de la Unión Europea ha recomendado la determinación de micro-contaminantes orgánicos entre los que se incluyen los HAPs en el medio ambiente acuático.

### **Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos (BTEX)**

BTEX es un acrónimo para el benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos. Este grupo de compuestos orgánicos volátiles (COVs) se encuentra dentro de los hidrocarburos de petróleo, como gasolina, y otros contaminantes del medio ambiente común.



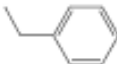
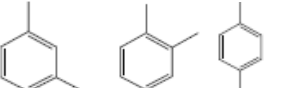
Estos cuatro compuestos pueden considerarse volátiles, con buena absorción y baja persistencia a largo plazo en el cuerpo.

Todos estos productos pueden producir efectos neurológicos, y la exposición al benceno puede provocar, además, efectos hematológicos incluyendo anemia aplásica y leucemia mieloide aguda. El potencial carcinógeno de benceno ha sido documentado y está clasificado como cancerígeno humano por el Programa Nacional de Toxicología de los Estados Unidos de América <sup>(54)</sup>, la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (U.S-EPA) <sup>(55)</sup>, y la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) <sup>(56)</sup>. Una evaluación reciente de la IARC <sup>(57)</sup> ha clasificado al etilbenceno como un posible cancerígeno para los seres humanos. El tolueno y los xilenos se consideran como no clasificables en cuanto a carcinogenicidad en humanos, tanto para la U.S-EPA <sup>(55)</sup> como para la IARC <sup>(58,59)</sup>.

No existe ningún estudio en el que se examine la acción tóxica conjunta de la mezcla de benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos, pero la acción aditiva conjunta es plausible<sup>(60)</sup>. Sin embargo, numerosos estudios han evaluado cada uno de los compuestos por separado o mezclas binarias. Asimismo, se ha visto que existen posibles interacciones entre estos componentes a través de estudios en laboratorio <sup>(60)</sup>.

A continuación en la tabla 4 quedan recogidos los diferentes efectos en la salud que se han documentado para estos cuatro compuestos.

**TABLA 4.** Características de los BTEX y los diferentes síntomas en función de la exposición

Denominación química Número CAS	Vías de exposición	Órganos o sistemas afectados	Órganos o sistemas afectados por la exposición aguda	Órganos o sistemas afectados por la exposición crónica	Clasificación Carcinogénica (IARC,EPA)	Síntomas
<b>BENCENO</b> 71-43-2 	Inhalación Oral Dérmica	Sangre; SNC; piel; médula ósea; ojos; stma resp	Piel; tract resp; pulmones; SNC; SCV	Piel; sangre; hígado; sistema inmune	1,A	<b>Generales:</b> mareo, sopor, cefalea, disnea, vómitos, convulsiones, inconsciencia, anemia. <b>Dérmicos:</b> sequedad de piel, enrojecimiento, sensación de quemazón. <b>Digestivos:</b> dolor abdominal. <b>Respiratorios:</b> dolor de garganta. <b>Otros:</b> arritmias, trastornos de la sangre, como anemia aplásica y preleucemia. <b>Cánceres:</b> leucemia, neoplasias hematológicas, linfoma de Hodgkin y síndrome mielodisplásico.
<b>TOLUENO</b> 7439-92-1 	Inhalación Oral Dérmica	SNC; hígado; riñones; piel; ojos; stma resp	Ojos; tract resp; pulmones; SNC; SCV	Piel; SNC; corazón	3,D	<b>Generales:</b> mareo, sopor, cefalea, inconsciencia. <b>Dérmicos:</b> sequedad de piel, enrojecimiento, sensación de quemazón. <b>Digestivos:</b> dolor abdominal. <b>Reproductivo:</b> aborto espontáneo <sup>(61)</sup> .
<b>ETILBENCENO</b> 100-41-4 	Inhalación Oral Dérmica	Ojos; stma resp sup; piel; SNC	Ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC	Piel	2B,D	<b>Generales:</b> cefalea, narco, coma. <b>Ocular:</b> Irritación ojos. <b>Dérmicos:</b> enrojecimiento.
<b>XILENOS</b> m-xileno o-xileno p-xileno  108-38-3 95-47-6 106-42-3	Inhalación Oral Dérmica	Ojos; piel; stma resp; SNC; tracto GI; sangre; hígado; riñones	Garganta, ojos; pulmones; SNC	Piel; pulmones; SNC	3,D	<b>Generales:</b> mareo, sopor, cefalea, inconsciencia. <b>Dérmicos:</b> sequedad de piel, enrojecimiento, sensación de quemazón. <b>Digestivos:</b> dolor abdominal.

Fuentes: U.S-EPA (IRIS)<sup>(55)</sup>, ATSDR<sup>(60)</sup>, NIOSH<sup>(62)</sup>, IARC<sup>(63)</sup>.

SNC = sistema nervioso central; SCV = sistema cardiovascular; GI = gastrointestinal; tract resp = tracto respiratorio; stma resp (sup) = sistema respiratorio (superior)

Grupo 1: Carcinogénico para el ser humano; Grupo 2B: Posible carcinógeno para el ser humano; Grupo 3: No clasificado como carcinógeno para el ser humano

Grupo A: Carcinogénico para el ser humano; Grupo B (1 y 2): Probable carcinógeno para el ser humano; Grupo C: Posible carcinógeno para el ser humano; Grupo D: No clasificado como carcinógeno para el ser humano; Grupo E: Evidencia de no carcinogenicidad para el ser humano



## **Metales**

La exposición a algunos metales se ha asociado con una gran variedad de efectos adversos para la salud, incluyendo cáncer. Por otra parte, aunque algunos elementos son esenciales para los seres humanos, pueden resultar peligrosos en niveles de exposición relativamente altos <sup>(64)</sup>. Teniendo en cuenta su potencial tóxico, en esta sección sólo se citarán aspectos relativos al arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), manganeso (Mn) y vanadio (V).

El exceso de ingesta de metales no esenciales como Cd y Pb puede ocasionar trastornos neurológicos, óseos, enfermedades cardiovasculares, disfunción renal y varios tipos de cáncer, incluso a niveles relativamente bajos <sup>(65,66)</sup>.

### **Arsénico (CAS 7440-38-2)**

El arsénico (As) es un elemento clasificado como metaloide, ya que presenta propiedades de elementos metálicos y no metálicos <sup>(67)</sup>.

El arsénico y sus compuestos han sido reconocidos como cancerígenos para los seres humanos (Grupo I), sobre la base de pruebas suficientes <sup>(63)</sup>. Los estudios epidemiológicos han revelado una asociación entre las concentraciones elevadas de arsénico en el agua potable y el aumento de la incidencia de cánceres de piel <sup>(68)</sup>. Asimismo, se ha establecido una correlación positiva entre la inhalación de arsénico y el cáncer de pulmón. Este elemento también se ha asociado al desarrollo de cáncer de hígado, de riñón y de vejiga <sup>(69)</sup>. Los factores utilizados para la medida del riesgo cancerígeno asociado (factor pendiente<sup>3</sup>) para la ingestión oral y la inhalación son 1,5 y 15 (mg/kg\*día)<sup>-1</sup> respectivamente <sup>(71)</sup>. Entre los efectos sistémicos se destacan los trastornos de la piel, así como los problemas en el sistema nervioso y cardiovascular. La estimación de dosis de referencia (DDR) para la exposición oral crónica y subcrónica es  $3 \times 10^{-4}$  (mg/kg\*día) <sup>(71)</sup>.

### **Cadmio (CAS 7440-43-9)**

El cadmio (Cd) es un elemento que se encuentra naturalmente en la corteza terrestre. La absorción gastrointestinal apenas alcanza el 5% de la ingesta total, mientras que la absorción inhalatoria por los pulmones puede ser hasta de un 50% <sup>(71)</sup>. El cadmio es transportado en la sangre y se distribuye ampliamente en el organismo.

---

<sup>3</sup> Factor pendiente: Índice toxicológico utilizado para calcular el incremento de riesgo de padecer cáncer como consecuencia de la exposición diaria al agente químico promedio diaria para toda la vida <sup>(70)</sup>.

Se acumula principalmente en el hígado y en los riñones <sup>(66)</sup>. La dieta es otra forma importante de exposición al Cd, principalmente a través de ingestión de cereales, pescados y mariscos <sup>(72)</sup>.

Una exposición aguda a Cd puede causar la muerte en seres humanos. La exposición oral aguda puede causar irritación gastrointestinal, vómitos y diarrea; si se inhala, dolor de cabeza, dolores de pecho y edema pulmonar <sup>(66)</sup>. La dosis oral de referencia es de  $5 \times 10^{-4}$  (mg/kg\*día). Este elemento ha sido clasificado como cancerígeno para los seres humanos (Grupo I) por la IARC, y probable carcinógeno humano (Grupo B1) por la EPA de los EE.UU. El cadmio se ha vinculado con la inducción tanto en el laboratorio como en estudios epidemiológicos ocupacionales de cáncer de próstata y pulmón <sup>(66)</sup>. El factor pendiente para la inhalación es  $6,1$  (mg/kg\*día)<sup>-1</sup> se ha estimado sobre la base de la exposición ocupacional por vía inhalatoria asociada con el cáncer <sup>(71)</sup>.

### **Cromo (CAS 7440-47-3)**

El Cromo (Cr) es un elemento generalizado en todos los medios. El cromo puede aparecer de dos formas: trivalente Cr (III), que en realidad es un nutriente esencial para los seres humanos, y hexavalente Cr (VI), que es altamente tóxico <sup>(73)</sup>.

Una exposición crónica a Cr (VI) puede producir efectos no cancerosos en el hígado, riñón, efectos gastrointestinales y efectos en el sistema inmunológico. Además, pueden aparecer después de la exposición cutánea a este metal efectos nocivos en la piel (dermatitis y ulceración). La dosis oral de referencia establecida ha sido  $3 \times 10^{-3}$  (mg/kg\*día) <sup>(71)</sup>.

El cromo hexavalente se ha clasificado como cancerígeno para los seres humanos (Grupo I) por la IARC, sobre pruebas suficientes de diferentes estudios epidemiológicos que muestran que la exposición a Cr (VI) provoca cáncer de pulmón. La U.S-EPA ha catalogado la forma de cromo hexavalente como cancerígeno humano y, posteriormente, se ha establecido un factor pendiente para la inhalación de  $42$  (mg/kg\*día)<sup>-1</sup>.

### **Manganeso (CAS 7439-96-5)**

El manganeso (Mn) es un elemento presente en el suelo, aire, agua, y alimentos <sup>(74)</sup>. En los seres humanos, el Mn es un elemento esencial para determinadas funciones fisiológicas <sup>(75)</sup>. La ingesta de alimentos es la principal vía de la exposición no ocupacional. El intervalo de la estimación de la ingesta alimentaria de Mn es 2-5 mg/día para los adultos <sup>(71)</sup>. La exposición ocupacional se produce básicamente por la

inhalación de polvo. La inhalación crónica en seres humanos provoca efectos sobre el sistema nervioso (disminución del tiempo de reacción y de la capacidad visual) <sup>(74)</sup>. Otro posible efecto causado por la exposición a Mn es el síndrome llamado "manganismo", caracterizado por la disfunción extrapiramidal y los trastornos neuropsiquiátricos <sup>(76)</sup>. La dosis de referencia es de 0,024 (mg/kg\*día) <sup>(71)</sup>.

### **Plomo (CAS 7439-92-1)**

El plomo (Pb) ha sido uno de los metales pesados más estudiados desde un punto de vista toxicológico <sup>(65)</sup>.

Los efectos en la salud por exposición a Pb están principalmente a cargo de la etapa en la que se produzca la exposición y la magnitud de la dosis interna <sup>(77)</sup>. Las pruebas indican que el plomo es una sustancia tóxica y causa efectos en el tracto gastrointestinal, sistema hematopoyético, sistema cardiovascular, sistema nervioso central y periférico, neurotoxicidad, retrasos en el desarrollo, hipertensión, alteraciones de la agudeza auditiva, deterioro de la síntesis de hemoglobina y efectos en el sistema reproductivo de los varones, entre otros <sup>(65,71)</sup>. En algunos pacientes, se ha detectado encefalopatía aguda después de la exposición a Pb <sup>(78)</sup>.

Tanto en su estado elemental como en compuestos inorgánicos se cataloga como posible agente cancerígeno en los seres humanos (Grupo 2B) por la IARC. A su vez, el Pb orgánico es clasificable en cuanto a la carcinogenicidad para los seres humanos (Grupo 3).

Asimismo, el plomo presenta efectos teratogénicos, que se manifiestan especialmente en el sistema nervioso central del feto, interfiriendo con su desarrollo normal <sup>(70)</sup>. La dosis de referencia establecida para la exposición oral está aún en discusión <sup>(71)</sup>.

### **Vanadio (CAS 7440-62-2)**

El vanadio (V) es un metal pesado con una alta presencia en el medio ambiente. El vanadio elemental no se produce naturalmente, pero está presente formando sales inorgánicas, como el pentóxido de vanadio ( $V_2O_5$ ) y ortovanadato de sodio ( $Na_3VO_4$ ) <sup>(79)</sup>. La toxicidad del vanadio depende de su estado físico-químico, así como el tipo de vía de exposición <sup>(80)</sup>. Los compuestos de vanadio se absorben mal a través del sistema gastrointestinal (0,5-2% del importe de la dieta), pero ligeramente mejor por los pulmones (20-25%). El vanadato ( $V_5$ ) y el vanadio ( $V_4$ ) pueden ser tóxicos para la reproducción y el desarrollo en mamíferos <sup>(81)</sup>. A corto plazo se localiza principalmente en los huesos, los riñones y el hígado <sup>(82)</sup>.

▪ **ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS SOBRE LOS EFECTOS EN LA SALUD POR LA EXPOSICIÓN AL PETRÓLEO**

Los estudios epidemiológicos relativos a los efectos en la salud por la exposición a los componentes del crudo son de tres tipos: por un lado, estudios basados en la exposición ocupacional, que es aquella que se lleva a cabo en los/as trabajadores/as durante las diferentes fases del ciclo de producción del petróleo -explotación, transporte, distribución y refinamiento. Por otro, estudios basados en la exposición residencial debida principalmente a la proximidad a áreas de producción de petróleo. Y en tercer lugar, estudios basados en la exposición ocasionada tras un vertido accidental de petróleo.

Cada una de estas exposiciones tiene peculiaridades intrínsecas a la naturaleza de la exposición por lo que varía la intensidad, el tiempo promedio, la vía de exposición, etc.

Atendiendo al riesgo que el petróleo y las sustancias que lo forman pueden provocar sobre la salud, clasificamos los riesgos según sus efectos; efectos no cancerígenos o sistémicos y efectos cancerígenos <sup>(70)</sup>.

A continuación se presenta una revisión de los diferentes efectos del petróleo encontrados en la bibliografía atendiendo a la clasificación anteriormente mencionada y considerando también los diferentes tipos de exposición.

En la búsqueda bibliográfica sobre los distintos efectos que la actividad petrolera tiene sobre la salud se utilizaron dos bases de la biblioteca nacional americana: Pubmed y Toxline (U.S. National Library of Medicine, National Institutes of Health). Se recogieron todo tipo de artículos indexados en estas dos bases. En la información que citaremos a continuación se recogen aquellos publicados desde 1998 hasta la actualidad con el fin de sintetizar los efectos encontrados más recientemente. En el caso de los estudios tras los derrames de petróleo el periodo de publicación fue ampliado hasta 1992. También se incluyeron estudios anteriores a 1998 que se han considerados relevantes por la información aportada. Asimismo, se seleccionaron otros artículos no indexados en estas dos bases pero citados en los artículos consultados.

La búsqueda se limitó a artículos originales, meta-análisis o revisiones en inglés, francés, italiano, español y portugués.

Para ello se utilizaron los términos MeSH (Medical Subject Headings) “petroleum” junto con términos “crude oil”, “oil”, “spill” y “petrochemical” para el petróleo.

Como indicadores de salud, dependiendo de la tipología de síntomas a estudiar se incorporaron términos a las palabras anteriores.

Los términos más utilizados fueron:

- Síntomas: “health”, “effect”, “disorder”.
- Salud reproductiva: “reproductive outcome”, “pregnancy”, “adverse pregnancy”.

A la hora de interpretar los estudios que se mencionan a continuación, existen una serie de aspectos metodológicos a tener en cuenta:

1. Las características de la exposición (duración, intensidad, tipos de sustancias a las que se está expuesto/a...) no son mencionadas en muchos de ellos. La definición de la exposición cambia de un estudio a otro, por lo que los resultados podrían no ser comparables.
2. La exposición nunca ocurre aislada y la población en estudio por tanto estará en contacto con otras sustancias diferentes a las procedentes del petróleo, lo que puede diluir el potencial efecto del petróleo.
3. La mayor parte de los estudios no tienen en cuenta posibles factores de confusión relacionados con los hábitos de vida.
3. La ubicuidad de la exposición considerada supone en la práctica otra fuente de dilución del efecto, por lo que los resultados negativos de determinados estudios no implicarían necesariamente una ausencia de riesgo.
4. La heterogeneidad de la metodología empleada en los distintos estudios enumerados hace muy difícil su comparabilidad. Sin embargo, cada tipo de estudio tiene sus propias ventajas e inconvenientes y por ello la información que suministran ha de ser considerada como mutuamente complementaria.
5. Se desconoce el “tiempo de latencia” en este tipo de estudios, por lo que no será posible comparar el período que transcurre desde la exposición a los tóxicos de petróleo y la manifestación de sus efectos.

## EFFECTOS NO CÁNCERÍGENOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL PETRÓLEO:

- Efectos sobre la salud psicológica o emocional:

Los efectos sobre la salud emocional o psicológica de los compuestos del petróleo han sido estudiados en su mayoría a través de la exposición a vertidos marítimos de petróleo que han llegado hasta la costa, tanto en personas con residencia cercana al vertido como en aquellas personas que realizaron operaciones de limpieza en las zonas costeras.

Los efectos psicológicos encontrados fueron principalmente aumento de ansiedad y síndrome depresivo <sup>(83-85)</sup>, desórdenes de estrés postraumático <sup>(85)</sup> y reducción de las relaciones sociales <sup>(84)</sup>. Un informe publicado por la Universidad de Santiago de Compostela, tras el vertido del “Prestige”, encontró también desórdenes psiconeuróticos en voluntarios y trabajadores de la costa de Galicia durante la limpieza del crudo vertido <sup>(86)</sup>.

Hay poca información relativa a la exposición ocupacional y los riesgos psicológicos. En general, los estudios encontrados investigan los efectos psicológicos debidos a las características propias del trabajo como los cambios de turnos, las largas jornadas laborales, la responsabilidad, etc. Otro factor a tener en cuenta es que la exploración de petróleo se produce a menudo en zonas remotas y entornos difíciles, como desiertos, selvas, el Ártico, y plataformas marinas. Los/as trabajadores/as viven en las propias plataformas petrolíferas o en lugares adyacentes durante largos períodos. Estas condiciones de trabajo pueden crear un riesgo adicional de estrés derivado de los largos turnos y el aislamiento social <sup>(8)</sup>.

Un análisis de revisión realizado en octubre de 1998 sobre aspectos psicosociales de estrés y seguridad en las instalaciones del mar del norte, sugiere que el personal que trabaja en plataformas petroleras marítimas experimenta ansiedad y disfunciones del sueño. Sin embargo, este estudio no halla causalidad entre la exposición ocupacional y los efectos psicológicos <sup>(87)</sup>. Los hallazgos de Chen et al. <sup>(88)</sup> afirman que los factores psicosociales de estrés profesional y el apoyo social a los trabajadores petroleros en alta mar podrían afectar a los comportamientos relacionados con la salud de los trabajadores de diferentes maneras.

- Efectos sobre la salud física:
  - ***Efectos no cancerígenos derivados de la exposición a los vertidos de petróleo:***

Se han encontrado un total de 23 publicaciones científicas (22 artículos <sup>(83-85,89-107)</sup> y un libro <sup>(86)</sup>) referentes a los efectos no cancerígenos derivados de siete derrames marítimos de petróleo entre 1967, fecha del primer registró de un derrame de petróleo, hasta la actualidad. Otras tres investigaciones han realizado modelos de evaluación de riesgos para estimar la probabilidad de riesgo tóxico y cancerígeno en personas expuestas al petróleo tras los derrames de los petroleros “Erika” y “Haven” <sup>(37-39)</sup>.

No se han tenido en cuenta informes o evaluaciones provenientes de instituciones tanto gubernamentales como no gubernamentales.

La mayoría de las investigaciones realizadas tras un vertido de petróleo, han considerado la exposición a corto plazo, por lo que los efectos encontrados son principalmente transitorios y de corta duración.

La exposición considerada en todos ellos es principalmente dérmica, por contacto directo al fuel, e inhalatoria, derivada de los compuestos orgánicos volátiles de la mezcla de petróleo. Tan sólo los estudios de evaluación de riesgos han considerado la ingesta oral posible durante las actividades de baño tras la limpieza del vertido.

Los tamaños muestrales en estos estudios son dispares. El estudio con menor tamaño muestral incluyó a 27 personas y el mayor a 6.780 individuos. La mediana de las 23 publicaciones encontradas fue de 512 personas.

Dentro de estas investigaciones, una decena se han centrado en los efectos sistémicos en personas dedicadas a la limpieza del vertido en la zona costera <sup>(86,92,99,101-107)</sup>. Las restantes han estudiado los efectos sobre las poblaciones residentes cerca del lugar donde se produjo el vertido <sup>(83,85,89-91,93-98)</sup>.

Los efectos recogidos en estos estudios incluyeron: síntomas generales, respiratorios, oculares, digestivos, dérmicos, musculoesqueléticos y síntomas del sistema nervioso incluidos en un cuestionario auto-declarado.

Los síntomas predominantes fueron dolor de cabeza <sup>(83,86,90,92,97,106,108)</sup>, problemas respiratorios (predominantemente de garganta y problemas del tracto respiratorio) <sup>(83,86,90,92,97,106-108)</sup>, dolor de ojos (principalmente irritación ocular) <sup>(90,92,97)</sup>, y síntomas digestivos (especialmente náuseas) <sup>(83,90,92)</sup>. De los tres estudios en los que se realizaron mediciones respiratorias, sólo el conducido por Ayoub Meo et al. <sup>(89)</sup>

encontró una reducción significativa de la capacidad respiratoria en los sujetos expuestos a la contaminación atmosférica. Para los otros dos, las diferencias entre el grupo expuesto y el grupo control no fueron significativas <sup>(89-91,95)</sup>.

Junto con los efectos sistémicos, también se ha evaluado en dos estudios la genotoxicidad en personas expuestas al petróleo derramado. Para el vertido del “Prestige”, Pérez-Cadahía et al. <sup>(101-104)</sup> evaluaron la toxicidad genética en personas que realizaron tareas de limpieza. Para ello analizaron daños en el ADN a través de la prueba cometa, determinaciones de micronúcleos y una prueba de intercambio de cromátidas hermanas. Los/as autores/as hallaron un aumento significativo del daño en el ADN en los tres grupos de estudio. El más importante se registró en los voluntarios/as que trabajaron en las tareas de limpieza de la playa, que coincidió con un alto grado de exposición a COVs. En este estudio también se realizaron determinaciones de detección de polimorfismos (GSTM1 y GSTT1, GSTP1, Ala105Val) y biomarcadores de toxicidad endocrina. Se encontraron daños citogenéticos por la exposición influenciados por edad, sexo, hábito tabáquico y polimorfismo GSTM1. En relación con los biomarcadores endocrinos, los/as autores/as consideran que los xenobióticos presentes en el crudo indujeron alteraciones en el estado hormonal y actuaron como disruptores endocrinos.

Asimismo, hallaron que la concentración de diferentes metales pesados en sangre estaba relacionada con la genotoxicidad y parámetros endocrinos, así como daños en el ADN y niveles de cortisona en plasma.

El estudio realizado por Cole et al. <sup>(94)</sup> evaluó daño en el ADN (aductos en ADN) e incremento de mutaciones en linfocitos T en muestras de sangre. En este estudio no se encontró ningún hallazgo concluyente. Esta investigación tuvo claras limitaciones en cuanto al tamaño muestral utilizado y el número de determinaciones biológicas realizadas.

En la tabla 5 queda recogida toda la información relativa a estos estudios.



TABLA 5. Resumen de los estudios epidemiológicos que relacionan efectos no cancerígenos y exposición tras un vertido de petróleo

Nombre del Accidente	Autor/a Principal (Ref)	*Año de publicación Inicio del estudio respecto al vertido Localización del estudio	Tipo de población (N, n)	Evaluación de la exposición	Resultados	Anotaciones
"Prestige"	Gestal Otero et al. <sup>(86)</sup>	*2004 Dos meses después del vertido Galicia, España	<b>N=858</b> • Voluntarios/as de un día de trabajo n=244 • Voluntarios/as de una semana de trabajo n=322 • Trabajadores/as contratados/as n=292	- Cuestionario - Medición de la exposición atmosférica por dosímetros para cuantificar COV - Marcadores biológicos en sangre y orina: 1-hidroxipireno, ε-hidroxiifenantrenos y metales pesados.	<b>PE:</b> Trastornos psico-neuróticos en voluntarios y trabajadores de limpieza del vertido. <b>F:</b> En voluntarios: Irritación ocular, dolor de cabeza, traumatismos, náuseas-vómitos, irritación de faringe y dificultad respiratoria. En trabajadores: dolores de costado, cabeza y abdominales, irritación de ojos, piel y molestias en oídos y garganta.	Libro  No se utilizó grupo control de comparación.
		*2005 Siete meses después del vertido Asturias y Cantabria, España	<b>N=799</b> Ocupacional • Limpiadores/as de pájaros n=135 (Asturias) • Pescadores/as n=133 (Cantabria) • Trabajadores/as pagados/as n=265 (Asturias y Cantabria) • Voluntarios/as n=266 (Asturias y Cantabria)	Cuestionario	<b>F: Problemas</b> • Limpiadores/as de pájaros: (OR:2,51 IC <sub>95%</sub> , [1,38-4,57]) <b>Dolor de cabeza</b> • Pescadores/as (OR:2,12 IC <sub>95%</sub> , [1,26-3,56]) <b>Garganta y problemas del tracto respiratorio</b> • Pescadores/as (OR:3,09 IC <sub>95%</sub> , [1,79-5,34])	No se utilizó grupo control de comparación. No se usaron medidas ambientales, biomarcadores o reportes médicos para comparar.  ‡Regresión logística ajustada por todas las variables con p ≤0,10.
		*2006 Siete meses después del vertido Asturias y Cantabria, España	<b>N=799</b> Ocupacional • Limpiadores/as de pájaros n=135 (Asturias) • Pescadores/as n=133 (Cantabria) • Trabajadores/as pagados/as n=265 (Asturias y Cantabria) • Voluntarios/as n=266 (Asturias y Cantabria)	Cuestionario	<b>F: Irritación de ojos</b> • Población de estudio: (OR:2,67 IC <sub>95%</sub> , [1,13-6,28]) • Limpiadores/as de pájaros: (OR:18,37 IC <sub>95%</sub> , [2,58-130,76]) <b>Nauseas/vómitos/mareos</b> • Población de estudio: (OR:2,09 IC <sub>95%</sub> , [1,07-4,08]) <b>Garganta y problemas del tracto respiratorio</b> • Población de estudio: (OR:2,08 IC <sub>95%</sub> , [1,02-4,24]) <b>Dolor de espalda</b> • Trabajadores/as pagados/as: (OR:4,28 IC <sub>95%</sub> , [1,53-12,02]) • Limpiadores/as de pájaros: (OR:9,29 IC <sub>95%</sub> , [1,14-75,55]) <b>Dolor de cabeza</b> Trabajadores/as pagados/as: (OR:3,58 IC <sub>95%</sub> , [1,55-8,24])	El estudio apunta que la gente que recibió información sobre medidas de protección antes de la limpieza usó protección más frecuentemente y tuvo menos problemas de salud.  ‡Regresión logística ajustada por tiempo pasado en las áreas contaminadas  No se utilizó grupo control de comparación.

Nombre del Accidente	Autor/a Principal (Ref)	*Año de publicación Inicio del estudio respecto al vertido Localización del estudio	Tipo de población (N, n)	Evaluación de la exposición	Resultados	Anotaciones
			<b>N=240</b> Ocupacional			
	Pérez-Cadahia et al. <sup>(101)</sup>	*2006 Cuatro meses después del vertido  Galicia, España	- <b>Expuestos/as</b> n=180 Limpiadores/as de costas – Voluntarios/as n=60 Trabajadores/as n=120 - Limpiadores/as de playa: recolección manual: n=60 - Limpiadores/as de rocas (uso de máquinas de presión) n=60 - <b>Control</b> n=60	- Cuestionario - Biomarcadores de genotoxicidad en muestras de sangre: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Intercambio de cromátidas hermanas</li> <li>▪ Determinación de micronúcleos</li> </ul>	Aumento significativo del daño en el ADN en los tres grupos expuestos para la prueba cometa. Fue mayor para el grupo de voluntarios de playa que coincide con el grado de exposición a los compuestos orgánicos volátiles (VOC).  No se encontraron diferencias para los ensayos de intercambio de cromátidas y la determinación de micronúcleos.	
			<b>N=6.780</b> Pescadores/as	Cuestionario	<p><u>Cualquier síntoma del tracto respiratorio inferior:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• H: (OR<math>\pm</math>: 1,84 IC<sub>95%</sub> [1,59-2,13])</li> <li>• M: (OR<math>\pm</math>: 1,55 IC<sub>95%</sub> [1,29-1,87])</li> <li>• T: (OR<math>\pm</math>: 1,73 IC<sub>95%</sub> [1,54-1,94])</li> </ul> <p><u>Síntomas nasales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• H: (OR<math>\pm</math>: 1,87 IC<sub>95%</sub> [1,62-2,16])</li> <li>• M: (OR<math>\pm</math>: 1,61 IC<sub>95%</sub> [1,33-1,94])</li> </ul> <p><u>Uso de medicación oral</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• H: (OR<math>\pm</math>: 1,99 IC<sub>95%</sub> [1,60-2,48])</li> <li>• M: (OR<math>\pm</math>: 1,49 IC<sub>95%</sub> [1,18-1,88])</li> </ul> <p>H: asociación entre los trabajadores de la limpieza M: asociación entre las trabajadoras de la limpieza T: asociación entre los trabajadores en la limpieza.</p> <p>El riesgo de los síntomas respiratorios se incrementó con el grado de exposición y con la participación en las actividades de limpieza.</p>	<p>‡Regresión logística ajustada por: sexo, edad, hábito tabáquico.</p> <p>‡‡Regresión logística ajustada por: edad y hábito tabáquico.</p> <p>Síntomas del tracto respiratorio inferior incluye: sibilancia con disnea, sibilancia, aparte de los resfriados; ataques nocturnos de falta de aire; tos crónica y/o flemas crónicas.</p> <p>No se utilizó grupo control de comparación.</p>
<b>“Prestige”</b>			<b>N=2.700</b> Residentes	Cuestionario	<p><b>Cuestionario Sf-36:</b> Los residentes tienen menos probabilidades de un registro subóptimo.</p> <p><b>HRQoL:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funciones físicas (OR<math>\pm</math>: 0,69 IC<sub>95%</sub> 0,54-0,89)</li> <li>- Dolor corporal (OR<math>\pm</math>: 0,74 IC<sub>95%</sub> 0,62-0,91)</li> <li>- Mayor frecuencia de resultados subóptimos en la salud mental (OR<math>\pm</math>: 1,28 IC<sub>95%</sub> 1,02-1,58)</li> </ul>	<p>HRQoL: es construcción multidimensional, que se determina, no sólo por el estado de salud, sino también por la percepción subjetiva de cada individuo sobre su estado físico, psicológico, social y político.</p> <p>‡Regresión logística ajustada por: edad, sexo, tipo de trabajo, educación, hábito tabáquico, nº de horas de sueño diarias, nº de enfermedades crónicas auto-reportadas y otro tipo de exposición al vertido de petróleo.</p>

Nombre del Accidente	Autor/a Principal (Ref)	*Año de publicación Inicio del estudio respecto al vertido Localización del estudio	Tipo de población (N, n)	Evaluación de la exposición	Resultados	Anotaciones
	Pérez-Cadahía et al. <sup>(102)</sup>	*2007 Cuatro meses después del vertido  Galicia, España	<b>N=110</b> Ocupacional  - <b>Expuestos/as</b> n=68 Limpiadores/as de costas -Voluntarios/as n=25 Trabajadores/as: -Limpiadores/as de playa: recolección manual n=20 Limpiadores/as de rocas: limpieza de rocas usando maquinas de presión n=23  - <b>Control</b> n=42	- Cuestionario - Biomarcadores de genotoxicidad en muestras de sangre: ▪ Intercambio de cromatidas hermanas ▪ Determinación de micronúcleos  - Biomarcadores de toxicidad endocrina (prolactin y cortisol) -Detección de polimorfismos (GSTM1 y GSTT1,GSTP1,Ala105Val)	- Se encontraron daños citogenéticos por la exposición influidos por la edad, sexo, hábito tabáquico y polimorfismo GSTM1.  - Toxicidad endocrina: los xenobioticos presentes en el crudo indujeron alteraciones en el estado hormonal y actúan como disruptores endocrinos.	
	Pérez-Cadahía et al. <sup>(103)</sup>	*2008 Cuatro meses después del vertido  Galicia, España	<b>N=298</b>  - <b>Expuestos/as</b> n=298 Limpiadores/as de costas – Voluntarios/as n=60 Trabajadores/as n=119 - Limpiadores/as de playa: recolección manual n=59 - Limpiadores/as de rocas (uso de maquinas de presión) n=60	- Cuestionario - Biomarcadores de genotoxicidad en muestras de sangre: ▪ Intercambio de cromatidas hermanas ▪ determinación de micronúcleos  - Determinación de metales pesados en sangre (Al, Cd, Ni y Zn) - Biomarcadores de toxicidad endocrina (prolactin y cortisol)	La concentración de varios metales pesados en la sangre se relacionan significativamente con genotoxicidad y parámetros endocrinos, así como con daños en el ADN (ensayo cometa) y niveles de cortisona en plasma.	No se utilizó grupo control de comparación.
<b>“Prestige”</b>	Pérez-Cadahía et al. <sup>(104)</sup>	*2008 Cuatro meses después del vertido  Galicia, España	<b>N=219</b> Ocupacional  - <b>Expuestos/as</b> n=159 limpiadores/as de costas Voluntarios/as n=59 Trabajadores/as n=100 - <b>Control</b> n=60	- Cuestionario - Biomarcadores de genotoxicidad en muestras de sangre: ▪ Intercambio de cromatidas hermanas. ▪ determinación de micronúcleos.  - Detección de polimorfismos (GSTM1 y GSTT1,GSTP1,Ala105Val)	- Incremento general en micronúcleos (MN), se han observado disminución en el índice de proliferación en los individuos con mayor tiempo de exposición.  - Incremento de daño genotóxico en trabajadores/as que realizaron limpieza manual.  - Importantes retrasos en el ciclo celular, se detectaron en ambos grupos de trabajadores contratados.	Los/as autores/as mencionan que a la vista de los resultados es esencial poner más atención a los efectos crónicos de la exposición a petróleo y realizar nuevos estudios con un gran tamaño muestral en personas de todo el mundo.

Nombre del Accidente	Autor/a Principal (Ref)	*Año de publicación Inicio del estudio respecto al vertido Localización del estudio	Tipo de población (N, n)	Evaluación de la exposición	Resultados	Anotaciones
"Nakhodka"	Morita et al. <sup>(99)</sup>	*1999 Veinte días después del vertido Oki Island, Mar de Japón	<b>N=282</b> Ocupacional Trabajadores/as en la limpieza de la costa en el área de exposición • Hombres n=127 • Mujeres n=155	- Cuestionario - Medidas individuales de BTX mediante dosímetros. - Biomarcadores en orina para determinar BTX  BTX (Benceno, Tolueno y Xilenos)	<b>F:</b> Cualquier síntoma (56,7% vs 78,7%, p<0.01)* <u>Síntomas oculares</u> (21,3% vs 36,1%, p<0.01)* <u>Síntomas de garganta</u> (13,4% vs 21,3%)* <u>Síntomas dérmicos</u> (6,3% vs 16,8%, p<0.01)* <u>Dolor de cabeza</u> (8,7% vs 28,4%, p<0.01)* <u>Dolor de espalda y piernas</u> (34,6% vs 38,1%)* *Hombres vs mujeres (%)  - <b>Marcadores biológicos:</b> No se encontraron diferencias. - <b>Medidas ambientales:</b> no superaron los límites aceptados para la exposición ocupacional. - <b>Concentraciones de BTX:</b> por debajo de consideraciones tóxicas.	Factores de riesgo tenidos en cuenta en la lista de síntomas: - Días trabajados - Exposición directa al fuel - Hipertensión antes del vertido - Dolor de espalda antes del vertido  No se utilizó grupo control de comparación.
"Sea Empress"	Gallacher et al. <sup>(96)</sup>	*2007 Siete semanas después del vertido Wales, UK	<b>N=1.089</b> Residentes - <b>Expuestos/as:</b> residentes del área contaminada (costa sur) n=539 - <b>Control:</b> residentes de la costa norte n=550	Cuestionario	<b>PE:</b> Alta percepción del riesgo entre las personas expuestas. No se observó relación entre la exposición y los síntomas de ansiedad y depresión después y antes de ajustar por el riesgo percibido. <u>Síntomas tóxicos asociados con la exposición:</u> (OR:2,33 IC <sub>95%</sub> [1,56-3,48]) <u>Síntomas tóxicos asociados con la percepción del riesgo:</u> (OR:1,76 IC <sub>95%</sub> [1,19-2,61]) <u>Síntomas no tóxicos asociados con la percepción el riesgo:</u> (OR‡:2,41 IC <sub>95%</sub> [1,44-4,03]) <u>Síntomas tóxicos asociados con la percepción del riesgo:</u> (OR‡‡:1,69 IC <sub>95%</sub> [1,05-2,73])	‡Regresión logística ajustada por: ansiedad, depresión y síntomas no tóxicos.  ‡‡Regresión logística ajustada por ansiedad, depresión y síntomas tóxicos.
	Lyons et al. <sup>(83)</sup>	*1999 Siete semanas después del vertido Pembrokeshire COSAT; Wales, UK	<b>N=1.089</b> Residentes - <b>Expuestos/as:</b> residentes del área contaminada (costa sur) n=539 - <b>Control:</b> residentes de la costa norte n=550	Cuestionario	<b>F:</b> <u>Dolor de cabeza</u> (OR‡:2,35 IC <sub>95%</sub> [1,56-3,55]) <u>Nauseas</u> (OR:2,41 IC <sub>95%</sub> [1,44-4,03]), <u>Dolor de ojos</u> (OR‡:1,96 IC <sub>95%</sub> [1,06-3,62]) <u>Mucosidad</u> (OR:1,97 IC <sub>95%</sub> [1,33-2,91]), <u>Dolor de garganta</u> (OR‡:1,70 IC <sub>95%</sub> [1,12-2,60]) <u>Tos</u> (OR:1,94 IC <sub>95%</sub> [1,30-2,91]), <b>PE:</b> Incremento de la ansiedad 39,3% en personas expuestas comparado con 20,4% en el grupo control (p<0,001). De acuerdo con el cuestionario HAD, la población expuesta reportó alta ansiedad y depresión (HAD puntuación >10)	‡Regresión logística ajustada por: edad, sexo, hábito tabáquico, puntuación de la ansiedad y percepción de la salud.

Nombre del Accidente	Autor/a Principal (Ref)	*Año de publicación Inicio del estudio respecto al vertido Localización del estudio	Tipo de población (N, n)	Evaluación de la exposición	Resultados	Anotaciones
"Braer"	Campbell et al. <sup>(90)</sup>	*1993 Una-dos semanas después del vertido  Shetland Islands; Scotland, UK	<b>N= 512</b> Residentes  - <b>Expuestos/as:</b> residentes a <4-5 km del área del hundimiento n=420  - <b>Control:</b> residentes a >95km del vertido n=92	- Cuestionario - Flujo del pico espiratorio. - Marcadores toxicológicos de hidrocarburos (methylhippuric isomers and ratios of hippurate to creatinine). - Análisis de la función renal y hepática.	<b>F: Cansancio:</b> E: (OR:1,86 IC <sub>95%</sub> [1,11-3,13]) EyC: (OR:2,70 IC <sub>95%</sub> [1,20-6,33]) <b>Dolor de cabeza:</b> E: (OR:4,25 IC <sub>95%</sub> [2,72-6,63]) EyC: (OR:5,75 IC <sub>95%</sub> [2,47-14,08]) <b>Diarrea:</b> E: (OR:2,67 IC <sub>95%</sub> [1,38-5,18]) <b>Nauseas:</b> E: (OR:2,19 IC <sub>95%</sub> [1,21-3,96]) EyC: (OR:3,47 IC <sub>95%</sub> [1,00-14,51]) <b>Dolor de garganta:</b> E: (OR:5,27 IC <sub>95%</sub> [3,47-8,01]) EyC: (OR:7,03 IC <sub>95%</sub> [3,02-17,18]) <b>Irritación de piel:</b> E: (OR:42,0 IC <sub>95%</sub> [7,19-376,15]) EyC: (OR:2,62 IC <sub>95%</sub> [1,04-7,02]) <b>Picor de ojos:</b> E: (OR:26,0 IC <sub>95%</sub> [9,58-70,58]) EyC: (OR:6,72 IC <sub>95%</sub> [2,53-19,45]) <b>Asma:</b> E: (OR:3,00 IC <sub>95%</sub> [1,28-7,06]) <b>Dolor de pecho:</b> E: (OR:3,20 IC <sub>95%</sub> [1,28-8,01]) <b>Tos:</b> E: (OR:1,80 IC <sub>95%</sub> [1,10-2,93]) <b>Cambios de humor:</b> E: (OR:8,00 IC <sub>95%</sub> [3,84-16,68]) EyC: (OR:2,25 IC <sub>95%</sub> [0,99-5,28])  E: Expuesto antes y después del vertido EyC: Comparación entre antes de la exposición y control después del vertido  <b>Marcadores biológicos:</b> No se encontraron diferencias.	Se necesitaría mayor exposición para evaluar daños renales y hepáticos  No se realizó regresión logística.  Este estudio corresponde a la primera fase de un estudio hecho después del vertido "Braer".
	Campbell et al. <sup>(91)</sup>	*1994 Seis meses después del vertido  Shetland Islands; Scotland, UK	<b>N=421</b> Residentes  - <b>Expuestos/as:</b> residentes a <4-5 km del área del hundimiento n=344 - <b>Control:</b> residentes a >95km del vertido n=77	- Cuestionario - Flujo del pico espiratorio. - Marcadores toxicológicos de hidrocarburos. - Análisis de la función renal y hepática.	<b>F: Debilidad:</b> (OR: 9.18 IC <sub>95%</sub> [1,32-182,96])  <b>Marcadores biológicos:</b> No se encontraron diferencias.	La regresión logística no fue realizada.  Este estudio corresponde a la segunda fase de un estudio hecho después del vertido "Braer".

Nombre del Accidente	Autor/a Principal (Ref)	*Año de publicación Inicio del estudio respecto al vertido Localización del estudio	Tipo de población (N, n)	Evaluación de la exposición	Resultados	Anotaciones
	Crum et al. <sup>(95)</sup>	*1993 Tres días después del vertido  Shetland Islands; Scotland, UK	<b>N= 100</b> Residentes  Niños/as residentes 5-12 años: • 1 <sup>er</sup> muestreo: n=44 • 2 <sup>o</sup> muestreo: n=56	Flujo máximo exhalado	<b>F:</b> no se encontraron efectos  No se encontraron diferencias significativas entre los 3 días y los 9-12 días (RR= 0,870; p= 0,502).	El estudio tuvo dos momentos de muestreo: 1º: 3 días después del vertido 2º: 9-12 días después del vertido
	Cole et al. <sup>(94)</sup>	*1997 Diez semanas y 10 meses después del vertido  Shetland Islands; Scotland, UK	<b>N=27</b> Residentes  - <b>Expuestos/as:</b> Residentes en el área contaminada n=20 - <b>Control</b> n=7	Muestras de sangre para evaluar la genotoxicidad: • Daño en el AND (células mononucleadas por butanol, modificador de aductos de ADN) • Mutación en linfocitos T	No se encontró ningún hallazgo claro en los aductos de ADN o en el incremento de mutaciones en linfocitos T en las muestras de sangre en los voluntarios del área contaminada.	El artículo presenta seis recomendaciones para futuros estudios. Relaciona la pronta toma de muestras, un tamaño muestral adecuado, buenas practicas de laboratorio, replicación de experimentos con muestras control, creación de una base de datos con la información y realizar estudios a gran escala con resultados exitosos.
<b>“Erika”</b>	Schvoerer et al. <sup>(105)</sup>	*2000 Un mes después del vertido  Vendée, Loire-Atlantique, Morbihan y Finistère, Francia	<b>N= 1.465</b> Ocupacional  • Voluntarios/as (n=948) • Trabajadores/as profesionales (n=517) • Pescadores (n=192) • Empleados/as municipales (n=88) • Personal del Directions Départementales d’Equipement (n=19) • Soldados (n=202) • Trabajadores/as privados (n=16).	Cuestionario	<b>F:</b> <u>Heridas:</u> V: 53(5,6%) T: 57(11,0%) <u>Dolor de espalda:</u> V: 271 (28,6%) T: 168 (32,5%) <u>Irritación de piel:</u> V:123 (13,0%) T: 107 (20,7%) <u>Irritación de ojos:</u> V: 79 (8,3%) T: 47 (9,1%) <u>Dolor de cabeza:</u> V: 165 (17,4%) T: 152 (29,4%) <u>Problemas respiratorios:</u> V: 58 (6,1%) T: 40 (7,7%) <u>Nauseas y vómitos:</u> V:41 (4,3%) T: 50 (9,7%) <u>Dolor abdominal:</u> V: 24 (2,5%) T: 20 (3,9%) <u>Desórdenes en el sueño:</u> V: 43 (4,5%) T: 35 (6,8%) <u>Perdida de apetito:</u> V: 32 (3,4%) T: 40 (7,7%)  V: voluntarios/as; T: trabajadores/as <u>Análisis de regresión logística</u> 3 factores relacionados con problemas de salud: duración de la actividad, uso de limpieza corporal (otros que el agua, jabón o champú) y desórdenes o perturbaciones a causa de los olores (OR>1)	En este estudio, la persona expuesta no se comparó con un control, solo la prevalencia de síntomas y su relación con las variables de las actividades de limpieza.  La regresión logística ajustada por: edad, sexo, media diaria de horas trabajadas, actividad en contacto con pájaros, varias actividades de limpieza, uso de materiales pesados y número de tareas.  Baja Tasa de respuesta y ausencia de grupo control para comparar.

Nombre del Accidente	Autor/a Principal (Ref)	*Año de publicación Inicio del estudio respecto al vertido Localización del estudio	Tipo de población (N, n)	Evaluación de la exposición	Resultados	Anotaciones
"Exxon Valdez"	Palinkas et al. <sup>(84)</sup>	*1992 Un año después del vertido  Alaska	<b>N=599</b> Residentes  • Expuestos/as n=437 • Control n=162  De los/as cuales: • Nativos/as de Alaska n=188 • Euro-Americanos/as n=371	Cuestionario	<b>PE:</b> Los/as nativos/as de Alaska tienen significativamente mayor puntuación en la escala de exposición que los Euro-Americanos/as ( $p < 0,01$ ). <u>Síntomas depresivos:</u> • El nivel de exposición estuvo asociado significativamente con la puntuación de la escala de depresión: ambos nativos ( $p < 0,05$ ) y Euro-Americanos/as ( $p < 0,01$ ). • Nativos/as tienen significativamente mayor puntuación de síntomas depresivos ( $p < 0,001$ ) que los Euro-Americanos/as.	Los dos grupos étnicos tuvieron diferencias significativas con respecto al nivel de síntomas depresivos. En parte, estas diferencias pueden atribuirse a las diferencias étnicas en la exposición, la evaluación y otros.
	Palinkas et al. <sup>(85)</sup>	*1993 Un año después del vertido  Alaska	<b>N=599</b> Residentes  • Expuestos/as n=437 • Control n=162  De los/as cuales: • Nativos/as de Alaska n=188 • Euro-Americanos/as n=371	Cuestionario	<b>PE: Desorden de ansiedad generalizado:</b> • EL: (OR: 1,91 IC <sub>95%</sub> [1,01-3,60]) • EH: (OR: 3,73 IC <sub>95%</sub> [1,99-6,97]) <b>Desorden de estrés post-traumático (PTSD)</b> • EH: (OR: 2,63 IC <sub>95%</sub> [1,22-5,66]) <b>CES-D Scale Score <math>\geq 18</math></b> • EH: (OR: 2,13 IC <sub>95%</sub> [1,01-4,50])  EL= Comparación entre expuestos (estatus de menor exposición) y grupo control. EH= Comparación entre expuestos (estatus de alta exposición) y grupo control.	Mujeres y nativos/as de Alaska residentes en las comunidades expuestas son especialmente vulnerables a los efectos negativos.  La población de estudio fue clasificada en tres grupos: no expuestos (control), baja exposición y alta exposición. ‡Regresión logística ajustada por: factores estadísticamente significativos en la regresión univariante.
	Palinkas et al. <sup>(100)</sup>	*2004 Un año después del vertido  Alaska	<b>N=599</b> Residentes  • Expuestos/as n=437 • Control n=162  De los/as cuales: • Nativos/as de Alaska n=188 • Euro-Americanos/as n=371	Cuestionario	<b>PE:</b> Diferencias en el desarrollo del estrés post-traumático (PTSD) entre los/as Nativos/as de Alaska frente a los/as Euro-Americanos/as: <b>Re-experiencias:</b> • Recuerdos desagradables: (OR: 1,74 IC <sub>95%</sub> [1,07-2,82]) • Pesadillas: (OR: 2,12 IC <sub>95%</sub> [1,08-4,14]) • Reacciones físicas: (OR‡: 2,04 IC <sub>95%</sub> [1,2-4,07])  Intentan no pensar en el pasado: (OR: 11,9 IC <sub>95%</sub> [5,7-24,9]). Concentración de problemas (OR: 1,78 IC <sub>95%</sub> [1,09-2,90]) En la regresión logística <sup>‡</sup> , los/as nativos/as de Alaska tienen más probabilidades de tener recuerdos desagradables, pesadillas, reacciones físicas, pensamientos de pasado y concentración de problemas.	‡Regresión logística ajustada por: exposición al vertido y características socioeconómicas encontradas en la asociación con PTSD (edad, género y estado socioeconómico).

Nombre del Accidente	Autor/a Principal (Ref)	*Año de publicación Inicio del estudio respecto al vertido Localización del estudio	Tipo de población (N, n)	Evaluación de la exposición	Resultados	Anotaciones	
"Tasman Spirit"	Janjua et al. <sup>(97)</sup>	*2006 Un mes después del vertido  Puerto de Karachi, Pakistán	<b>N=400</b> Residentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Expuestos/as: residentes en la zona de la playa del área del hundimiento n=216</li> <li>Control A: residentes a 2 km del área del hundimiento n=83</li> <li>Control B: residentes a más de 20 km del área del hundimiento n=101</li> </ul>	Cuestionario	<p><b>F: Síntomas oculares:</b> dolor de ojos (OR±: 11,9 IC<sub>95%</sub> [5,7-24,9]), picor de ojos (OR±: 5,9 IC<sub>95%</sub> [3,0-11,7]), ojos llorosos (OR±: 5,3 IC<sub>95%</sub> [2,6-10,9]), ojos rojos (OR: 8,5 IC<sub>95%</sub> [3,6-19,7])</p> <p><b>Síntomas respiratorios:</b> garganta seca (OR±: 4,7 IC<sub>95%</sub> [2,5-8,6]), picor de garganta (OR±: 3,5 IC<sub>95%</sub> [1,9-6,5]), dolor de garganta (OR±: 3,8 IC<sub>95%</sub> [1,9-7,4]), tos (OR±: 2,3 IC<sub>95%</sub> [1,2-4,4])</p> <p><b>Síntomas del sistema nervioso:</b> dolor de cabeza (OR±: 3,1 IC<sub>95%</sub> [1,7-5,5]), irritabilidad (OR±: 11,3 IC<sub>95%</sub> [3,8-34,2])</p> <p><b>Otros síntomas:</b> fibre (OR±: 4,5 IC<sub>95%</sub> [1,9-10,3]) y fatiga general (OR±: 3,1 IC<sub>95%</sub> [1,7-5,7])</p> <p>Las mujeres presentaron mayor desarrollo de náuseas, vómitos, dolor de cabeza, irritación de ojos, picor y dolor de garganta comparado con los hombres.</p>	<p>La frecuencia de aparición de síntomas decreció con la distancia al área de exposición.</p> <p>±Regresión logística ajustada por: edad, género, educación, hábito tabáquico, alergia a polvo, alergia a químicos, ansiedad.</p>
	Ayoub Meo et al. <sup>(89)</sup>	*2008 Días después del vertido  Puerto de Karachi, Pakistán	<b>N=51</b> Residentes	Expuestos/as n=20 Control n=31	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuestionario</li> <li>Espirometría: <ul style="list-style-type: none"> <li>La capacidad vital forzada</li> <li>El volumen espiratorio forzado en el primer segundo</li> <li>Flujo espiratorio forzado</li> <li>Pico del flujo espiratorio</li> <li>Ventilación máxima voluntaria</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Espirometría:</b> sujetos expuestos a la contaminación atmosférica tuvieron una reducción significativa en la capacidad vital forzada (FVC), volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1), flujo espiratorio forzado (FEF25-75%) y máxima ventilación voluntaria (MVV). Este deterioro es reversible y los parámetros de las funciones del pulmón mejoraron cuando se retiraron de la contaminación atmosférica.</p>	
	Khurshid et al. <sup>(98)</sup>	*2008 Un mes después del vertido  Puerto de Karachi, Pakistán	<b>N=100</b> Residentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajadores/as de restaurantes y clubs en la playa de Karachi</li> <li>Adultos residentes en las áreas residenciales cercanas al vertido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestras de sangre: nivel de hemoglobina, leucocitos – recuento total y diferencial de leucocitos, recuento de plaquetas y células hematíes.</li> <li>5 muestras de agua marina, arena y playa.</li> <li>Test de la función del hígado –hepática.</li> <li>Test de la función renal.</li> <li>Parámetros bioquímicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los niveles de linfocitos y eosinófilos fueron ligeramente elevadas. Algunos trabajadores/as (11 aprox) tenían elevadas SGPT, pero no fueron notablemente elevadas.</li> <li>No se muestran las funciones renales detectadas.</li> <li>Los niveles de urea en sangre y creatinina sérica se encontraron dentro de los límites.</li> <li>Se observaron algunos casos de erupciones de piel en niños/as.</li> </ul>	No se utilizó grupo control de comparación.

PE: efectos psicológicos  
F: efectos físicos



- ***Efectos no cancerígenos derivados de la exposición ocupacional:***

Desde el punto de vista ocupacional, la mayoría de los estudios están encaminados a la búsqueda de asociación entre la exposición al petróleo o sus compuestos y los efectos cancerígenos. Se han realizado significativamente menos estudios que evalúen efectos sistémicos.

Se han encontrado 25 artículos científicos desde 1998 hasta la actualidad<sup>(109-134)</sup>. Veinte de ellos se centran en la industria petroquímica, concretamente en las refinerías<sup>(111,113,115,117-134)</sup>. Los cinco restantes están realizados en las plataformas petrolíferas marinas<sup>(109,110,112,114,116)</sup>.

El tamaño muestral de estos estudios también ha sido singularmente heterogéneo con un mínimo y máximo de 384 y 45.110 personas respectivamente, y una mediana de 4.221 individuos/as.

La fuente principal de recogida de datos fueron los registros estatales o aquellos procedentes de la propia industria de petróleo. El tipo de vía de exposición no se especifica en ninguno de los estudios.

Los efectos sistémicos que se han asociado con la exposición al petróleo en los estudios revisados han sido: los trastornos musculoesqueléticos<sup>(110,112,114,116,119,123)</sup>, efectos dérmicos<sup>(121)</sup>, problemas respiratorios<sup>(119,123)</sup>, digestivos<sup>(119,123)</sup> y problemas cardiovasculares<sup>(123,127,129,132)</sup>. Otras investigaciones no han encontrado asociación entre la exposición ocupacional y patologías no cancerígenas<sup>(113,118,120,122,124-126,128,131,139-143)</sup>.

Los trastornos musculoesqueléticos son la primera causa de morbilidad ocupacional<sup>(135)</sup>. Aunque pueden tener un origen extra-laboral, incluso personal, aunque las condiciones de trabajo constituyen un aspecto directamente relacionado con dichos trastornos. Dentro de la revisión realizada, seis estudios<sup>(110,112,114,116,119,123)</sup> han encontrado un aumento significativo de este tipo de desórdenes en los trabajadores/as de la industria petroquímica, principalmente en las plataformas marinas.

La sensibilización cutánea es un problema relacionado con algunos productos derivados del petróleo<sup>(136)</sup>. Las enfermedades de la piel son la segunda causa de morbilidad ocupacional, aunque la mayoría de los individuos afectados, una vez que cambian de trabajo, suelen tener una reducción o eliminación de dichos efectos<sup>(135)</sup>.

En 1934, en la cuarta edición del libro *“The Dermatogoses or Occupational Affections of The Skin”* escrito por White <sup>(137)</sup>, en el capítulo de Productos de petróleo, se describe la variedad de lesiones atribuidas a la exposición ocupacional o contacto con diferentes fracciones del crudo que van desde eritemas a tumores. El autor concluye con la siguiente declaración: *“La opinión es unánime en cuanto a la naturaleza perjudicial sobre la piel de ciertos petróleos minerales y en particular en cuanto a las graves consecuencias producidas por los residuos del petróleo”*.

Un artículo de revisión realizado por Birmingham <sup>(138)</sup> en 1988 sobre el contacto dérmico del petróleo en sus diferentes fases de producción, advierte que en la fase de extracción, los operadores de la plataforma de perforación de petróleo pueden tener efectos ocupacionales por contacto dérmico con agentes del petróleo entre los que se destacan la foliculitis, pigmentación, granulomas, etc., entre otras.

En el año 2000 quedó constancia, en un informe de vigilancia realizado en Reino Unido por del EPIDERM y el *Occupational Physicians Reporting Activity (OPRA)*, de que los productos del petróleo se encontraban dentro de los agentes con elevado número de casos de alergias por contacto dérmico ocupacional <sup>(135)</sup>.

En relación con los problemas de salud en mujeres que trabajan en la industria del petróleo, existe un estudio que observó una asociación estadísticamente significativa entre el aborto espontáneo y la exposición a compuestos petroquímicos en función de diferentes grados de exposición <sup>(133)</sup>. Otro estudio, realizado en Estados Unidos en una industria petroquímica, señaló que el 10% de las mujeres incluidas en el estudio padecían anomalías en el ciclo menstrual y que este porcentaje aumentaba con los niveles percibidos de estrés y exposición a benceno <sup>(130)</sup>.

En la tabla 6 queda recogida toda la información relativa a estos estudios.

**TABLA 6.** Resumen de los estudios epidemiológicos que relacionan efectos no cancerígenos y exposición ocupacional al petróleo y/o sus derivados

Autor/a Principal (ref)	*Año de publicación Periodo de Estudio Localización	Tipo de efecto estudiado	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales resultados	Resultados	Anotaciones  Tipo de fase de la industria petrolera
Chen et al. <sup>(109)</sup>	*2008 ¿? Sur de China	Estrés ocupacional y apoyo social de los trabajadores	561 Trabajadores masculinos	- Cuestionario - Escala de estrés ocupacional (OSS)	OR	Los factores psicosociales de estrés profesional y el apoyo social a los trabajadores petroleros en alta mar podrían afectar a los comportamientos relacionados con la salud de los trabajadores de diferentes maneras.	Estrés	Regresión logística ajustada por: características socioeconómicas, edad, percepción de salud, estado civil, nivel educativo, y duración el trabajo en la industria petrolera.  Plataforma petrolífera marina.
Morken et al. <sup>(110)</sup>	*2007 1992-2003 Noruega	Desórdenes musculoesqueléticos	3.131 casos de trabajadores/as	Petroleum Safety Authority's registry	Prevalencia	Desórdenes musculoesqueléticos: enfermedades relacionados con la frecuencia del trabajo: 47%. - Extremidades 53% - Espalda 20% - Desórdenes de extremidades inferiores 16%, de las cuales las rodillas son las dominantes (12% de todos los casos).	Desórdenes musculoesqueléticos más frecuentes: ▪ Extremidades ▪ Espalda	Plataforma petrolífera marina.
Barberito et al. <sup>(111)</sup>	*2005 1950-1997 Salvador, Brasil	Alteraciones hepáticas	- Casos: 692 trabajadores/as de refinería - Controles: 377 trabajadores/as	- Muestras de sangre: determinación de (GGT) y (ALT) - Cuestionarios	Prevalencia	Se observó un incremento significativo en las alteraciones hepáticas del 15,3% (95% CI: 12,5-18,1) en relación con la población de referencia para la regresión logística univariante. En la regresión logística multivariante, la prevalencia fue 3,56 veces mayor de alteraciones hepáticas (95% CI: 1,99 a 6,38) que la población de referencia.	Alteraciones hepáticas	Refinería Petróleo Brasileiro S.A. Petrobras
Chen et al. <sup>(112)</sup>	* 2005 12 últimos meses China	Factores psicosociales y dolores musculares	581 trabajadores/as	- Cuestionario auto-administrado	Prevalencia	La prevalencia de los dolores musculares en los 12 meses previos varió de 7,5% para los dolores de codo a 32% de dolores de la parte inferior de la espalda. Asociación significativa entre varios factores psicosociales y dolor muscular.	Dolores musculares	Regresión logística ajustada por: edad, nivel educativo, estado civil y duración del empleo en la plataforma petrolífera, tipo de trabajo e historial de efectos en los 12 últimos meses.  Plataforma petrolífera marina.

INTRODUCCIÓN

Autor/a Principal (ref)	*Año de publicación Periodo de Estudio Localización	Tipo de efecto estudiado	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales resultados	Resultados	Anotaciones Tipo de fase de la industria petrolera
Gun et al. <sup>(113)</sup>	*2004 1981-1996 Australia	- Enfermedades isquémicas - Infarto cerebral - Enfermedades respiratorias - Enfermedades del sistema digestivo - Accidentes	M: 1.206 H: 15.957	Australian National Death Index	SMRs	No se encontró ningún incremento significativo en las enfermedades no cancerígenas estudiadas.	No asociación	Industria de petróleo Australian Institute of Petroleum (AIP)
Morken et al. <sup>(114)</sup>	*2004 1970 – 2003 Múltiples países	Desórdenes musculoesqueléticos	Múltiples estudios	REVIEW: ISI Web of Science y PubMed	Incidencia	- Los desórdenes musculoesqueléticos son comunes ente el personal de las plataformas petrolíferas. - La incidencia es mayor en personal del servicio, personal de perforación, mantenimiento de andamios.	Desórdenes musculoesqueléticos	REVIEW Los autores consideran que factores de riesgo asociados pueden ser los trabajos físicos y las altas demandas laborales. Plataforma petrolífera marina.
Chen et al. <sup>(115)</sup>	*2003 1999 Taiwán	Perdida de audición	384 trabajadores/as	- Mediciones de ruido - Cuestionarios	- Frecuencia de audición - ORs	Se encontró un incremento del umbral auditivo para elevadas frecuencias en los/as trabajadores/as de la industria de refinería de petróleo para una exposición crónica de más de 15 años. Lo que indica una alerta para la posible pérdida de audición.	Alerta sobre una posible pérdida de audición	Refinería de petróleo.
Gardner <sup>(116)</sup>	*2003 Review Múltiples países	Riesgos para la salud	Múltiples estudios	REVIEW	Revisión	- Accidentes graves - Enfermedad - Desórdenes musculoesqueléticos - Estrés	- Accidentes graves - Enfermedad - Desórdenes musculoesqueléticos - Estrés	Los factores de riesgo: exposición a sustancias tóxicas, abandono de las instalaciones, higiene, ruido, vibraciones, entre otros. Plataforma petrolífera marina.
Lewis et al. <sup>(118)</sup>	*2003 1964-1994 Canadá	Mortalidad por enfermedad	25.292 trabajadores/as	- Canadian Mortality Data Base - Código de exposición similar por grupo (SEG) - Selección de sustancias tóxicas: hidrocarburos de solventes/fuel, lubricantes, coque e H2S.	SMRs	No se encontró ningún incremento significativo en las enfermedades no cancerígenas estudiadas.	No asociación	SEG: describe la exposición potencial para cada uno de los grupos de trabajo. Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.

Autor/a Principal (ref)	*Año de publicación Periodo de Estudio Localización	Tipo de efecto estudiado	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales resultados	Resultados	Anotaciones Tipo de fase de la industria petrolera
Tsai et al. <sup>(119)</sup>	*2003 1973-1999 1973-1999 Lousiana, US	Mortalidad y morbilidad (ausencia de salud)	4.221 trabajadores/as	Shell Oil Company's health surveillance system (HSS)	SMRs	<b>H:</b> desórdenes musculoesqueléticos (19%), daños (15%), enfermedades respiratorias (12%), enfermedades digestivas (7%), y circulatorias (5%). <b>M:</b> enfermedades respiratorias (15%), enfermedades genitales (11%), desórdenes musculoesqueléticos (9%), desórdenes mentales (7%) y daños (6%). Desde el punto de vista de las SMRs no se ha visto que sean estadísticamente significativas.	<b>H:</b> Desórdenes musculoesqueléticos, enfermedades respiratorias, digestivas y circulatorias. <b>M:</b> enfermedades respiratorias, genitales, desórdenes musculoesqueléticos, mentales y daños.	Refinería e industria petroquímica Compañía Petrolera Shell
Satin et al. <sup>(120)</sup>	*2002 1950-1995 California, US	Mortalidad por enfermedad	18.512 trabajadores/as	Social Security Administration's Death Master File, and the National Center for Health Statistics' National Death Index	SMRs	No se encontró ningún incremento significativo en las enfermedades no cancerígenas estudiadas.	No asociación	Refinería Compañía Petrolera Chevron-Texaco
Sorahan et al. <sup>(121)</sup>	*2002 1951-1998 UK	Mortalidad por enfermedad	- 28.630 trabajadores/as de refinerías - 16.480 trabajadores/as de distribución del petróleo	The National Health Service Central Register of the Office for National Statistics and the General Register Office for Scotland	SMRs	Se observó un incremento significativo en enfermedades de piel en trabajadores encargados de la distribución (SMR:2,32 IC <sub>95%</sub> 1,00-4,57). Para el resto de las enfermedades no se encontró incremento significativo.	Enfermedades de piel	Refinería Distribución petrolera England and Wales oil refineries and petroleum distribution
Rodu et al. <sup>(122)</sup>	*2001 1970-1996 Illinois, US	Mortalidad por enfermedad	6.956 trabajadores/as	Illinois State Cancer Registry	SMRs	No se encontró ningún incremento significativo en las enfermedades no cancerígenas estudiadas.	No asociación	Instalación Petroquímica Empresa Petrolera BP-Amoco Corporation.
Tsai et al. <sup>(123)</sup>	*2001 1973-1998 Mortalidad: 1973-1998 Morbilidad 1990-1998 California, US	Mortalidad por enfermedad y morbilidad	2.728 trabajadores/as	Shell Oil Company's Health Surveillance System (HSS)	SMRs SMbRs	<b>H:</b> daños (19%), desórdenes musculoesqueléticos (14%), enfermedades respiratorias (11%), enfermedades digestivas (7%), y enfermedades de corazón (4%). <b>M:</b> daños (16%), enfermedades respiratorias (14%), desórdenes musculoesqueléticos (10%), desórdenes mentales (7%) y enfermedades digestivas (6%). Desde el punto de vista de las SMbRs no se ha visto que sean estadísticamente significativas.	<b>H:</b> daños, desórdenes musculoesqueléticos, enfermedades respiratorias, digestivas y de corazón. <b>M:</b> daños, enfermedades respiratorias y digestivas desórdenes musculoesqueléticos y mentales.	Refinería Compañía Petrolera Shell

Autor/a Principal (ref)	*Año de publicación Periodo de Estudio Localización	Tipo de efecto estudiado	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales resultados	Resultados	Anotaciones Tipo de fase de la industria petrolera
Wong et al. <sup>(124)</sup>	*2001 1960-1997 California, US	Mortalidad por enfermedad	3.328 trabajadores/as	Social Security Administration's Death Master File, and the National Death Index	SMRs	Se observaron dos causas significativas de mortalidad en empleados con una latencia de 20-39 años: Cirrosis (SMR:1,90 IC <sub>94%</sub> 1,01-3,25) y suicidio (SMR:2,09 IC <sub>94%</sub> 1,11-3,57). Ninguna de las dos tiene relación directa con la exposición ocupacional.	Cirrosis Suicidio	Refinería Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.
Wong et al. <sup>(125)</sup>	*2001 1946-1996 Beaumont, Texas, US	Mortalidad por enfermedad	7.543 trabajadores/as	Social Security Administration's Death Master File, and the National Death Index	SMRs	No se encontró ningún incremento significativo en las enfermedades no cancerígenas estudiadas.	No asociación	Refinería Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.
Divine et al. <sup>(126)</sup>	*2000 1946-1994 US	Mortalidad por enfermedad	24.124 trabajadores/as	Los datos fueron extraídos de la base de datos de Divine and Barron <sup>(144)</sup>	SMRs	No se encontró ningún incremento significativo en las enfermedades no cancerígenas estudiadas.	No asociación	Industria Petrolera Compañía Petrolera Chevron-Texaco
Gamble et al. <sup>(127)</sup>	*2000 1970-1992 US	Mortalidad por enfermedad	6.238 trabajadores/as retirados/as	Exxon data base	SMRs	Se observó un aumento de la cardiopatía isquémica SMR:1,13 IC <sub>95%</sub> (1,08-1,18).	Cardiopatía isquémica	Refinería y planta petroquímica Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.
Lewis et al. <sup>(128)</sup>	*2000 1970-1982 US	Mortalidad por enfermedad	19.075 trabajadores/as	Social Security Administration's Death Master File, and the National Death Index	SMRs	No se encontró ningún incremento significativo en las enfermedades no cancerígenas estudiadas.	No asociación	Refinería y Planta Petroquímica Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.
Lewis et al. <sup>(129)</sup>	*2000 1964-1983 Canadá	Mortalidad por enfermedad	34.560 trabajadores/as	Canadian mortality data base	SMRs	Aneurisma aórtica (SMR:1,27 IC <sub>95%</sub> 1,04-1,53) relacionada con las enfermedades de las arterias, arteriolas y capilares. Enfermedades de las arterias, arteriolas y capilares (SMR:1,31 IC <sub>95%</sub> 1,09-1,56) que se relaciona directamente con la duración del trabajo. Para el resto de las enfermedades no se encontró incremento significativo.	Enfermedades relacionadas con las arterias, arteriolas y capilares.	Compañía Petrolera: Refinería e industria petroquímica Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.

Autor/a Principal (ref)	*Año de publicación Periodo de Estudio Localización	Tipo de efecto estudiado	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales resultados	Resultados	Anotaciones Tipo de fase de la industria petrolera
Thurston et al. <sup>(130)</sup>	*2000 Marzo-Octubre 1993 China	Perturbaciones menstruales	3.343 trabajadoras	- Cuestionario auto-administrado	OR	El 10% de las mujeres del estudio padecen una Anomalia de la longitud del ciclo Menstrual (AMCL). Este porcentaje aumenta con los niveles percibidos de estrés y con la exposición al benceno durante siete años o más (OR $\pm$ :1,71 IC <sub>95%</sub> 1,27-2,31).	Perturbaciones menstruales	Se realizaron 7 modelos en función de distintos contaminantes: gasolina, tolueno, H <sub>2</sub> S, Mn, amonio, cal o ácido  Regresión logística ajustada por: probabilidad de tener anomalías menstruales, condiciones adversas de trabajo
Consonni et al. <sup>(131)</sup>	*1999 1949-1982 Italia	Mortalidad por enfermedad	1.583 trabajadores/as	Historiales ocupacionales individuales de la refinería	SMRs	No se encontró ningún incremento significativo en las enfermedades no cancerígenas estudiadas.	No asociación	Refinería Italian Oil Refinery
Dement et al. <sup>(132)</sup>	*1998 1940-1993 Texas, US	Mortalidad proporcional por enfermedad	2.985 trabajadores hombres	Los datos principales fueron sacados del estudio de Thomas et al. <sup>(145)</sup> que fueron obtenidos del National Cancer Institute.	PMRs	Se observó un aumento significativo en la mortalidad por cardiopatía isquémica (PMR:1,10) y otras enfermedades del corazón (PMR:1,23).  Para el resto de las enfermedades no se encontró incremento significativo.	Cardiopatía esquémica y otras enfermedades de corazón	Refinerías OCAW  En el artículo no se mencionan los intervalos de confianza.
Xu et al. <sup>(133)</sup>	*1998 Marzo a octubre de 1993 China	Aborto espontáneo	2.853 trabajadoras	- Cuestionario y entrevistas	OR	Se observó una asociación estadísticamente significativa entre el incremento de aborto espontáneo y la exposición a compuestos petroquímicos con un OR $\pm$ :2,7 IC <sub>95%</sub> 1,8-3,9 para exposición media y OR $\pm$ :3,2 IC <sub>95%</sub> 1,8-5,7 para exposición alta.  Según la especificidad de los químicos, la relación entre la exposición y el aborto espontáneo es significativa para el benceno, la gasolina y otros compuestos petroquímicos peligrosos no diferenciados.	Aborto espontáneo	‡Regresión logística ajustada por: edad, nivel educativo, planta, trabajo por turnos, horas de trabajo, ruido, concentración de polvo, fumadoras pasivas y dieta.
Raabe et al. <sup>(134)</sup>	*1998 1945-1987 Texas, US	Mortalidad por enfermedad	7.119 trabajadores/as	<i>Mobil Oil Corp.</i> Database. United States mortalities	SMRs	No se encontró ningún incremento significativo en las enfermedades no cancerígenas estudiadas.	No asociación	Industria petrolera Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.

- ***Efectos no cancerígenos derivados de la exposición residencial:***

Se han realizado pocas investigaciones que relacionen el efecto del petróleo en cualquiera de sus fases de producción y la salud de las poblaciones cercanas a estos centros productivos, siendo la fase de refino sobre la que existe más información.

La amazonía ecuatoriana y Taiwán han sido las dos áreas con más investigaciones.

La contaminación atmosférica por exposición inhalatoria ha sido la más estudiada en residentes cercanos a plantas petroquímicas. Sólo dos estudios <sup>(146,147)</sup> han considerado la exposición por ingesta o contacto dérmico de agua contaminada en población residente cerca de campos de extracción de petróleo.

Los efectos sistémicos en los que se han encontrado diferencias significativas entre las personas expuestas frente no expuestas han sido: efectos dérmicos <sup>(146,147)</sup> y efectos respiratorios <sup>(146-150)</sup>.

En relación con la amazonía ecuatoriana, un estudio realizado por Miguel San Sebastián <sup>(146)</sup> encontró un aumento significativo de la prevalencia de hongos en la piel e irritación de nariz y garganta dos semanas antes de la realización del estudio e irritación nasal y de garganta en los 12 meses que precedieron el estudio en mujeres que viven cerca de pozos o estaciones de petróleo frente a mujeres control.

Otro estudio descriptivo transversal en la amazonía fue el realizado por Maldonado, A. <sup>(147)</sup> La tasa de ataque (enfermedades atribuibles a la contaminación) en dicho estudio fue del 82,4%. Los problemas de salud más frecuentes en la población expuesta atribuibles a la contaminación fueron dérmicos, respiratorios y digestivos.

En los realizados en Taiwán. Yang et al. <sup>(148)</sup> señaló la asociación de las emisiones atmosféricas de complejos industriales y un incremento de las tasas de síntomas agudos de irritación (irritación de ojos, náuseas e irritación de garganta) en adultos. También, Yang et al. <sup>(149)</sup> en 1998 realizaron un estudio en niños de una escuela de Taiwán, cercana a un área petroquímica. Los autores observaron síntomas respiratorios y de asma superiores en los niños de esta zona frente a los de la zona control.



En Argentina, un estudio publicado recientemente halló un aumento de asma, exacerbaciones de asma, síntomas respiratorios (sibilancia, disnea, tos nocturna y rinitis), y menor función pulmonar en niños/as residentes cerca de una industria petroquímica frente a los/as que viven en otras regiones <sup>(150)</sup>.

La asociación entre los efectos del petróleo y la salud reproductiva ha sido demostrada en varios estudios en animales. En concreto, se ha comprobado el efecto negativo sobre las capacidades reproductivas en varias especies de aves tras la exposición e ingestión de petróleo tras un derrame en zonas costeras, así como una reducción significativa de la supervivencia de los polluelos por exposiciones de los huevos a compuestos del petróleo <sup>(151-153)</sup>. En peces se han observado mutaciones congénitas inducidas por la exposición a vertidos de petróleo <sup>(154)</sup>. En cetáceos, se ha observado una reducción del éxito reproductivo tras la exposición a los vertidos de petróleo, y que el mayor riesgo se produce durante el embarazo <sup>(155)</sup>. En morsas, focas y leones marinos se ha observado que el contacto con petróleo durante la estación de cría reduce el éxito reproductivo de la colonia. Estos datos sugieren que la exposición durante esta estación puede estar relacionada con partos prematuros o abortos <sup>(156)</sup>.

El efecto del petróleo sobre la salud reproductiva de la mujer ha sido relativamente poco estudiado. Desde 1998 se publicaron doce artículos referentes a los efectos reproductivos de mujeres expuestas a la industria del petróleo. La fuente de exposición sobre la que se centran 11 de los 12 artículos es la contaminación atmosférica y sólo el artículo de San Sebastian <sup>(157)</sup> consideró la exposición a agua contaminada.

Las investigaciones realizadas al respecto se concentran fundamentalmente en mujeres que viven cerca de industrias petroquímicas y la vía de exposición investigada es la inhalación de compuestos del petróleo por la contaminación atmosférica derivada de los focos contaminantes. En términos de exposición a determinados contaminantes, las partículas y los HAPs parecen identificarse como los contaminantes más influyentes, pero las pruebas existentes no permiten una identificación precisa de los distintos contaminantes o en que momento del embarazo se pueden producir los efectos adversos <sup>(158)</sup>.

El tamaño muestral utilizado en este tipo de estudios fue desde un mínimo de 648 personas a un máximo de 92.288 personas. La mediana fue de 51.700 personas.

La fuente de datos también difiere de unos estudios a otros. El estudio de San Sebastian <sup>(157)</sup> utilizó datos provenientes de encuestas y el resto de estudios partieron de datos secundarios extraídos de registros hospitalarios o censales.

Los diseños metodológicos utilizados para el estudio de los efectos reproductivos han sido diversos. Algunos estudios han considerado como medida de exposición la cercanía a la fuente de contaminación, delimitando para ello radios de exposición en función del kilometraje al núcleo contaminante. Este tipo de estudios posteriormente realizan una comparación de las mujeres expuestas con la población general del país. Sin embargo, otros estudios no detallan la distancia exacta y hacen mención exclusivamente a la cercanía de la fuente contaminante.

Principalmente se ha hallado asociación con nacimientos prematuros <sup>(159-162)</sup>, abortos espontáneos <sup>(157)</sup> y bajo peso al nacer <sup>(163,164)</sup>.

Muy pocos estudios han investigado la relación entre la exposición a contaminantes y los efectos en la proporción de género. Los mecanismos por los que la contaminación puede afectar a la diferenciación sexual de los nacidos no son muy claros. James <sup>(165,166)</sup> sugiere que el sexo del neonato depende de los niveles hormonales parentales en el momento de la concepción y que las sustancias contaminantes podrían actuar como potenciales modificadores o “disruptores endocrinos” que varían los niveles de progesterona o estrógeno, lo que genera una variación en la proporción de género, en condiciones ambientalmente contaminantes.

Este efecto se encontró en mujeres con exposición residencial a la contaminación atmosférica de la industria petroquímica y de una refinería de petróleo. De los estudios, sólo uno de ellos obtuvo resultados positivos en la proporción de masculinidad en mujeres residentes cerca de una industria petroquímica entre los años 1987 y 1991<sup>(167)</sup>. Los otros dos no encontraron incrementos significativos en la proporción de género <sup>(168,169)</sup>.

La bibliografía hallada al respecto queda recogida en la tabla 7.

TABLA 7. Resumen de los estudios epidemiológicos que relacionan efectos en la salud reproductiva en mujeres y exposición al petróleo y/o sus derivados

Autor/a Principal (ref)	*Año de publicación Periodo de estudio Localización	Diseño de exposición	Efecto Reproductivo estudiado	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales Resultados	Resultado/s	Anotaciones
Lin et al. <sup>(164)</sup>	*2004 1995-1997 Taiwán	El estudio comprendió dos ciudades con similitudes socioeconómicas, en la que en una de ellas había una industria petroquímica.	Bajo peso al nacer	92.288 bebés	- Registro de nacimientos de Taiwán - Muestreo atmosférico supervisado por la agencia de protección medioambiental de Taiwán.	OR	Mayores concentraciones de SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , y PM en zona expuesta. Diferencias significativas en el bajo peso al nacer: más frecuentes en zona expuesta (2,4%) frente a no expuesta (2,1%). OR‡:1,13 IC <sub>95</sub> % 1,03-1,24 en el análisis.	Bajo peso al nacer	‡Regresión logística ajustada por: edad de gestación, sexo, orden de nacimiento, época de nacimiento, edad materna y la educación materna.
Yang et al. <sup>(162)</sup>	*2004 1994-1997 Taiwán	Estudio de tres áreas de exposición residencial definidas por un radio de 3km alrededor de 3 refinerías.	Parto prematuro	- Casos: 7.095 - Control: 50.388	- Household Registration System - Entrevistas	OR	La prevalencia de partos prematuros en mujeres que viven cerca de una refinería de petróleo es mayor que en las mujeres control. El OR‡:1,14 IC <sub>95</sub> % 1,01-1,28.	Parto prematuro	‡Regresión logística ajustada por: edad, estación del nacimiento, estado civil, nivel educativo de la madre y sexo del bebe.
Tsai et al. <sup>(161)</sup>	*2003 1994-1997 Taiwán	Estudio de un área de exposición residencial definida por un radio de 2km alrededor de un complejo industrial en el que se incluye una planta petroquímica.	Parto prematuro	- Casos: 14.545 - Control: 49.670	- Mandatory registration of births in Taiwan Household Registration System - Entrevistas	OR	La prevalencia de partos prematuros en mujeres que viven cerca de una refinería de petróleo es mayor que en las mujeres control. El OR‡:1,11 IC <sub>95</sub> % 1,02-1,21.	Parto prematuro	‡Regresión logística ajustada por: edad, estación del nacimiento, estado civil, nivel educativo de la madre y sexo del bebe.
Oliveira et al. <sup>(170)</sup>	*2002 1983-1998 Brasil	El estudio consideró tres áreas de exposición según la distancia: Región 1: área cercana, comprendida entre los 0 y 10km desde la planta. Región 2: área intermedia que comprende los 10 y los 20km desde la planta. Región 3: área no expuesta que comprende toda el área que se encuentra a más de 30Km de la planta.	- Malformaciones - Bajo peso al nacer - Nacido muerto (stillbirth)	Total nacidos vivos: 16.826	- Registros de nacimientos del hospital municipal Montenegro - Diagnóstico de malformaciones	OR	No se encontró ningún clúster, ni ninguna distribución espacial singular respecto a las malformaciones.  Se observó, durante la regresión logística univariante, una relación del bajo peso al nacer y los abortos con la distancia a la planta, pero esa relación desaparece cuando se ajusta por los factores confusores.	No asociación	Regresión logística ajustada por: hábito tabáquico, edad maternal y enfermedades crónicas.

Autor/a Principal (ref)	*Año de publicación Periodo de estudio Localización	Diseño de exposición	Efecto Reproductivo estudiado	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales Resultados	Resultado/s	Anotaciones
San Sebastián et al. <sup>(157)</sup>	*2002 ¿-1999  Ecuador	Comparación entre nueve comunidades expuestas y 14 no expuestas.  • Comunidad expuesta a aquella que se encuentra dentro de un área definida por un radio de 2km alrededor de un campo petrolífero. • Comunidad no expuesta a aquella que se encuentra a más de 30km aguas arriba de cualquier campo petrolífero.	- Aborto espontáneo (pérdida fetal anterior a las 28 semanas de gestación) - Aborto (pérdida fetal posterior a las 28 semanas de gestación).	- Expuestas: 365 - No expuestas: 283	- Análisis de aguas: HTP - Encuestas estructuradas	OR	La prevalencia de abortos espontáneos en mujeres que viven cerca de un campo petrolífero es mayor que en las mujeres de las zonas no expuestas. El OR±=2,34 IC <sub>95%</sub> 1,48-3,71  No se encontró ningún incremento significativo del aborto en las mujeres de las áreas expuestas.	Abortos espontáneos	‡Regresión logística ajustada por: edad durante la entrevista, edad en el embarazo, orden del bebe, años de embarazo, estatus socioeconómico, condiciones de vivienda del padre y la madre.
Yang et al. <sup>(160)</sup>	*2002 1993-1996  Taiwán	El área de exposición se define como la zona en la que al menos resida el 50% de la población del distrito administrativo o que el 50% del área de dicho distrito se encuentre a menos de 3Km de distancia de alguna de las plantas petroquímicas.	Parto prematuro	- Casos: 5.338 - Control: 51.789	- Mandatory registration of births in Taiwan Household Registration System - Entrevistas	OR	La prevalencia de partos prematuros en mujeres que viven cerca de un complejo petroquímico es mayor que en las mujeres control. El OR±:1,18; IC <sub>95%</sub> 1,04-1,34	Parto prematuro	‡Regresión logística ajustada por: edad, estación del nacimiento, estado civil, nivel educativo de la madre y sexo del bebe.
Yang et al. <sup>(171)</sup>	*2002 1993-1996  Taiwán	Industria Petroquímica Comparación entre 16 municipalidades con industria petroquímica (PIMs) y 16 municipalidades de referencia (RFMs) sin plata petroquímica.	- Parto Prematuro - Bajo peso al nacer	- Casos (PIMs): 20.077 - Controles (RFMs): 19.673	- Household Registration System - Entrevistas	OR	No se encontró ningún incremento significativo de los efectos reproductivos estudiados en las áreas expuestas.	No asociación	Regresión logística ajustada por: edad, estado civil, educación de la madre y género del bebe

Autor/a Principal (ref)	*Año de publicación Periodo de estudio Localización	Diseño de exposición	Efecto Reproductivo estudiado	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales Resultados	Resultado/s	Anotaciones
Lin et al. <sup>(163)</sup>	* 2001 1993-1996 Taiwán	Comparación entre una comunidad expuesta cercana a un complejo petroquímico y otra no expuesta que se encuentra fuera de cualquier influencia de la fuente contaminante.	Bajo peso al nacer	- Casos: 1.677 - Controles: 868	- Household Registration System - Entrevistas - Monitoreo atmosférico	OR	La prevalencia del bajo peso al nacer en mujeres que viven cerca de un complejo petroquímico es mayor que en las mujeres que viven en zonas no expuestas. El OR‡:1,77 IC <sub>95%</sub> 1,00-3,12	Bajo peso al nacer	‡Regresión logística ajustada por: edad, estación del nacimiento, estado civil, nivel educativo de la madre y sexo del bebe.
Lin et al. <sup>(159)</sup>	*2001 1993-1996 Taiwán	Estudio de la exposición residencial de varias comunidades cercanas a un complejo de refinería de petróleo.	Parto prematuro	- Casos: 2.027 - Control: 49.673	- Household Registration System - Entrevistas - Monitoreo atmosférico	OR	La prevalencia de partos prematuros en mujeres que viven cerca de una refinería de petróleo es mayor que en las mujeres control. El OR‡:1,41 IC <sub>95%</sub> 1,08-1,82	Parto prematuro	‡Regresión logística ajustada por: edad, estación del nacimiento, estado civil, nivel educativo de la madre y sexo del bebe.
Yang et al. <sup>(167)</sup>	*2000 1987-1996 Taiwán	Industria Petroquímica Comparación entre 16 Municipalidades con industria petroquímica (PIM) y 16 Municipalidades de referencia (RFM) sin planta petroquímica.	Proporción de género al nacer o proporción de masculinidad (Sex Ratio)	- Casos (PIMs): ¿? - Controles (RFMs): ¿?	- Taiwan-Fukien Demographic Fact Book - Monitoreo atmosférico	Sex ratio Tasa de masculinidad	Entre los años 1987-1991 se observó un aumento significativo en proporción de masculinidad en las zonas PIM frente a las municipalidades control.  Entre los años 1992-1996 se observó un aumento, pero no significativo.	Aumento de la proporción de masculinidad	La significancia de la sex ratio se realizó a partir de Z test.
Yang et al. <sup>(169)</sup>	*2000 1971-1996 Taiwán	Refinería de petróleo Estudio de la exposición residencial de varias comunidades cercanas a un complejo de refinería de petróleo.	Proporción de género al nacer (Sex Ratio)	- Casos (PIMs): ¿? - Controles (RFMs): ¿?	- Taiwán-Fukien Demographic Fact Book	Sex ratio Tasa de masculinidad	No se encontró ningún incremento significativo de la proporción de género en los nacimientos de las áreas expuestas.	No asociación	La significancia de la sex ratio se realizó a partir de Z test.
Bhopal et al. <sup>(168)</sup>	*1999 1986-1991 Teesside, UK	Residencia cercana a una industria de acero y petroquímica. Se establecieron 3 zonas A, B y C, en función de la distancia a la petroquímica siendo A la más cercana y C la más lejana.	- Bajo peso al nacer - Partos prematuros - Sex Ratio - Anomalías fetales	Zona A: 4.766 Zona B: 7.487 Zona C: 6.052	- Office of Population Censuses and Surveys and fetal abnormality data - Para anomalías fetales: Maternity Surveys Office	OR	No se encontró asociación entre vivir cerca de una industria petrolquímica y efectos en los resultados de nacimientos.	No asociación	No se especifican km de cercanía a la planta petroquímica.

**EFFECTOS CÁNCERÍGENOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL PETRÓLEO:**

Autoridades científicas como la *International Agency for Research on Cancer* (IARC), la *U.S. Environmental Protection Agency* (U.S-EPA) y *The Science Advisory Board* han concluido que ciertos componentes y procesos del petróleo son carcinogénicos potenciales conocidos <sup>(172)</sup>.

Desde el punto de vista carcinogénico, y atendiendo a la clasificación realizada por la IARC en la que se clasifican sustancias, mezclas o exposiciones en función del riesgo cancerígeno encontrado para el ser humano, el petróleo (*crude oil*) pertenece a la categoría de los agentes no clasificados como carcinogénicos <sup>(173)</sup>. Sin embargo, si consideramos los constituyentes del petróleo de forma disgregada, muchos son conocidos como carcinogénicos potenciales <sup>(38,174)</sup>. De acuerdo con la clasificación de la IARC, algunas de estas sustancias están incluidas dentro del grupo de los carcinogénicos (p.e. benceno), de los probables carcinogénicos (p.e. Benzo [a] pireno) y de los posibles carcinogénicos (p.e. etilbenceno) <sup>(173)</sup>.

- ***Efectos cancerígenos derivados de la exposición a los vertidos de petróleo:***

Sólo se han tenido en cuenta efectos cancerígenos derivados de la exposición a las sustancias de petróleo tras los derrames petrolíferos en las evaluaciones de riesgo. Se han realizado tres evaluaciones, dos para el derrame del “Erika”, antes de la limpieza del fuel y después de la limpieza <sup>(38,39)</sup> y otro para el vertido del “Haven” <sup>(37)</sup>.

No existe homogeneidad en la metodología de la evaluación de los riesgos cancerígenos, los criterios de los distintos modelos son diferentes entre sí, así como los factores pendiente utilizados. La vía de exposición oral y dérmica se consideraron en los tres estudios, pero la inhalación solo se consideró en dos de ellos <sup>(37,38)</sup>.

En todos los modelos evaluaron los riesgos para la exposición a los HAPs a través de BaP equivalentes, aunque la evaluación realizada por Baars et al. <sup>(38)</sup> consideró también otros contaminantes como el benceno, tolueno, xilenos y naftaleno aunque no para todos los escenarios modelizados.

Las fuentes de información de los valores de referencia variaron de un modelo a otro. Las fuentes comunes fueron la ATSDR <sup>(37)</sup>, la U.S-EPA (Sistema de Integración de riesgos) Integrated Risk System <sup>(39)</sup> y la guía de la Organización Mundial de la Salud para calidad de aire <sup>(37,38)</sup>.

Los resultados muestran que para la exposición por inhalación existen diferencias para los contaminantes (tolueno, COVs, xilenos y naftaleno). La gente encargada de la limpieza de las playas tiene mayores riesgos de padecer cáncer. La ruta de exposición con mayores riesgos es la inhalatoria y la de contacto dérmico principalmente para HAPs. La gente que camina entre rocas contaminadas fueron los que presentaron mayores riesgos cancerígenos. La exposición dérmica de HAPs en niños/as en vacaciones y las personas que practican deportes acuáticos tienen alto riesgo de cáncer de piel.

En la tabla 8 queda recogida la información referente a estos modelos de evaluación de riesgos en los vertidos de petróleo.

**TABLA 8.** Resumen de los artículos sobre diferentes tipos de cáncer y exposición a vertidos de petróleo

Nombre del Vertido	Autor/a principal (ref)	Año de publicación Localización	Tipo de población de estudio	Evaluación de la exposición ambiental	Principales resultados	Asunciones del modelo
	Baars <sup>(38)</sup>	*2002 Penmarc'h, Finistère, Francia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajadores/as responsables de la limpieza de playas y pájaros</li> <li>Trabajadores/as responsables de la limpieza de ropa contaminada</li> <li>Turistas (niños/as y adultos/as)</li> </ul>	Basado en los datos de estudio <sup>(175)</sup>	<p><u>Riesgo de Cáncer (todos):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Benceno:</b> personas responsables de la limpieza de las playas (vía inhalatoria)</li> <li><b>BaP<sub>eq</sub>:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Personas responsables de la limpieza de ropa contaminada (vía inhalatoria)</li> <li>Turistas y personas responsables de la limpieza de pájaros (vía dérmica)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajadores/as responsables de la limpieza de playas: trabajo 8h/día, 5 días a la semana, uso de medidas protectoras (inhalación).</li> <li>Trabajadores/as responsables de la limpieza de ropas contaminadas: trabajo 1h/día, 5 días a la semana (inhalación).</li> <li>Trabajadores/as responsable de la limpieza de pájaros: trabajo 8h/día, 5 días a la semana, uso de medidas protectoras (inhalación, contacto dérmico).</li> <li>Turistas: 10 h "un día de playa" incluye baño y 4 h de exposición vía dérmica e ingesta oral.</li> </ul>
"Erika"	Dor et al. <sup>(39)</sup>	*2003 Penmarc'h, Finistère, Francia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visitantes de playas (niños/as, adultos/as incluidas mujeres embarazadas)</li> <li>Residentes (niños/as)</li> <li>Participantes de deportes acuáticos (adultos/as)</li> <li>Trabajadores/as de verano en playas (adultos/as)</li> </ul>	<p>- Análisis de suelo (arena de playa y/o roca) para evaluar HAPs 4 meses después del vertido:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>36 muestras de playas contaminadas</li> <li>7 muestras control de playas no contaminadas.</li> </ul> <p>- Concentraciones de contaminación atmosférica (simulación en laboratorio).</p>	<p><u>Riesgo para todos los cánceres (BaP<sub>eq</sub>):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Exposición oral: en niños/as residentes 1,3x10<sup>-5</sup>(P90)</li> <li>Exposición dérmica: <ul style="list-style-type: none"> <li>Adultos/as bañistas que andan entre rocas contaminadas: 3,5x10<sup>-5</sup> (mediana) y 8,1x10<sup>-5</sup> (P90)</li> <li>Adultos/as que trabajan en la playa y andan entre rocas contaminadas: 2,1x10<sup>-5</sup> (mediana) y 4,9x10<sup>-5</sup> (P90)</li> <li>Mujeres embarazadas que andan entre rocas contaminadas: 1,8x10<sup>-5</sup> (mediana)</li> </ul> </li> </ul> <p><u>Riesgo de cáncer cutáneo (BaP<sub>eq</sub>):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Niños/as en vacaciones: 1,3x10<sup>-5</sup> (P90)</li> <li>Adultos/as bañistas practicando deportes acuáticos: 1,5x10<sup>-5</sup> (P90)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niños/as: <ul style="list-style-type: none"> <li>Escenario 1: 1cm<sup>3</sup> de ingesta de una bola de fuel 80% y arena 20%.</li> <li>Escenario 2: Visitantes con 3 semanas de exposición. Cuatro h de contacto con arena y 4 h de baño diarias.</li> </ul> </li> <li>Adultos/as: <ul style="list-style-type: none"> <li>Escenario 1: Visitantes con 3 semanas de exposición. Cuatro h de contacto con arena, 1h de baño y 1 h andando entre las rocas.</li> <li>Escenario 2: Adultos/as que practican deportes acuáticos, 3 h de baño diario.</li> <li>Escenario 3: trabajadores/as de verano, 2-meses de exposición, 8 h en la arena, 1 h en el agua y 1 h andando entre las rocas.</li> </ul> </li> </ul>
"Haven"	Attias et al. <sup>(37)</sup>	*1995 Génova, Italia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bañistas</li> </ul>	Asunción de la concentración ambiental por BaP: 1 µg/m <sup>3</sup>	<p><u>Riesgo de cáncer:</u> No se encontraron efectos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>BaP</b></li> <li><b>Adultos/as:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Exposición por inhalación: 20x10<sup>-10</sup> (40x10<sup>-10</sup>)*</li> <li>Exposición oral: 0,21x10<sup>-10</sup> (0,41x10<sup>-10</sup>)*</li> <li>Exposición dérmica: 6,0x10<sup>-10</sup> (12x10<sup>-10</sup>)*</li> <li>Riesgo total: 0,26x10<sup>-8</sup> (0,52x10<sup>-8</sup>)*</li> </ul> </li> <li><b>Niños/as:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Exposición por inhalación: 10x10<sup>-10</sup> (20x10<sup>-10</sup>)*</li> <li>Exposición oral: 1,4x10<sup>-10</sup> (2,8x10<sup>-10</sup>)*</li> <li>Exposición dérmica: 14,2x10<sup>-10</sup> (28,4x10<sup>-10</sup>)*</li> <li>Riesgo total: 0,56x10<sup>-8</sup> (1,1x10<sup>-8</sup>)*</li> </ul> </li> </ul> <p>*(Corrección por tiempo promedio – límite superior)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adultos/as: peso 70kg, superficie corporal 1,8m<sup>2</sup>, tasa inhalatoria 20 m<sup>3</sup>/día</li> <li>Niños/as: peso 10kg, superficie corporal 0,5m<sup>2</sup>, tasa inhalatoria 6 m<sup>3</sup>/día</li> <li>Tiempo de exposición en bañistas: 6 h/día por dos meses</li> </ul>



- **Efectos cancerígenos derivados de la exposición ocupacional:**

En cuanto a los estudios realizados sobre los efectos cancerígenos por exposición ocupacional al petróleo, la revisión realizada desde 1998 hasta la actualidad encontró 38 artículos científicos.

Todos ellos consideraron la exposición en plantas petroquímicas. El país con mayores estudios al respecto fue Estados Unidos (US) <sup>(119,120,122-129,132,134,176-186)</sup>.

La fuente de datos de todos los estudios fue secundaria, mayoritariamente registros de mortalidad de cada zona de estudio y datos de las compañías petroleras. Algunos estudios utilizaron registros de cáncer principalmente los realizados en Canadá <sup>(129,187)</sup>, US (algunos estados) <sup>(122,181,185)</sup>, Noruega <sup>(188)</sup> y Australia <sup>(189)</sup>.

Respecto a la medida de asociación utilizada por los artículos originales, 18 utilizaron la razón de mortalidad estandarizada (SMRs), 6 la razón de incidencia estandarizada (SIRs), 6 la odds ratio (OR), 3 la SMRs y SIRs juntas y los estudios restantes el riesgo relativo (RR), SMRs y razón de morbilidad estandarizada (SMbR) juntas y la razón de mortalidad proporcional (RMP).

El tamaño muestral de los estudios encontrados varía de unos a otros, observándose un valor mínimo de 84 personas <sup>(190)</sup> y un máximo de 45.110 personas <sup>(121)</sup>. La mediana del tamaño muestral de conjunto de los artículos encontrados en bibliografía fue de 6.878 personas.

Los resultados encontrados en estos artículos sugieren que los cánceres que con más frecuencia se asocian a la exposición a contaminantes del petróleo son los tumores cerebrales <sup>(126-128,132,176,177,179,180,182,185)</sup>, leucemia <sup>(126,128,132,134,180,182)</sup>, cáncer de próstata <sup>(113,126,132,134,191)</sup>, cáncer de vejiga <sup>(113,187,192)</sup>, mesotelioma <sup>(129,180,189)</sup> y melanoma <sup>(113,121,189,191)</sup>, entre otros. También se han encontrado incrementos significativos en relación con el cáncer de riñón <sup>(128,193)</sup>.

Se han realizado dos meta-análisis por Wong et al. <sup>(191,195)</sup> para los cánceres no-linfohematopoyéticos y linfoma no-Hodgkin. El meta-análisis sobre todos los tipos de cánceres no-linfohematopoyéticos indica el aumento de cáncer de riñón, pero el estudio advierte que se desconoce el agente de exposición responsable <sup>(191)</sup>. El otro meta-análisis, no encontró asociación entre la exposición ocupacional al petróleo y la aparición de dicho cáncer <sup>(195)</sup>.

En el año 1993, se realizó un estudio de revisión relativo al cáncer de riñón en refinerías de Reino Unido durante el periodo 1950-1975 y se encontró un aumento de la mortalidad por cáncer de riñón en conductores con exposiciones de 30-39 años en

los centros de distribución <sup>(194)</sup>. Asimismo, se han encontrado dos revisiones sobre los cánceres del sistema respiratorio y urinario <sup>(196)</sup> y el cáncer de vejiga <sup>(192)</sup>. Los resultados advierten del aumento del cáncer de pulmón y páncreas <sup>(196)</sup> y cáncer de vejiga <sup>(192)</sup>.

En relación a los posibles agentes causantes, un estudio realizado en Suecia sugiere que el aumento de leucemia se debe a la exposición al benceno <sup>(197)</sup>. Sin embargo, otro estudio realizado en Canadá, en el que se trató de relacionar la baja exposición a benceno y la leucemia en los trabajadores encargados de la distribución, no encontró asociación alguna <sup>(198)</sup>.

Varios estudios realizados en refinerías y plantas petroquímicas de Estados Unidos por grandes compañías de petróleo como la Compañía Petrolera Shell, Mobil Oil Corp., Exxon o Chevron-Texaco, no han encontrado asociación alguna entre la exposición ocupacional y el incremento de cánceres <sup>(119,120,123-125,142,184,199-201)</sup>.

En la tabla 9 se resumen los diferentes tipos de efectos carcinogénicos debidos a la exposición ocupacional al petróleo encontrados en la bibliografía desde 1998.

**TABLA 9.** Resumen de los estudios epidemiológicos que relacionan distintos tipos de cáncer y exposición ocupacional al petróleo y/o sus derivados

Autor/a principal (ref)	*Año de publicación Periodo de estudio Localización	Tipo de cáncer	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales Resultados	Resultado/s	Anotaciones
Kirkeleit et al. <sup>(188)</sup>	*2008 1981-2003 Noruega	Leucemia mieloide y mieloma múltiple	27.919 trabajadores/as	- Norwegian Registry of Employers and Employees - Cancer Registry of Norway	RR	Incremento de riesgo de tumores hematológicos en trabajadores/as de plataformas petrolíferas: RR:1,90 IC <sub>95%</sub> 1.19-3.02. Incremento del riesgo de leucemia mieloide RR:2,89 IC <sub>95%</sub> 1,25-6,67 y mieloma múltiple RR:2,49 IC <sub>95%</sub> 1,21-5,13. No se encontraron diferencias en los linfomas no Hodgkin	Tumores hematológicos	Regresión logística ajustada por: edad, género, primer año de contrato y nivel educativo.  Los/as autores/as sugieren que el benceno es la causa más probable de los resultados encontrados.
Pasetto et al. <sup>(202)</sup>	*2008 1960-2002 Sicilia, Italia.	Mortalidad por cáncer de pulmón	6.458 trabajadores hombres	Certificados de muerte	SMRs RR	Exceso de riesgo de cáncer de pulmón en probables residentes en Sicilia: RR:1,66, CI <sub>90%</sub> 1,07–2,58	Cáncer de pulmón	Regresión logística ajustada por: edad, periodo de trabajo, categorización del trabajo.  Empresa petroquímica: Enrico Mattei (presidente de National Boardfor Hydrocarbons)
Bosetti et al. <sup>(196)</sup>	*2007 1990- 2005 Múltiples países	Cáncer del sistema respiratorio y urinario	57 cohortes de diferentes estudios	<b>REVIEW:</b> Medline database	RR a partir de SMRs o SIRs	- Riesgo de cáncer de pulmón: RR:2,58 IC <sub>95%</sub> 2,28–2,92 - Riesgo de cáncer de páncreas RR:1,29, IC <sub>95%</sub> 1,12–1,49	Cáncer de pulmón Cáncer de páncreas	Estudio realizado en: - Industria del carbón, del coque, fundición de hierro y acero, techadores y trabajadores en la combustión de carbón.
Buffler et al. <sup>(178)</sup>	*2007 1957-1999 California, US	Cáncer de cerebro	Casos:15 Trabajadores/as en la exploración y extracción Controles:150 Trabajadores/as de la parte de investigación	- National Death Index (NDI) - California Mortality Files - The Social Security Administration Master Death files - Company benefits records	OR	No se ha encontrado un aumento estadísticamente significativo en relación con el cáncer de cerebro.	No asociación	Trabajadores/as en la extracción y explotación de la empresa ChevronTexaco.

Autor/a principal (ref)	*Año de publicación Periodo de estudio Localización	Tipo de cáncer	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales Resultados	Resultado/s	Anotaciones
Pasetto et al. <sup>(203)</sup>	*2007 1960-2002 Sicilia, Italia	Mortalidad por cáncer	6.458 trabajadores hombres	Certificados de muerte	SMRs	No se encontró un aumento de la mortalidad para los cánceres evaluados (piel, tumores linfáticos y hematopoyéticos, pulmón, riñón, hígado, pleura y vejiga)	No asociación	Empresa petroquímica: Enrico Mattei (presidente de National Boardfor Hydrocarbons)
Baena et al. <sup>(192)</sup>	*2006 1989-1995 Múltiples países	Cáncer de vejiga	¿?	<b>REVIEW:</b> Medline (8 estudios de casos y control)	OR	Se encontró un aumento del riesgo de cáncer de vejiga en los estudios revisados: OR:1,4 IC <sub>95%</sub> 1,27-1,54	Cáncer de vejiga	Con los diferentes estudios se realizó un meta-análisis.  Industria petroquímica
Gun et al. <sup>(189)</sup>	*2006 1981-1999 (Registros hasta 2001) Australia	Mortalidad por cáncer	Cohorte: <b>H:</b> 16.547 <b>M:</b> 1.356	- National Death Index (NDI) - National Cancer Statistics Clearing House (NCSCH)	SMRs SIRs	<b>SIRs:</b> incremento de mesotelioma SIR:1,77 IC <sub>95%</sub> 1,05-2,79), melanoma SIR:1,37 IC <sub>95%</sub> 1,19-1,58) <b>SMRs:</b> no se encontraron diferencias significativas.	Mesotelioma Melanoma	Industria de petróleo <i>Australian Institute of Petroleum (AIP)</i>  Los/as autores/as consideran que el incremento de mesotelioma puede ser debido a la exposición a asbestos.
Buffler et al. <sup>(177)</sup>	*2004 1957-1998 California, US	Mortalidad por cáncer de cerebro	3.779 trabajadores/as	-National Death Index, Social Security - Administration California state mortality files.	SMRs	<u>Cáncer de cerebro:</u> - Empleados de fuera del laboratorio SMRs: 2,3 IC <sub>95%</sub> 1,0-4,5 - Trabajadores contratados durante el periodo 1980-1989 SMRs: 4,6 IC <sub>95%</sub> 1,2-11,7	<i>Conclusiones limitadas:</i> Cáncer de cerebro	Exploración y explotación de petróleo Compañía Petrolera Chevron-Texaco
Gun et al. <sup>(113)</sup>	*2004 1981- 1996 Australia	Mortalidad por cáncer	<b>M:</b> 1.206 <b>H:</b> 15.957	- Australian National Death Index - National Cancer Statistics Clearing House	SMRs SIRs	<b>H:</b> Incidencia de melanoma (SIR: 1,54 IC <sub>95%</sub> 1,30-1,81), cáncer de vejiga (SIR: 0,37 IC <sub>95%</sub> 1,00-0,83) y cáncer de próstata (SIR: 1,19 IC <sub>95%</sub> 1,00-1,40). <b>M:</b> Incidencia de melanoma (SIR: 2,75 IC <sub>95%</sub> 1,42-4,80) y cáncer de vejiga (SIR:7,13 IC <sub>95%</sub> 1,47-20,82).	H: Melanoma, cáncer de vejiga y cáncer de próstata. M: Melanoma y Cáncer de vejiga	Industria de petróleo <i>Australian Institute of Petroleum (AIP)</i>
Huebner et al. <sup>(182)</sup>	*2004 1970-1997 Baton Rouge, Louisiana, y Texas, US	Mortalidad por cáncer	2 cohortes: <b>Baton:</b> 7.637 <b>Baytown:</b> 7.007	Registros de mortalidad de cada estado	SMRs	<b>Baton:</b> incremento de leucemia linfocítica SMR:2,42 IC <sub>95%</sub> 1,16-4,45) y linfoma no Hodgkin SMR:1,47 IC <sub>95%</sub> 0,98-2,11 <b>Baytown:</b> leucemia no linfocítica SMR:2,13 IC <sub>95%</sub> 1,10-3,73 y tumores inespecificos de cerebro y espina dorsal SMR:3,11 IC <sub>95%</sub> 1,01-7,26)	■ Leucemia linfocítica Leucemia no linfocítica ■ Tumores inespecificos de cerebro y espina dorsal.	Esta investigación fue apoyada por Exxon Mobil Corporation.

Autor/a principal (ref)	*Año de publicación Periodo de estudio Localización	Tipo de cáncer	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales Resultados	Resultado/s	Anotaciones
Tsai et al. <sup>(186)</sup>	*2004 1983-1999 Louisiana, US	Cáncer	4.639 trabajadores/as	Louisiana Tumor Registry (LTR) database	SIRs	<b>H:</b> Cáncer de hueso y articulación (SIR: 6,89 IC <sub>95%</sub> 1,42-20,1) <b>M:</b> No se observó un incremento significativo en ninguno de los tipos de cánceres estudiados.	Cáncer de hueso y articulaciones	Petroquímica <i>Compañía Petrolera Shell</i>
Ugnat et al. <sup>(187)</sup>	*2004 1994-1997 Canadá	Cáncer de vejiga	Casos: 549 Control: 1.099	Datos de cáncer de las provincias del este de Canadá	OR	Incremento de cáncer de vejiga: - Exposición a asbestos OR‡: 1,69 IC <sub>95%</sub> 1,07-2,65 - Exposición al minerales, lubricantes de petróleo OR‡: 1,64 IC <sub>95%</sub> 1,06-2,55 - Exposición a bencidina OR‡: 2,20 IC <sub>95%</sub> 1,00-4,87	Cáncer de vejiga para determinadas exposiciones	‡Regresión logística ajustada por: edad, años de exposición, provincia de residencia, educación, paquete/años de consumo de tabaco, consumo de café y té.
Glass, DC. et al. <sup>(190)</sup>	*2003 1981-1999 Australia	Cáncer linfomato-poyético	- Casos: 79 - Controles: 5	Australian petroleum industry monitoring data	OR	No se encuentra asociación alguna entre la exposición a benceno y Mieloma múltiple o linfoma no Hodgkin.	No asociación	Los autores consideran que el benceno es la posible causa del aumento del riesgo de leucemia
Lewis et al. <sup>(118)</sup>	*2003 1964-1994 Canadá	Mortalidad y morbilidad por cáncer	25.292 trabajadores/as	Canadian tumour registry and national mortality database	SMRs SIRs	<b>H:</b> Se observó un incremento del cáncer de vesícula. (SMR: 4,3 IC <sub>95%</sub> 1,2- 11,0). <b>M:</b> No se observó un incremento significativo en ninguno de los tipos de cánceres estudiados ni para las SMRs ni para las SIRs.	<b>H:</b> Cáncer de vesícula biliar. <b>M:</b> No asociación	Industria de Petróleo <i>Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.</i>
Tsai et al. <sup>(119)</sup>	*2003 1973-1999 Louisiana, US	Mortalidad y morbilidad	4.221 trabajadores/as	Shell Oil Company's health surveillance system (HSS)	SMRs SMbRs	No se observó un incremento significativo en ninguno de los tipos de cánceres estudiados.	No asociación	Refinería e industria petroquímica <i>Compañía Petrolera Shell</i>
Satin et al. <sup>(120)</sup>	*2002 1950-1995 California, US	Mortalidad por cáncer	18.512 trabajadores/as	- Social Security Administration's Death Master File - National Center for Health Statistics' National Death Index	SMRs	<b>H:</b> No se observó un incremento significativo en ninguno de los tipos de cánceres estudiados. <b>M:</b> No se observó un incremento significativo en ninguno de los tipos de cánceres estudiados.	No asociación	Refinería <i>Compañía Petrolera Chevron-Texaco</i>

Autor/a principal (ref)	*Año de publicación Periodo de estudio Localización	Tipo de cáncer	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales Resultados	Resultado/s	Anotaciones
Sorahan et al. <sup>(121)</sup>	*2002 1951-1998 United Kingdom	Mortalidad por cáncer	- 28.630 trabajadores/as de refinerías - 16.480 trabajadores/as distribución del petróleo	The National Health Service Central Register of the Office for National Statistics and the General Register Office for Scotland	SMRs	<u>Para trabajadores de la refinería:</u> Incremento significativo de cáncer de vesícula (SMR:1,7 IC <sub>95%</sub> 1,0- 2,6), cáncer de pleura (SMR: 2,5 IC <sub>95%</sub> 1,8-3,5), melanoma (SMR: 1,6 IC <sub>95%</sub> 1,1-2,2)  <u>Para trabajadores de distribución de petróleo:</u> No se observó ningún incremento significativo en los tipos de cánceres estudiados	Cáncer de vesícula Cáncer de pleura Melanoma	Refinería Distribución petrolera <i>England and Wales oil refineries and petroleum distribution</i>
Beall et al. <sup>(176)</sup>	*2001 1970-1998 US	Tumores intracraneales	2.250 trabajadores/as	Amoco Research Center (ARC)	OR	<b>Gliomas:</b> - Exposición de radiación ionizante OR: 15,7 IC <sub>95%</sub> 1,4-179,4 - Exposición a n-hexano OR:∞ IC <sub>95%</sub> 1,4 -∞ - Exposición a Organometálicos OR: 9,4 IC <sub>95%</sub> 1,5-59,7 - Exposición de aminas y otras nitrosamianas OR: 6,0 IC <sub>95%</sub> 1,0-35,7 - Uso de radiación ionizante OR:9,6 IC <sub>95%</sub> 1,7-55,2 - Uso potencial de n-hexano durante al menos 4 años OR:16,2 IC <sub>95%</sub> 1,1-227,6 <b>Tumores benignos intracraneales:</b> - Para la exposición de radiación ionizante OR: 5,4 IC <sub>95%</sub> 1,7-43,1 - Para la exposición de otras aminas OR:5,2 IC <sub>95%</sub> 0,9-29,5	Gliomas y tumores benignos intracraneales	Industria Petroquímica <i>Empresa Petrolera BP-Amoco Corporation.</i>  Los resultados carecen de una identificación específica de agentes causales
Rodu et al. <sup>(122)</sup>	*2001 1970-1996 Illinois, US	Mortalidad por cáncer	6.956 trabajadores/as	Illinois State Cancer Registry	SMRs	- Aumento del 69 % de muertes de cáncer colorrectales (SMR:1,74 IC <sub>95%</sub> 1,06-2,69) - Aumento de muertes de cáncer en hombres blancos >65 años (SMR: 2,21 IC <sub>95%</sub> 1,18-3,78) - Aumento de muertes de cáncer en trabajadores de los `70 en el Centro de Investigación de la empresa (SMR:1,89 IC <sub>95%</sub> 1,16-2,92). - Aumento del cáncer de recto (SMR:2,97 IC <sub>95%</sub> 1,09-6,46).	H: Cáncer colorrectal y cáncer de recto	Instalación Petroquímica <i>Empresa Petrolera BP-Amoco Corporation</i>

Autor/a principal (ref)	*Año de publicación Periodo de estudio Localización	Tipo de cáncer	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales Resultados	Resultado/s	Anotaciones
Sathiakumaret al. <sup>(185)</sup>	*2001 1970-1996 Illinois, US	Cáncer	5.641 trabajadores/as	Illinois State Cancer Registry	SIRs	-Incremento del cáncer de cerebro en científicos o técnicos (SIR: 7,50 IC <sub>95%</sub> 2,75-16,33 - Incremento incidencia cáncer de tiroides (SIR:2,65 IC <sub>95%</sub> 1,06-5,46)	Cáncer de cerebro y cáncer de tiroides	Instalación Petroquímica Empresa Petrolera BP-Amoco Corporation
Tsai et al. <sup>(123)</sup>	*2001 Mortalidad: 1973-1998 Morbilidad 1990-1998 California, US	Mortalidad y morbilidad por cáncer	2.728 trabajadores/as	Shell Oil Company's Health Surveillance System (HSS)	SMRs SMbRs	No se observó un incremento significativo en ninguno de los tipos de cánceres estudiados.	No asociación	Refinería Compañía Petrolera Shell
Wong et al. <sup>(124)</sup>	*2001 1960-1997 California, US	Mortalidad por cáncer	3.328 trabajadores/as	- Social Security Administration's Death Master File - National Death Index	SMRs	No se observó un incremento significativo en ninguno de los tipos de cánceres estudiados.	No asociación	Refinería Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.
Wong et al. <sup>(125)</sup>	*2001 1946-1996 Beaumont, Texas, US	Mortalidad por cáncer	7.543 trabajadores/as	- Social Security Administration's Death Master File - National Death Index	SMRs	No se observó un incremento significativo en ninguno de los tipos de cánceres estudiados.	No asociación	Refinería Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.
Divine et al. <sup>(126)</sup>	*2000 1946-1994 US	Mortalidad por cáncer	24.124 trabajadores/as	Los datos fueron extraídos de la base de datos de Divine y Barron (144)	SMRs	<b>H:</b> incremento del riesgo de cáncer de próstata en hombres blancos (SMR:1,19 IC <sub>95%</sub> 1,00-1,41) Este riesgo fue significativamente mayor para aquellos cuyo primer empleo fue anterior a 1940 (SMR: 1,28 IC <sub>95%</sub> 1,00-1,61), para aquellos que trabajaron durante más de 20 años (SMR: 1,29 IC <sub>95%</sub> 1,07-1,55) y para aquellos cuya tarea era el mantenimiento (SMR: 1,54 IC <sub>95%</sub> 1,03-2,21). - Aumento de la mortalidad por cáncer del cerebro, del sistema nervioso central y por cáncer de otro tejido linfático. - Aumento significativo la leucemia mieloide aguda que fue restringida para población con primer empleo anterior a 1940 y empleo en tuberías de más de 30 años. <b>M:</b> incremento del cáncer de intestino grueso (SMR: 1,97 IC <sub>95%</sub> 1,05-3,37).	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cáncer de próstata</li> <li>▪ Cáncer de cerebro</li> <li>▪ Cáncer del sistema nervioso central</li> <li>▪ Cáncer de "Otro" tejido linfático</li> <li>▪ Leucemia</li> <li>▪ Cáncer de intestino grueso</li> </ul>	Industria Petrolera Compañía Petrolera Chevron-Texaco

Autor/a principal (ref)	*Año de publicación Periodo de estudio Localización	Tipo de cáncer	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales Resultados	Resultado/s	Anotaciones
Gamble et al. <sup>(127)</sup>	*2000 1970-1992 US	Mortalidad por cáncer	6.238 trabajadores/as retirados/as	Exxon data base	SMRs	- Aumento estadísticamente significativo de los cánceres de naturaleza inespecífica del ojo, cerebro y sistema nervioso (SMR: 2,54 IC <sub>95%</sub> 1,22-4,66). - Aumento de los cánceres de otros tejidos linfohematopoyéticos (SMR: 1,37 IC <sub>95%</sub> 1,00-1,92) y otros cánceres malignos (SMR: 1,24 IC <sub>95%</sub> 1,00-1,52)	Cánceres inespecíficos de ojo, cerebro y Sistema nervioso, cánceres de otros tejidos linfohematopoyéticos y otros cánceres malignos.	Refinería y planta petroquímica  <i>Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.</i>
Huebner et al. <sup>(181)</sup>	*2000 1983-1994 Louisiana, US	Tumores linfohemato-poyéticos	8.942 trabajadores/as	Louisiana Tumour Registry	SIRs	- No se ha encontrado un exceso de tumores linfohematopoyéticos - Aumento de los tumores linfohematopoyéticos para aquellos cuyo primer empleo fue anterior a 1950 (SIR: 1,40 IC <sub>95%</sub> 1,01-1,88) - Para aquellos con primer trabajo posterior a 1950 (SIR: 0,76 IC <sub>95%</sub> 0,39-1,33)	1 <sup>er</sup> Empleo < 1950 Tumor Linfohematopoyéticos  1 <sup>er</sup> Empleo ≥ 1950 <b>No asociación</b>	Industria Petrolera  <i>Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.</i>
Lewis et al. <sup>(128)</sup>	*2000 1970-1982 US	Mortalidad por cáncer	19.075 trabajadores/as	- Social Security Administration's Death Master File - National Death Index	SMRs	En este estudio se observó un incremento significativo de cáncer de riñón (SMR: 1,44 IC <sub>95%</sub> 1,00-2,00), cáncer linfático y hematopoyético combinado (SMR: 1,22 IC <sub>95%</sub> 1,01-1,46), leucemia (SMR: 1,50 IC <sub>95%</sub> 1,13-1,95), cánceres benignos e inespecíficos (SMR: 1,82 IC <sub>95%</sub> 1,14-2,76), cáncer de naturaleza inespecífica de ojo, cerebro y sistema nervioso (SMR: 2,40 IC <sub>95%</sub> 1,28-4,10).  El riesgo significativo de cada uno de los cánceres estudiados es diferente según la zona de estudio.	Cáncer de riñón, cáncer linfático y hematopoyético, leucemia, cánceres benignos e inespecíficos, cánceres de naturaleza inespecífica de ojo, cerebro y sistema nervioso.	Refinería y Planta Petroquímica  <i>Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.</i>
Lewis et al. <sup>(129)</sup>	*2000 1964-1983 Canadá	Mortalidad por cáncer	34.560 trabajadores/as	Canadian mortality data base	SMRs	- Para la industria petrolera en general, el SMRs de varios tipos de cáncer (riñón, colon, cerebro o linfomas fueron cercanas a la unidad) - <b>Mesotelioma:</b> Para la refinería y la industria petroquímica: • 1964-83: SMR: 7,50 IC <sub>95%</sub> 2,75-16,32 • 1984-94: SMR: 9,14 IC <sub>95%</sub> 5,32-14,63 • 1964-94: SMR: 8,68 IC <sub>95%</sub> 5,51-13,03	Mesotelioma	Compañía Petrolera: Refinería e industria petroquímica  <i>Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.</i>
Wong et al. <sup>(195)</sup>	*2000 1937-1996 Múltiples países	Linfoma no-Hodgkin	308.000 trabajadores/as	<b>META-ANÁLISIS</b>	SMRs	El resultado indicó que los trabajadores del petróleo no tenían un riesgo elevado de Linfoma no Hodgkin como consecuencia de su exposición al benceno u otros productos de petróleo que contienen benceno en su ambiente de trabajo.	<b>No asociación</b>	META-ANÁLISIS: Industria del petróleo



Autor/a principal (ref)	*Año de publicación Periodo de estudio Localización	Tipo de cáncer	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales Resultados	Resultado/s	Anotaciones
Wong et al. <sup>(191)</sup>	*2000 Múltiples países	Cáncer no-linfomatoso	350.000 trabajadores/as	META-ANÁLISIS	SMRs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cáncer de estómago, intestino delgado, hígado, páncreas, pulmón, vejiga, cerebro y sistema nervioso central : la revisión individual de los estudios indica que no hay riesgo significativo</li> <li>- Cáncer de piel: algunos estudios muestran melanoma</li> <li>- Cáncer de próstata: algunos estudios muestran un aumento del riesgo de cáncer próstata</li> <li>- Cáncer de riñón: algunos estudios muestran un incremento de la incidencia de cáncer de riñón.</li> </ul>	Cáncer de piel (Melanoma) Cáncer de próstata Cáncer de riñón	<b>Industria del petróleo:</b> refinерías, extracción de crudo y distribución.  <i>Compañías Petroleras, Amoco, Chevron, Exxon, Mobil, Shell, Texaco, Imperial Oil, Neste Group, Italian Petroli</i>
Consonni et al. <sup>(131)</sup>	*1999 1949–1982 Italia	Mortalidad por cáncer	1.583 trabajadores/as	Historiales ocupacionales individuales de la refinерía	SMRs	Se observaron únicamente un incremento de los tumores linfáticos y hematopoyéticos. (SMR: 1,79 IC <sub>95%</sub> 1,00-2,95) significativamente mayores cuando la durabilidad del trabajo era mayor de 15 años.	Tumores linfáticos y hematopoyéticos	Refinería  <i>Italian Oil Refinery</i>
Delzell et al. <sup>(179)</sup>	*1999 1970-1997 Illinois, US	Tumores intracraneales	6.800 trabajadores/as	Amoco Research Center (ARC)	SIRs	Incremento del cáncer cerebral en los trabajadores masculinos de una de las instalaciones (SIR: 3,5 IC <sub>95%</sub> 1,3-7,7), así como en las instalaciones químicas (SIR: 2,6 IC <sub>95%</sub> 1,0-5,6) el Centro de Investigación de la empresa petrolera.	H: cáncer cerebral	Instalación Petroquímica  <i>Empresa Petrolera BP-Amoco Corporation.</i>
Divine et al. <sup>(180)</sup>	*1999 1947-1993 US	Mortalidad por cáncer	28.840 trabajadores/as	<i>Chevron-Texaco</i> database United States mortalities	SMRs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se observó un incremento de la <u>mortalidad por mesotelioma</u> en la cohorte total (SMR: 2,97 IC<sub>95%</sub> 2,16-3,99)</li> <li>- <u>Cáncer de cerebro:</u> incremento en los empleados de laboratorio (SMR: 1,85 IC<sub>95%</sub> 1,03-3,05) y los empleados encargados de motores (SMR: 3,26 IC<sub>95%</sub> 1,40-6,43)</li> <li>- Se encontraron excesos significativos para <u>la leucemia aguda inespecífica</u> (SMR: 2,76 IC<sub>95%</sub> 1,55-4,55) y <u>para la leucemia, del tipo de célula inespecífica</u>, (SMR: 2,31 IC<sub>95%</sub> 1,29-3,81).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mesotelioma</li> <li>▪ Cáncer de cerebro</li> <li>▪ Leucemia aguda inespecífica</li> <li>▪ Leucemia de célula inespecífica</li> </ul>	<i>Compañía Petrolera Chevron-Texaco</i>
Lewis et al. <sup>(183)</sup>	*1999 1964-1986 USA	Cáncer linfomatoso	13.188 trabajadores/as	New Jersey-Exxon database	SMRs	No se encontró aumento estadísticamente significativo.	No asociación	<i>Compañía Petrolera Exxon</i>

INTRODUCCIÓN

Autor/a principal (ref)	*Año de publicación Periodo de estudio Localización	Tipo de cáncer	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales Resultados	Resultado/s	Anotaciones
Rosamilia et al. <sup>(184)</sup>	*1999 1946-1987 Texas, US	Cáncer de pulmón	- Casos: 112 - Control: 490	Mobil Oil Corp. database	OR	No se observó un incremento significativo en ninguno de los tipos de cánceres estudiados.	No asociación	Refinería Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.
Dement et al. <sup>(132)</sup>	*1998 1940-1993 Texas, US	Mortalidad proporcional por cáncer	2.985 trabajadores hombres	Los datos principales fueron sacados del estudio de Thomas et al. <sup>(145)</sup> que fueron obtenidos del National Cancer Institute.	PMRs	Exceso de los cánceres de labios (PMR: 3,89), estómago (PMR: 1,42), hígado (PMR: 2,38), páncreas (PMR: 1,51), tejido conectivo (PMR: 2,43), próstata (PMR: 1,35), ojos (PMR: 4,07), cáncer cerebral y de otras partes del sistema nervioso (PMR: 1,81), cánceres benignos e inespecíficos (PMR: 2,89) y leucemia (PMR: 1,75).  Específicamente, este aumento se observó <u>En trabajadores activos</u> : cáncer de estómago, intestino (excepto recto), hígado, cerebro y cánceres benignos e inespecíficos. <u>En trabajadores retirados</u> : sistema respiratorio, tejido conectivo, próstata, cánceres benignos e inespecíficos, leucemia y otros cánceres del sistema hematopoyético y linfático.	Cáncer de labios, estómago, hígado, páncreas, tejido conectivo, próstata, ojos, cerebro, otras partes del sistema nervioso, leucemia y cánceres benignos.	Refinerías OCAW
Pukkala et al. <sup>(193)</sup>	*1998 1971-1994 Finlandia	Cáncer	<b>H:</b> 7.512 <b>M:</b> 1.942	Registros de Finlandia	SIRs	<b>H:</b> La incidencia de cáncer de riñón (SIR: 1,97 IC <sub>95%</sub> 1,29-2,88). Con un mínimo de 5 años trabajados, esta incidencia aumenta hasta SIR: 2,39 IC <sub>95%</sub> 1,37-3,88. Se observó también en obreros un pequeño exceso de linfoma no Hodgkin (SIR: 2,01 IC <sub>95%</sub> 1,00-3,59). <b>M:</b> incidencia de cáncer de pecho estadísticamente significativa SIR: 1,50 IC <sub>95%</sub> 1,05-2,08). Este riesgo se incrementa a medida que aumenta el periodo de tiempo desde que se comenzó el trabajo.	<b>H:</b> Cáncer de riñón y cáncer de Linfoma no Hodgkin <b>M:</b> Cáncer de pecho	Refinería Refinería de petróleo finlandesa

Autor/a principal (ref)	*Año de publicación Periodo de estudio Localización	Tipo de cáncer	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de Riesgo	Principales Resultados	Resultado/s	Anotaciones
Raabe et al. <sup>(134)</sup>	*1998 1945-1987 Texas, US	Mortalidad por cáncer	7.119 trabajadores/as	Mobil Oil Corp. Database. United States mortalities	SMRs	<p>- Incremento significativo de los cánceres linfáticos y hemapopoyéticos (SMR: 1,33 IC<sub>95%</sub> 1,03-1,70) así como cánceres de otros tejidos linfáticos (SMR: 1,58 IC<sub>95%</sub> 1,01-2,35).</p> <p>En el estudio por categorías de trabajo se observó que los trabajadores de mantenimiento: incremento de cáncer de próstata (SMR: 1,45 IC<sub>95%</sub> 1,07-1,94), leucemia (SMR: 1,79 IC<sub>95%</sub> 1,11-2,73) y otros cánceres de tejidos linfáticos (SMR: 2,33 IC<sub>95%</sub> 1,38-3,68).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cáncer Linfático</li> <li>▪ Cáncer hematopoyético</li> <li>▪ Cáncer de "otros" tejidos linfáticos.</li> </ul> <p>Mantenimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cáncer de próstata</li> <li>▪ Leucemia</li> <li>▪ Cáncer de "otros" tejidos linfáticos.</li> </ul>	<p>Industria petrolera</p> <p><i>Compañía Petrolera Mobil Oil Corp.</i></p>

- **Efectos cancerígenos derivados de la exposición residencial**

Se han realizado diversas investigaciones para estudiar el efecto de la exposición al petróleo y/o a sus componentes y el incremento del riesgo de cáncer en personas residentes cerca de la industria del petróleo.

La revisión realizada desde 1998 hasta la actualidad, reportó 15 artículos científicos (204-218). En 9 de ellos (205,206,209-211,213,216-218), se consideró como fuente de exposición las plantas petroquímicas y en los 6 restantes (204,207,208,212,214,215) la extracción en los campos petrolíferos. Los países donde se han realizado mayores investigaciones al respecto fueron Taiwán (205,206,209,210,216,218) y Ecuador (204,212,214,215).

El tipo de datos que se utilizaron en estos estudios fueron secundarios (registros), excepto para dos en los que además de datos secundarios incluyeron una encuesta (213) y un análisis histopatológico (215). Cuatro estudios utilizaron registros nacionales o regionales de cáncer: Croacia (207), US (213), Ecuador (212,214). El resto parten de datos estadísticos o registros médicos.

Respecto a la medida de asociación utilizada por los artículos encontrados, 6 utilizaron la odds ratio (OR) (205,206,209-211,218), 3 el riesgo relativo (RR) (204,212,214), 2 utilizaron la razón de mortalidad estandarizada (SMRs) (213,216), 2 la razón de incidencia estandarizada (SIRs) (207,215) y los dos restantes utilizan la incidencia (208) y la tasa de observados/esperados (217).

Los datos utilizados para la comparación, excepto para los estudios de casos y controles, provienen de los registros de mortalidad (zonal o estatal) de zonas no contaminadas. Esto genera variaciones en el tamaño muestral por diferencias en el tamaño de la zona seleccionada, la densidad de población de las muertes por cáncer encontradas, etc.

Existe gran heterogeneidad en los diseños, tamaños muestrales y calidad metodológica de los estudios revisados. Esto dificulta en gran medida la comparabilidad de sus hallazgos, pero sí que de su lectura se derivan algunos datos importantes. Los resultados encontrados en estos estudios sugieren un aumento de cáncer en las zonas expuestas a contaminación por petróleo. Los principales cánceres hallados fueron leucemia (207,209) (incluida la leucemia infantil (206,212)) y otros cánceres como tumores cerebrales (205), tumores linfohematopoyéticos (207), melanoma (214) y pulmón (216).

Sin embargo, dentro de la revisión realizada también se observa una elevada proporción (6 de 15 estudios) de estudios que no han encontrado asociación entre la exposición y el aumento de cánceres (204,210,211,213,217,218).

En la tabla 10, queda recogida toda la información relevante de los artículos encontrados en la revisión bibliográfica sobre exposición residencial a los compuestos petrolíferos y efectos cancerígenos.

**TABLA 10.** Resumen de los estudios epidemiológicos que relacionan cáncer y exposición residencial a la industria del petróleo

Autor/a principal (ref)	*Año de publicación Periodo de estudio Localización	Tipo de Exposición	Tipo de Cáncer	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de riesgo	Principales resultados	Resultado	Anotaciones
Kelsh, M. et al. <sup>(204)</sup>	*2009 1990-2005 Ecuador	Residencial: campos petrolíferos en exploración y explotación	Cáncer	Exp: 7.622 NO Exp: 7.713	Instituto Nacional del Estadística y Censos (INEC) de Ecuador	RR	No hay evidencias de un incremento de la tasa de mortalidad por cáncer: Asimismo, el riesgo relativo estimado fue menor que la mayoría de las muertes por cáncer individual.	No asociación	El estudio fue financiado por la petrolera Chevron (Texaco). No se consideraron variables de ajustes para la regresión logística.
Liu et al. <sup>(205)</sup>	*2008 1995-2005 Taiwán	Residencial: planta petroquímica. Contaminación del aire.	Cáncer de cerebro (≤29 años)	Casos: 340 Controles: 340	Bureau of Vital Statistics de Taiwan Provincial Department of Health	OR	Sujetos ≤29 años que viven en las zonas de alta exposición a la contaminación atmosférica de la petroquímica tienen un incremento del riesgo de desarrollar cáncer de cerebro: OR±:1,65 IC <sub>95%</sub> 1,00-2,73	Cáncer de cerebro (≤29 años)	±Regresión logística ajustada por: edad, género, urbanización – nivel de residencia y nivel de exposición a la contaminación atmosférica de la petroquímica.
Weng et al. <sup>(206)</sup>	*2008 1995-2005 Taiwán	Residencial: planta petroquímica. Contaminación del aire.	Leucemia infantil (≤19 años)	Casos: 405 Control: 405	Bureau of Vital Statistics de Taiwan Provincial Department of Health	OR	Sujetos ≤19 años que viven en las zonas de alta exposición a la contaminación atmosférica de la petroquímica tienen un incremento del riesgo de desarrollar leucemia: OR±:1,66 IC <sub>95%</sub> 1,10-2,51	Leucemia infantil	±Regresión logística ajustada por: edad, género, urbanización – nivel de residencia y nivel de exposición a la contaminación atmosférica de no petroquímica.
Gazdek et al. <sup>(207)</sup>	*2007 1971-1980 1981-2000 Croacia	Residencial: campos petrolíferos de gas y petróleo	Cáncer linfohematopoyético	803 casos nuevos	Croatian Cancer Registry de Croatian National Institute of Public Health in Zagreb.	SRRs: SIRs	Incremento de las incidencias para todos los cánceres linfohematopoyéticos y todas las leucemias por edad y sexo.	■Cáncer linfohematopoyético ■Leucemias	
Omoti <sup>(208)</sup>	*2006 1990-2003 Delta del Níger, Nigeria	Residencia: campos petrolíferos de gas y petróleo	Linfoma	Casos: M: 135 H: 70	University of Benin Teaching Hospital, Nigeria	Incidencia	Existe asociación significativa entre el linfoma y el estado civil, residencia geográfica, educación y estado ocupacional. Vivir en el delta donde se sitúa industria petroquímica y de gas puede ser un factor de riesgo para el desarrollo de linfoma.	Linfoma	La evaluación a la exposición de la industria petrolífera se hizo en función del lugar de residencia. Se vieron diferencias en función de la residencia aunque la distribución espacial de la población de estudio se centraba en la zona petrolífera.

Autor/a principal (ref)	*Año de publicación Periodo de estudio Localización	Tipo de Exposición	Tipo de Cáncer	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de riesgo	Principales resultados	Resultado	Anotaciones
Yu et al. <sup>(209)</sup>	*2006 1997-2003 Taiwán	Residencial: planta petroquímica.  Contaminación del aire.	Leucemia (≤29 años)	Casos: 171 Controles: 410	Department of Health de Kaohsiung (Kaohsiung Medical University Hospital)	OR	- No asociación en los grupos más jóvenes (0-19 años) - Aumento del riesgo de leucemia para el grupo de (20-29 años) OR±:1,54 IC <sub>95%</sub> 1,14- 2,09	Leucemia (20-29 años)	±Regresión logística ajustada por: educación materna, habito tabáquico (0-19 años) y también nivel educativo (20-29 años)  Potenciales confusores: pesticidas
Yu et al. <sup>(210)</sup>	*2005 1997-2003 Taiwán	Residencial: planta petroquímica.  Contaminación del aire.	Cáncer de cerebro	Casos: 143 Controles: 364	Personal identification number system de Taiwanese government.	OR	No se encontró aumento del riesgo de padecer cáncer de cerebro.	No asociación	Potenciales confusores: pesticidas
Belli et al. <sup>(211)</sup>	*2004 Brindisi, Italia	Residencial: planta petroquímica.	Cáncer de pulmón, pleura, vejiga y tumores hematopoyéticos	Casos: 144 Controles: 176	-Registry Offices -Local health authority	OR	No se encontró un aumento del riesgo de padecer ninguno de los cánceres estudiados.	No asociación	±Regresión logística ajustada por: habito tabáquico, nivel educación materna (para sujetos de 0-19 años), nivel educativo (20-29 años) y diagnóstico de irradiación.
Huting et al. <sup>(212)</sup>	*2004 1985-2000 Ecuador	Residencial: campos petrolíferos en exploración y explotación	Leucemia infantil (0-14 años)	<b>Casos:</b> 91 niños/as	Registro de Cáncer Nacional de Ecuador, Quito.	RR	Elevados riesgos relativos: Niños/a (0-4 años) en ambos sexos RR:3,48 IC <sub>95%</sub> 1,25-9,67 Para todos los grupos de edad en mujeres RR:2,60 IC <sub>95%</sub> 1,11-6,08 y para ambos sexos RR:2,56 IC <sub>95%</sub> 1,35-4,86	Leucemia infantil	No se consideraron variables de ajustes para la regresión logística
Neuberger et al. <sup>(213)</sup>	*2003 1979-2001 Missouri, US	Residencial: refinería	Mortalidad por cáncer de cerebro (glioma)	<b>Casos:</b> 111	- Missouri Cancer Register - Gracelan University - Entrevistas	SMRs	No se encontró incremento significativo de cáncer de cerebro.	No asociación	

Autor/a principal (ref)	*Año de publicación Periodo de estudio Localización	Tipo de Exposición	Tipo de Cáncer	Tamaño muestral	Fuente de datos	Medida de riesgo	Principales resultados	Resultado	Anotaciones
Hurtig et al. <sup>(214)</sup>	*2002 1985-1998 Ecuador	Residencial: campos petrolíferos en exploración y explotación	Cáncer	<b>Casos:</b> <b>M:</b> 288 <b>H:</b> 185	Registro de Cáncer Nacional de Ecuador, Quito.	RR	Elevados riesgos relativos: - <b>H:</b> cáncer de estómago, recto melanoma, tejido subcutáneo y riñón. - <b>M:</b> cuello de útero y linfomas - Población menor de 10 años: cáncer hematopoyéticos	<b>H:</b> cáncer de estómago, recto melanoma, tejido subcutáneo y riñón. <b>M:</b> cuello de útero y linfomas - >10 años: cáncer hematopoyéticos -cos	‡Regresión logística ajustada por: edad
San Sebastian et al. <sup>(215)</sup>	*2001 1989-1998 Ecuador	Residencial: campos petrolíferos en exploración y explotación	Cáncer	1.000 personas (8 casos)	Se elaboró una lista preliminar con los casos y se incluyeron los que dieron positivo en el diagnóstico histopatológico	SIRs	- Exceso de todos los cánceres para hombres SIR 2,26 IC <sub>95%</sub> 0,97-4,46 - Exceso de muertes para todos los cánceres SIR 3,6 IC <sub>95%</sub> 1,31-7,81	Todo tipo de cáncer	
Yang et al. <sup>(216)</sup>	*2000 1971-1996 Taiwán	Residencial: planta petroquímica. Contaminación del aire.	Cáncer de pulmón femenino	¿?	Bureau of Vital Statistics de Taiwan Provincial Department of Health	SMRs	Los resultados del estudio muestran un aumento gradual del cáncer de pulmón en mujeres después de los 30 a 37 años del inicio de las operaciones de la refinería.	Cáncer de pulmón femenino	
Wilkinson et al. <sup>(217)</sup>	*1999 1974-1991 Gran Bretaña	Residencial: 0- 2 km y 0-7,5 km de refinería de petróleo	Cáncer linfomato-poyético	<b>Casos:</b> 3.827	Small Area Health Statistics Unit postcoded health database.	Tasa observados/ esperados	No se encontró asociación estadísticamente significativa en los aumentos de cáncer y la residencia cercana a las refinerías de petróleo. Ligera asociación fue encontrada respecto a la enfermedad de Hodgkin y las proximidades a la mayor planta petroquímica del país.	No asociación	
Yang et al. <sup>(218)</sup>	*1999 1990-1994 Taiwán	Residencial: planta petroquímica. Contaminación del aire.	Cáncer de pulmón femenino	<b>Casos:</b> 548 mujeres	-Bureau of Vital Statistics de Taiwan Provincial Department of Health -Contaminación atmosférica	OR	No se encontró asociación estadísticamente significativa en los aumentos de cáncer de pulmón en mujeres y la residencia en comunidades con contaminación atmosférica procedente de las refinerías de petróleo.	No asociación	No se consideraron variables de ajustes para la regresión logística



## 2.3 SITUACIÓN DE BOLIVIA RESPECTO A LA INDUSTRIA PETROLERA

Bolivia es la segunda reserva de gas más importante de América Latina y Caribe después de Venezuela, y la octava junto con Guatemala de petróleo crudo según las últimas publicaciones de la Asociación de Empresas de Petróleo y Gas de América Latina y el Caribe (ARPEL) constituida por todas las empresas e instituciones que operan en América Latina y el Caribe.

El país cuenta con unas reservas probadas de 465,2 millones de barriles de petróleo condensado y 391,4 probables y 26,7 trillones de pies cúbicos de reservas probadas y 22 probables de gas natural <sup>(219)</sup>.

A su vez, esta riqueza natural contrasta con el bajo nivel de desarrollo humano y económico de un país donde el 63% de la población vive por debajo del umbral de la pobreza y el 35% no puede ni siquiera cubrir sus necesidades alimenticias <sup>(220)</sup>.

El pago de Impuestos a los Hidrocarburos reportados en el año 2005, en el que se incluyen las propias regalías<sup>4</sup>, fue de 877,68 millones de dólares <sup>(221)</sup>. El principal receptor del monto económico procedente de los hidrocarburos es el Tesoro General de la Nación (TGN) seguido por las Prefecturas de los Departamentos productores, que se llevan cerca del 78% del valor recibido. El resto es repartido entre el Fondo de Pensiones, Prefecturas de los departamentos no productores, municipios, universidades, y Yacimientos Petrolíferos Fiscales de Bolivia (YPFB) <sup>(222)</sup>.

Como ya anunciaba en su informe Intermón Oxfam-**medic**mundi en mayo de 2004 <sup>(220)</sup>, “Este enorme potencial de riqueza reporta sin embargo muy poco al pueblo boliviano, principalmente porque la contribución del sector de hidrocarburos al TGN a través de las regalías e impuestos ha caído drásticamente desde el año 1996, fecha en la que se capitalizó la empresa estatal de hidrocarburos YPFB, y se reformó la Ley de Hidrocarburos”.

Las principales empresas extranjeras que actualmente controlan la mayor parte de las reservas bolivianas son Petrobrás, Total, Maxus y Repsol YPF, que tienen el derecho de explotación sobre el 80 por ciento de las reservas del país. Las empresas Chaco y Andina, administradas por las transnacionales BP y Repsol YPF controlan el 15 por ciento de las reservas totales del país.

---

<sup>4</sup> Regalías: Compensación económica obligatoria pagadera al Estado, en dinero o en especie, en favor de los Departamentos productores por la explotación de sus recursos naturales no renovables. Ley de Hidrocarburos (Ley N° 3058 del 17 de mayo 2005).

### 2.3.1 HISTORIA DEL PETRÓLEO EN BOLIVIA

La historia del petróleo en Bolivia ha estado bañada de numerosos eventos que han marcado el contexto socioeconómico de uno de los países más pobres de América Latina y a la vez más ricos en cuanto a recursos naturales.

Desde las gestiones de perforación del primer pozo en 1913 por Luís Lavandenz y la concesión recibida de un millón de hectáreas para la exploración de petróleo <sup>(223)</sup> hasta el complejo proceso de nacionalización de los hidrocarburos que está viviendo en la actualidad Bolivia, se han sucedido distintos procesos de nacionalización, creación y derogación de distintas normativas, concesiones de explotación a capital extranjero, etc. <sup>(224)</sup>.

Estos acontecimientos, junto a la historia política y cultural boliviana, han creado las bases para entender el contexto actual <sup>(225)</sup>.

Desde enero de 2006 se aplica en Bolivia una nueva visión acerca de la administración y gestión de los hidrocarburos. El 1 de mayo del mismo año, el gobierno del Presidente de la República, Evo Morales Ayma, nacionalizó los hidrocarburos y restituyó el dominio del Estado sobre sus riquezas petrolíferas.

La nacionalización supuso la recuperación pública de la empresa estatal Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB) encargada de todas las actividades operativas en las diferentes fases de la cadena de producción de los hidrocarburos, la creación de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), cuya misión es regular, fiscalizar y ejecutar tareas de seguimiento y control de la cadena de hidrocarburos en la que conviven la empresa pública y la privada y un cambio en el reparto de los recursos generados por los hidrocarburos respecto de las regalías y los Impuestos Directos a Hidrocarburos (IDH). Por primera vez en la historia de Bolivia, los beneficios obtenidos se reparten entre los nueve departamentos. Asimismo, se ha creado la Renta Dignidad, que es un pago vitalicio para todos los bolivianos y bolivianas mayores de 60 años financiada a través de varios impuestos entre los que se incluye el IDH.

Estos cambios han conllevado un aumento de la conflictividad social por la coparticipación en el IDH y todavía sigue vigente en el estado boliviano sobre todo por parte de los municipios Tarijeños.

La Serranía de Aguaragüe, situada en la zona de estudio, es una región con importantes recursos petrolíferos en el subsuelo. Desde los inicios de la explotación petrolera en Bolivia, la zona del sureste del país constituyó un centro de acción hidrocarburífero y las empresas privadas aumentaron su inversión en esta región <sup>(9,10)</sup>.

### **2.3.2 PETRÓLEO, MEDIO AMBIENTE Y SALUD EN BOLIVIA**

Las actividades de las compañías petroleras durante estos años han traído consigo numerosos impactos en territorios indígenas y áreas protegidas de los delicados ecosistemas de Bolivia. Reducidas políticas tanto ambientales como sociales se han dictado para evitar este tipo de procesos.

La antigua Ley de Hidrocarburos (Ley N° 1689 del 30 de abril de 1996), sólo hacía ligera mención en lo relativo al medio ambiente en los Capítulos II y III (artículos 36 y 41) “las obras de transporte de hidrocarburos y gas natural que cumplan las correspondientes normas de desarrollo urbano municipal, normas técnicas, de seguridad y de protección del Medio Ambiente”.

La actual Ley de Hidrocarburos (Ley N° 3058 del 17 de mayo 2005) hace más hincapié en los temas ambientales y sociales. En el artículo 9, hace mención al desarrollo equilibrado con el medio ambiente, resguardo de los derechos de los pueblos que velen por su bienestar y preservando sus culturas.

Los planes, programas y actividades del sector de hidrocarburos estarán enmarcados en los principios del Desarrollo Sostenible, dándose cumplimiento a las disposiciones establecidas en el Artículo 171° de la Constitución Política del Estado, la Ley del Medio Ambiente, y la Ley N° 1257, de 11 de julio de 1991, que ratifica el Convenio N° 169 de la OIT y Reglamentos conexos.

Esta nueva ley contiene un capítulo destinado a la actividad hidrocarburífera, medio ambiente y recursos naturales, en el que crea una política de Control, Seguimiento, Fiscalización, Auditoría Ambiental y Comités de Monitoreo Socio-Ambiental.

A nivel institucional, poca trascendencia han tenido los desastres sociales y ambientales. El Foro Boliviano de Medio Ambiente y Desarrollo (FOBOMADE) <sup>(226)</sup> es la Red de Alerta Petrolera creada el 7 de julio de 1999 en la ciudad de Tarija con el

objetivo de establecer las bases para un monitoreo independiente de los impactos ambientales de las crecientes actividades petroleras en Bolivia.

Otras organizaciones sociales también han denunciado los impactos sucedidos con la actividad petrolera en Bolivia. Dentro de ellas se encuentra La Red de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (REDESMA)<sup>(227)</sup>, Oilwatch<sup>(228)</sup>, Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA)<sup>(229)</sup>, entre otras.

Dentro de los numerosos impactos producidos en Bolivia se destacan: La construcción del gasoducto Bolivia-Brasil<sup>(230)</sup>, el gasoducto de empalme San Alberto-Yacuiba,<sup>(231)</sup> el derrame de petróleo en el río Desaguadero<sup>(232,233)</sup> y petroleras en el Chapare<sup>(25)</sup>.

En la región geográfica donde se sitúa esta investigación, dos estudios sobre la contaminación de las aguas han sido realizados previamente. Por un lado, el estudio de Mamani et al.<sup>(9,10)</sup> entre el segundo semestre de 2001 y mayo de 2002. Los análisis de este estudio pusieron de manifiesto que todas las aguas analizadas en la zona de la Serranía Aguaragüe (7 comunidades rurales –presentes en esta tesis-, una comunidad urbana y 5 puntos en diferentes ríos o quebradas) se encontraban contaminadas por HTP. Esta contaminación se debe principalmente, según mencionan los/as autores/as del estudio, a la emanación de hidrocarburos procedentes de pozos abandonados o derrames de lodo petrolero. Asimismo, se realizaron entrevistas con personal de la zona y la percepción declarada fue que no es visible por las personas el efecto de la contaminación por hidrocarburos, pero pronunciaban preocupación de riesgo y temor en un ambiente donde el agua es de alta necesidad y las actividades petroleras son de alto riesgo para la contaminación de este recurso.

El segundo estudio fue el realizado por **medicums**mundi en la zona del Chaco boliviano en los campos petroleros San Alberto, San Antonio y Campo Margarita, sobre el impacto de la actividad petrolera de Repsol en la salud de las poblaciones de dicha zona. En este estudio, se obtuvieron 10 muestras del agua utilizada por las comunidades seleccionadas. Según la normativa europea y española, de las 10 muestras analizadas, solamente dos eran aceptables como agua potable por sus valores de cadmio<sup>(11)</sup>.

Los efectos sobre el medio ambiente y las tribus indígenas derivados de las actividades petroleras han sido documentados en Bolivia como se ha citado anteriormente. Asimismo, también se ha mencionado la existencia de múltiples estudios que ponen de manifiesto los distintos efectos que la actividad petrolera tiene

sobre la salud de las personas que están en contacto con compuestos del petróleo, desde el punto de vista ocupacional, residencial o por derrames de petroleros durante el transporte marítimo de estas sustancias.

Sin embargo, hasta el momento no se ha realizado ningún estudio en el territorio boliviano que investigue los posibles efectos sobre la salud de las poblaciones potencialmente expuestas a dichos contaminantes, a pesar de los claros indicios de contaminación.

Por ello, en 2004 tras el estudio piloto realizado por la ONG **medicusmundi** en el que se encontraron indicios de la contaminación del agua de consumo por compuestos del petróleo de distintas comunidades cercanas a las actividades de extracción de petróleo, esta misma ONG consideró necesario la realización de una investigación científica que evaluase los posibles efectos en la salud de las poblaciones residentes cerca de los campos de extracción de petróleo.



# Objetivos





### 3. OBJETIVOS

**El objetivo general planteado en este proyecto** es describir si la exposición a compuestos resultantes de las actividades realizadas en los campos de extracción de petróleo, está asociada a una mayor proporción de efectos negativos en la salud de poblaciones residentes en la región del Chaco boliviano.

**Este objetivo general se alcanzará a través de los siguientes objetivos específicos:**

1. Comparar la percepción del estado de salud, sintomatología e historial médico en poblaciones que viven próximas a los campos de petróleo respecto a poblaciones de una región no expuesta o control.
2. Estudiar la salud reproductiva en mujeres de las poblaciones que viven próximas a los campos de petróleo respecto a mujeres de una región no expuesta o control.
3. Determinar las concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo, hidrocarburos aromáticos policíclicos, benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos y metales presentes en las fuentes de consumo de agua de las comunidades a menos de 30 km de los campos petrolíferos.
4. Comparar la percepción del estado de salud, sintomatología e historial médico en función del consumo de agua contaminada por los compuestos químicos del petróleo mencionados en el objetivo 3.
5. Estudiar la salud reproductiva en mujeres en función del consumo de agua contaminada por los compuestos químicos del petróleo mencionados en el objetivo 3.
6. Analizar el papel que juegan las características sociodemográficas y socioeconómicas en la posible relación entre la exposición a los contaminantes presentes en el petróleo y la percepción del estado de salud, sintomatología, historial médico en ambos sexos y la salud reproductiva en mujeres.

## OBJETIVOS

7. Evaluar el riesgo cancerígeno derivado de la exposición a los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos mediante un análisis cuantitativo de riesgos para las vías de exposición oral y dérmica.

# Material y Métodos



## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1 TIPO DE ESTUDIO

Se realizó un estudio epidemiológico descriptivo transversal sobre el impacto de la extracción de petróleo en el agua de consumo humano y la salud, en residentes del Chaco boliviano mayores de 15 años. A continuación, en la figura 1, queda representado un esquema del estudio llevado a cabo para esta tesis.

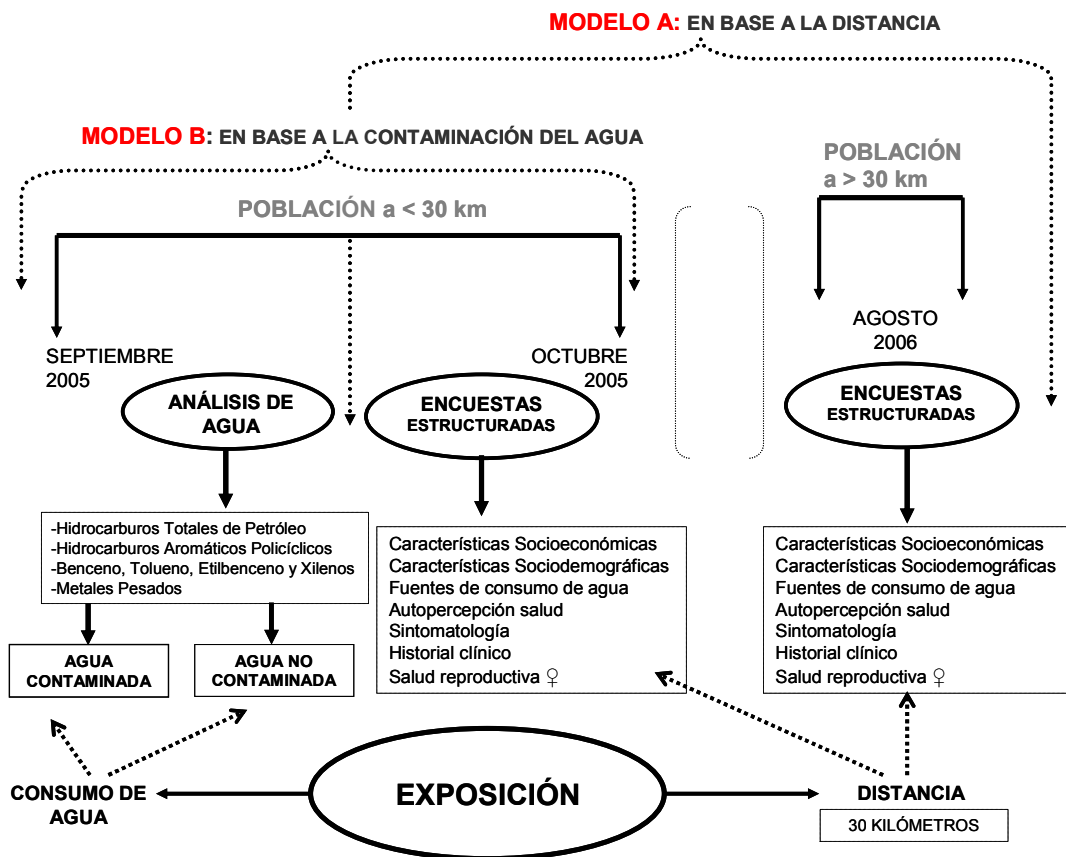


Fig 1. Diseño del estudio

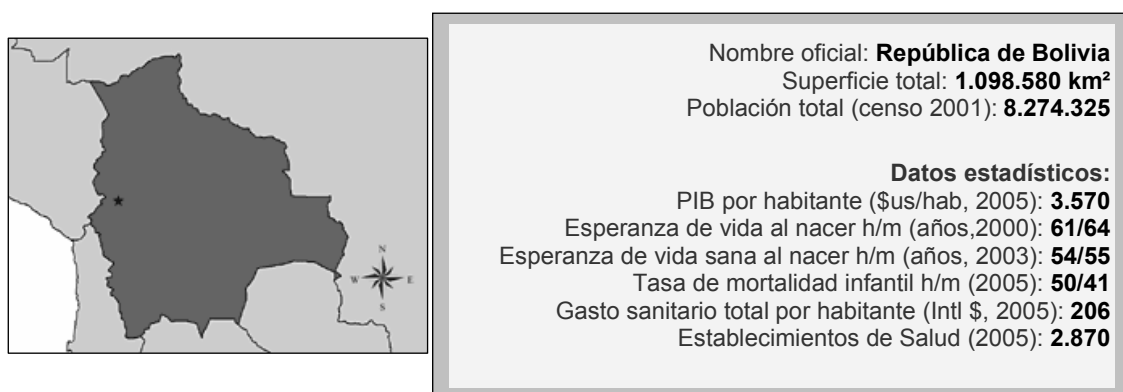
En este estudio se realizaron dos modelos en función de la exposición, uno en base a la distancia y otro en base a la contaminación de las fuentes de agua de consumo.

En el modelo de exposición en función de la distancia (Modelo A) se seleccionaron dos regiones considerando región de exposición cercana (aquella situada a menos de 30 km de los campos petrolíferos) y región de no exposición (aquella situada a más de 30 km de los campos petrolíferos).

El modelo con exposición en base a la contaminación de las fuentes de consumo de agua (Modelo B) se llevó a cabo exclusivamente en los conglomerados de la región de exposición del modelo anterior. Se distinguió entre personas expuestas y no expuestas en función del consumo de agua contaminada por alguno de los compuestos del petróleo analizados en el estudio, en concentraciones por encima de los límites establecidos por la legislación boliviana.

## 4.2 ÁMBITO GEOGRÁFICO

El estudio fue realizado en la región del Chaco boliviano situada en el sureste de Bolivia, entre la longitud 64°30'9" y 58°50'9" este del Greenwich y latitud 17°58'9" y 22°20'9" sur.



Fuente: Estadísticas Sanitarias Mundiales 2008 (OMS) e Instituto Nacional de Estadística de Bolivia

**Fig 2.** Características de la Republica de Bolivia

La región del Chaco boliviano fue escogida por ser la que preserva las mayores reservas de gas y petróleo de Bolivia, según la certificación emitida por la consultora especializada De Goldyer & MacNaughton a 1 de enero de 2003. En esta zona se encuentran, a su vez, los mayores campos petrolíferos: San Alberto, San Antonio, Margarita e Itaú.

El Chaco boliviano se encuentra situado al sur de la República de Bolivia, lindando con Paraguay y Argentina. Es una región integrada por tres departamentos (Santa Cruz, Chuquisaca y Tarija) del territorio nacional, que a su vez lo forman cinco provincias (Cordillera, Luís Calvo, Hernando Siles, Gran Chaco y O'Connor) y dieciséis municipios (Tabla 11).

La población total según el censo del 2001 es de 294.380 habitantes, con una población indígena de 79.829 personas entre Guaraníes, Weenhayeks y Tapietes. La superficie del territorio es de 127.755 km<sup>2</sup>, que representa el 20% del Chaco Sudamericano.

**TABLA 11.** Emplazamiento geográfico de la zona de estudio

Departamento	Provincia	Municipio	Superficie km <sup>2</sup>
Tarija	Gran Chaco O' Connor	Yacuiba Caraparí Villamontes Entre Ríos	22.737
Chuquisaca	Hernando Siles Luis Calvo	Monteagudo Huacareta Muyumampa Huacaya Machareti	18.772
Santa Cruz	Cordillera	Lagunillas Charagua Cabezas Cuevo Gutiérrez Camiri Boyuibe	86.246
<b>Total</b>			<b>127.755</b>



Nombre oficial: <b>Chaco Boliviano</b>			
Superficie total: <b>127.755 km<sup>2</sup></b>			
Población total (censo 2001): <b>2.952.219</b>			
<b>Datos estadísticos:</b>			
PIB por habitante (\$us/hab, 2005)			
	Chuquisaca:	<b>696</b>	
	Tarija:	<b>2.332</b>	
	Santa Cruz:	<b>1.178</b>	
Esperanza de vida al nacer (años, 2000):			
	Chuquisaca:	<b>62,5</b>	
	Tarija:	<b>67,3</b>	
	Santa Cruz:	<b>67,7</b>	
Tasa de mortalidad infantil h/m (2005):			
	Chuquisaca:	<b>52,9/43,4</b>	
	Tarija:	<b>40,8/33,4</b>	
	Santa Cruz:	<b>41,5/33,9</b>	
Establecimientos de Salud (2005):			
	Chuquisaca	Tarija	Santa Cruz
Total	<b>304</b>	<b>182</b>	<b>510</b>
Puesto de Salud	<b>163</b>	<b>97</b>	<b>221</b>
Centro de Salud	<b>125</b>	<b>71</b>	<b>212</b>
Hospital Básico	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>68</b>
Hospital General	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
Instituto Especializado	<b>6</b>		<b>5</b>

**Fig 3.** Características del Chaco Boliviano

### **4.3 POBLACIÓN**

#### **4.3.1 POBLACIÓN DIANA**

Población de ambos sexos con edad superior a los 15 años que viven alrededor de campos de extracción de petróleo.

#### **4.3.2 POBLACIÓN ACCESIBLE**

La población accesible es aquella residente en la región del Chaco boliviano entre septiembre de 2005 y agosto de 2006.

### **4.4 MUESTREO Y CÁLCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL**

#### **4.4.1 SELECCIÓN DE LOS CAMPOS PETROLÍFEROS**

Para realizar una selección de los campos petrolíferos se recogió toda la información relativa a los diferentes campos operantes en la zona de estudio a partir de los registros de la empresa estatal Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB) y el Ministerio de Desarrollo Sostenible.

Una vez estudiados los pozos de extracción petrolera, los criterios de inclusión y exclusión para considerar los campos petrolíferos aptos para el estudio fueron los siguientes:

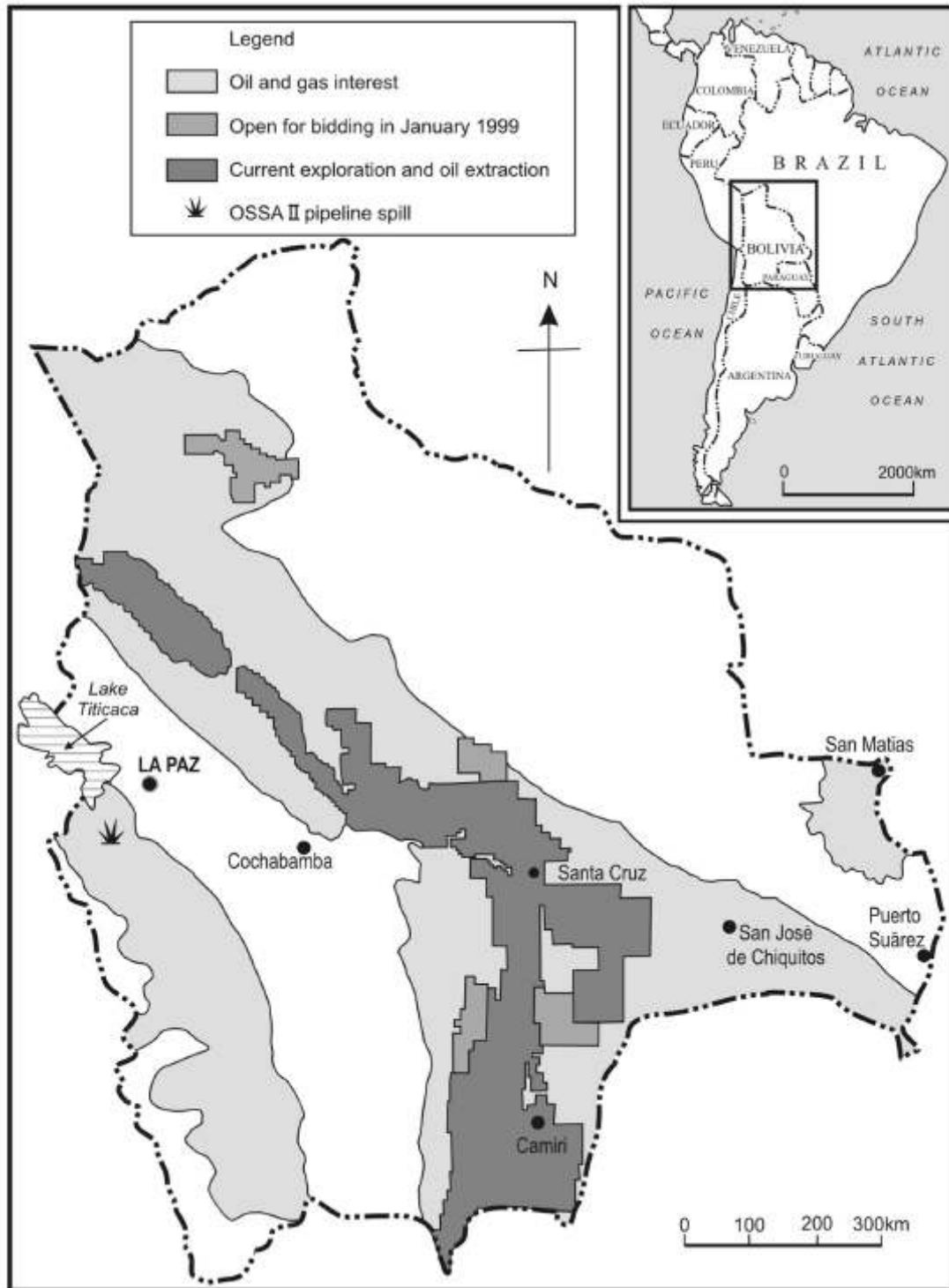
#### **Criterios de inclusión:**

- Campos de extracción petrolífera en operación situados en la región del Chaco boliviano.

#### **Criterios de exclusión:**

- Campos de extracción petrolífera situados a una distancia inferior de 30 km de una zona de extracción minera.
- Campos de extracción petrolífera situados a una distancia inferior de 30 km de una industria.
- Campos de extracción de petróleo con dificultad de acceso.





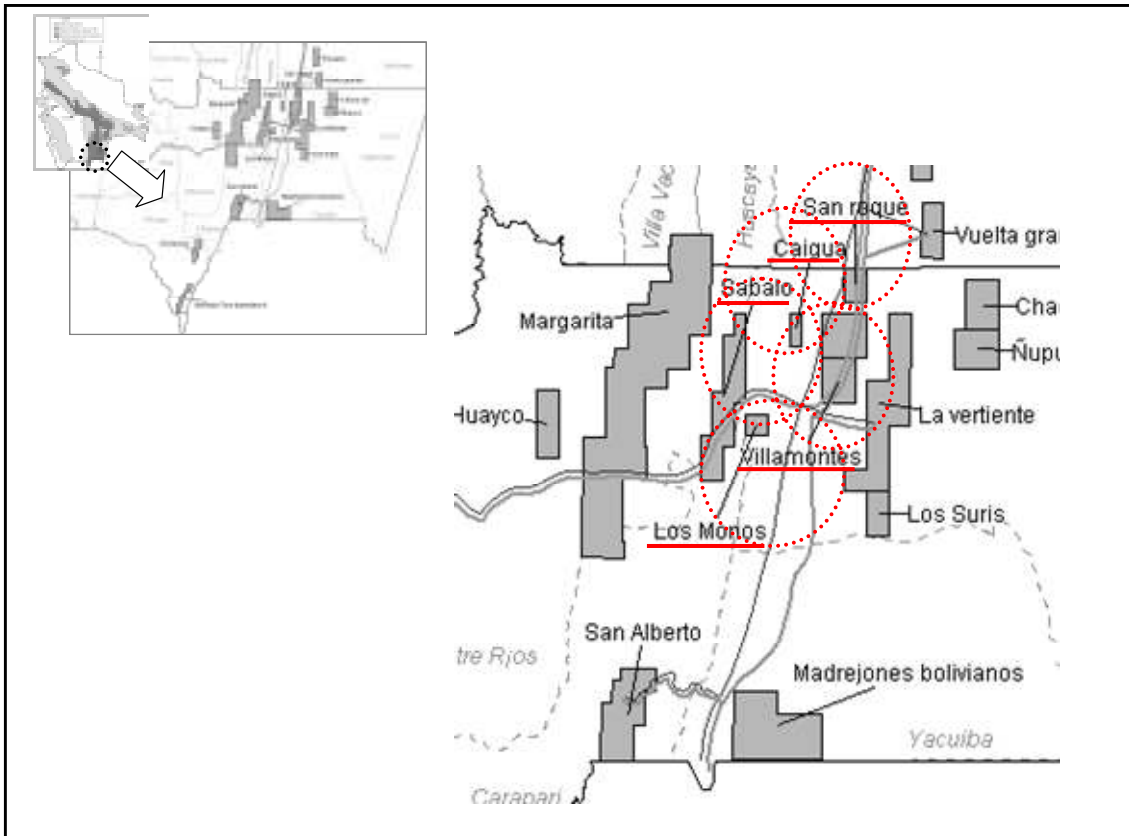
Fuente: Basados en Áreas de Exploración y Explotación Petrolera en Bolivia, Centro del Planificación Territorial Indígena y Confederación de Pueblos Indígenas de Bolivia, Diciembre 1999 <sup>(224)</sup>

**Fig 4.** Campos petrolíferos situados en la Republica de Bolivia

La verificación de la exclusión de zonas mineras o industriales se realizó a través de la Guía del Registro Ambiental Industrial (RAI) realizada por la Unidad de Medio Ambiente del Viceministerio de Industria y Comercio Interno en marzo de 2003.

Los campos petrolíferos que cumplieron todos los criterios expuestos con anterioridad fueron los siguientes (Fig. 5):

- San Roque
- Caigua
- Los Monos
- Sábalo (San Antonio)
- Villamontes



**Fig 5.** Campos petrolíferos incluidos en el estudio

En la tabla 12 quedan recogidas las características de cada uno de los campos seleccionados.

TABLA 12. Campos petrolíferos de la zona de estudio

Campo	Empresa	Fecha del contrato	Tipo de contrato	Participación	Hectáreas
San Roque	Empresa petrolera Chaco S.A.*	10 abril 1997	Contrato de riesgo compartido	100%	3.750
Los Monos	Empresa petrolera Chaco S.A.	10 abril 1997	Contrato de riesgo compartido	100%	2.500
Caigua	Empresa petrolera Chaco S.A.	10 abril 1997	Contrato de riesgo compartido	100%	1.875
Villamontes	Empresa Petrolera Matpetrol S.A.	8 noviembre 2000	Contrato de riesgo compartido	- Matpetrol S.A.: 60% - Orca S.A.: 25% - Geodyne Energy Inc. Suc. Bolivia: 15%	7.500
San Antonio (Área de Explotación campo Sábalo)	Empresa Petrolera Petrobras Bolivia S.A. y Andina S.A.**	10 octubre 1996	Contrato de riesgo compartido	- Petrobras Bolivia S.A.: 35% - Total Exploration Production Bolivia: 15% - Andina S.A.: 50%	34.450

FUENTE: YPFB 2003 y Ministerio de Desarrollo Sostenible

Contrato de riesgo compartido: o joint ventures son aquellos contratos de colaboración empresarial estratégica, que se dan entre dos o más partes a través de la combinación de actividades, recursos, estructuras, sin el propósito de formar una sociedad para realizar una operación o conjunto de operaciones concretas en busca de beneficios, aceptando los riesgos que le son propios y asumiendo todas las inversiones, costos y gastos en que se incurra, sometido permanentemente al control de YPFB sobre las operaciones, pudiendo los titulares disponer de los hidrocarburos que produzcan conforme a sus contratos, para venderlos o exportarlos, pero pagando las regalías, sometiéndose a las leyes nacionales y debiendo constituir domicilio en Bolivia, sin establecer personalidad jurídica, terminado el contrato automáticamente cuando se cumple el propósito.

\*Chaco SA: perteneciente a Pan American Energy (PAE), empresa conformada por BP y Bidas.

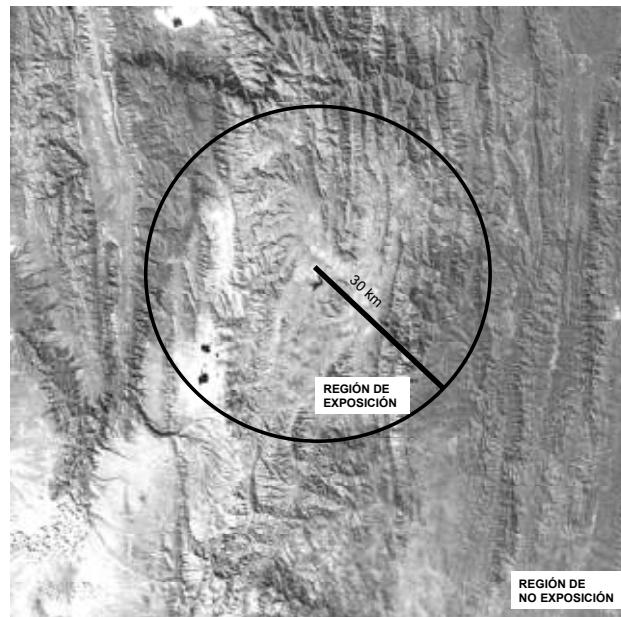
\*\* Empresa Petrolera Andina S.A. filial boliviana de Repsol YPF.

#### 4.4.2 SELECCIÓN Y TAMAÑO MUESTRAL DE LOS CONGLOMERADOS

Una vez seleccionados los campos petrolíferos, se realizó una categorización de la exposición de cada población según la distancia geográfica a los campos petrolíferos seleccionados.

Se distinguieron dos regiones (Fig. 6):

- **Región de exposición cercana:** aquella que se encuentra dentro de un radio inferior a 30 km de un campo de extracción de petróleo.
- **Región de exposición lejana o no exposición:** aquella que se encuentra dentro de un radio superior a 30 km de un campo de extracción de petróleo.

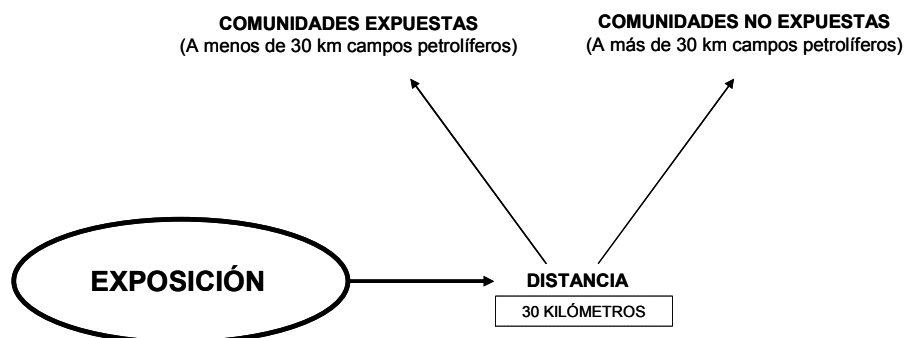


**Fig 6.** Zonificación según la distancia geográfica

Se consideraron 30 km como la distancia necesaria para que la reducción de la concentración de los contaminantes en estudio, fuera suficiente como para considerar que la exposición a los mismos es prácticamente inexistente. Se escogió este criterio por ser el utilizado en estudios previos similares <sup>(157,170)</sup>.

A partir de la consideración anterior se distinguió entre dos grupos de conglomerados según la exposición (Fig. 7):

- **Comunidades expuestas:** aquellas que se encuentran dentro de la región de exposición cercana.
- **Comunidades no expuestas:** aquellas que se encuentran en la región de exposición lejana o no exposición.



**Fig 7.** Diseño de la exposición según la distancia

## **CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN DE LOS CONGLOMERADOS**

Junto con el criterio de la distancia, mayor o menor 30 km de los campos de extracción de petróleo, se utilizaron una serie de criterios de inclusión y exclusión para ser aplicados a las comunidades a incluir. Estos criterios fueron los siguientes:

### **Criterios de inclusión:**

- Población con al menos 250 mujeres y hombres mayores de 15 años.
- Comunidades homogéneas en cuanto al número de habitantes (diferencias inferiores al 10% con respecto a la media de tamaño poblacional).

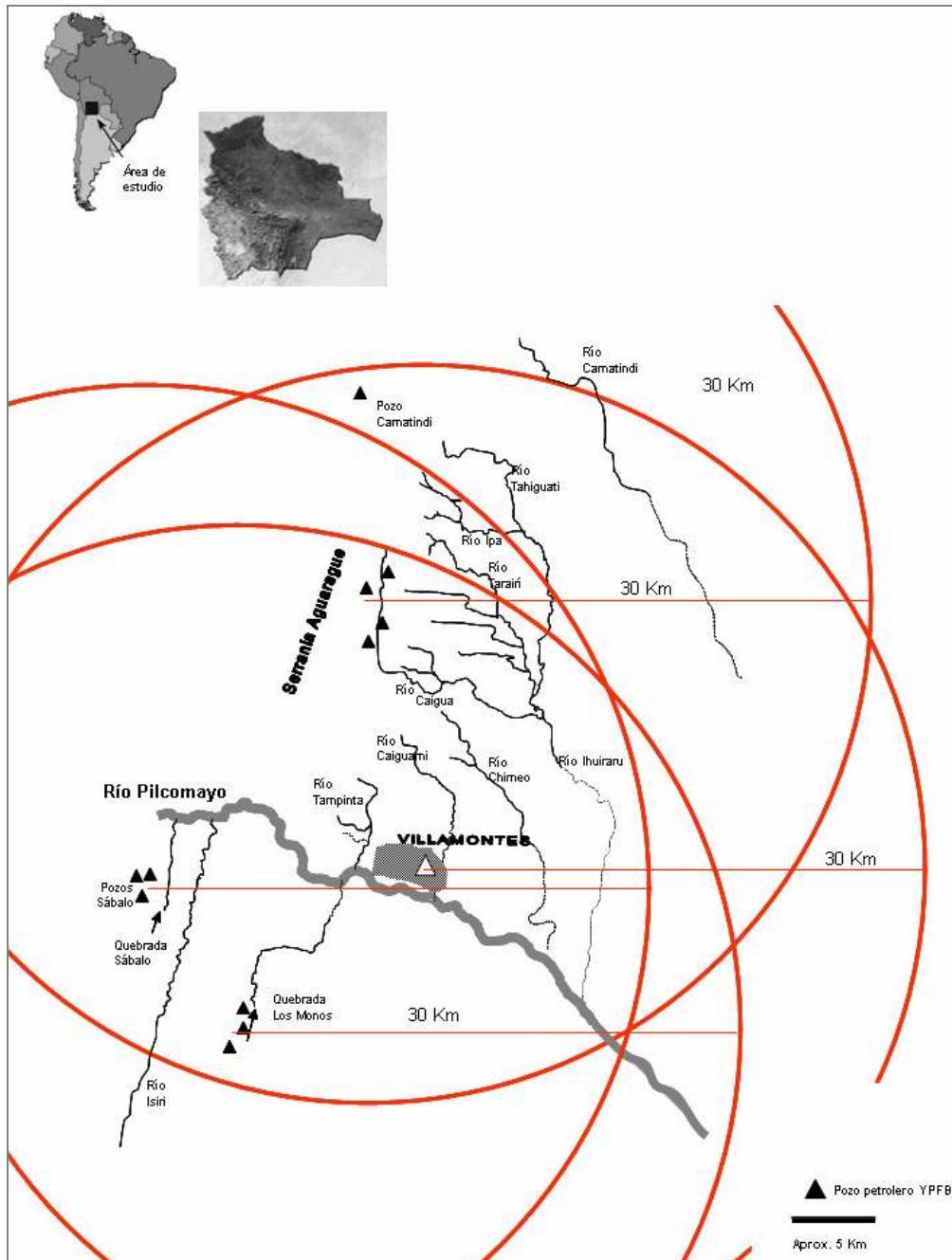
### **Criterios de exclusión:**

- Comunidades situadas a una distancia menor de 30 km de una zona de extracción minera.
- Comunidades situadas a una distancia menor de 30 km de una industria química.
- Comunidades con dificultad de acceso.

## **SELECCIÓN DE LOS CONGLOMERADOS A MENOS DE 30 km DE UN CAMPO DE EXTRACCIÓN PETROLÍFERA**

La selección de la muestra de comunidades situadas a menos de 30 km de la industria extractiva del petróleo se llevó a cabo bajo un muestreo por conglomerados con probabilidades proporcionales al número de campos petrolíferos cercanos a la población (Fig. 8). Este criterio se eligió para evitar el riesgo de selección de comunidades con escasa exposición a los potenciales contaminantes del petróleo.

Otro aspecto que se tuvo en cuenta a la hora de establecer el número de conglomerados fue conseguir una amplia representación de las muestras de agua de consumo.



**Fig 8.** Intersección de la distancia de exposición de los distintos campos petrolíferos

Teniendo en cuenta los criterios expuestos, se seleccionaron veintidós comunidades, de las cuales la correspondiente a la ciudad de Villamontes fue eliminada de la muestra porque el tamaño muestral de la población se diferenciaba en más de un 10% respecto al resto de las comunidades. Esto podría ocasionar una sobre-representación de las características de esta comunidad en los resultados obtenidos finalmente.

En la siguiente tabla queda recogidas las distintas comunidades finalmente seleccionadas según el municipio, provincia y departamento.

**TABLA 13.** Conglomerados situados a menos de 30 km de los campos petrolíferos

<b>Comunidades</b>	<b>Municipio</b>	<b>Provincia</b>	<b>Departamento</b>
Tigüipa Estación	Villamontes/Machareti	Gran Chaco/Luís Calvo	Tarija/Chuquisaca
Camatindi	Machareti	Luís Calvo	Chuquisaca
Pelícano	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Ipa	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Pirití	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Tarairí	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Lagunitas	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Igüembe	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Caigua	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Puesto García	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Tahiguati	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Chimeo	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Caiguamí	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
San Antonio	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Capirendita	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Quebrachal	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Tres Pozos	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Circulación	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Cueva del León	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Puesto Uno	Villamontes	Gran Chaco	Tarija
Ibopeiti	Villamontes	Gran Chaco	Tarija

Fuente: INE, Bolivia

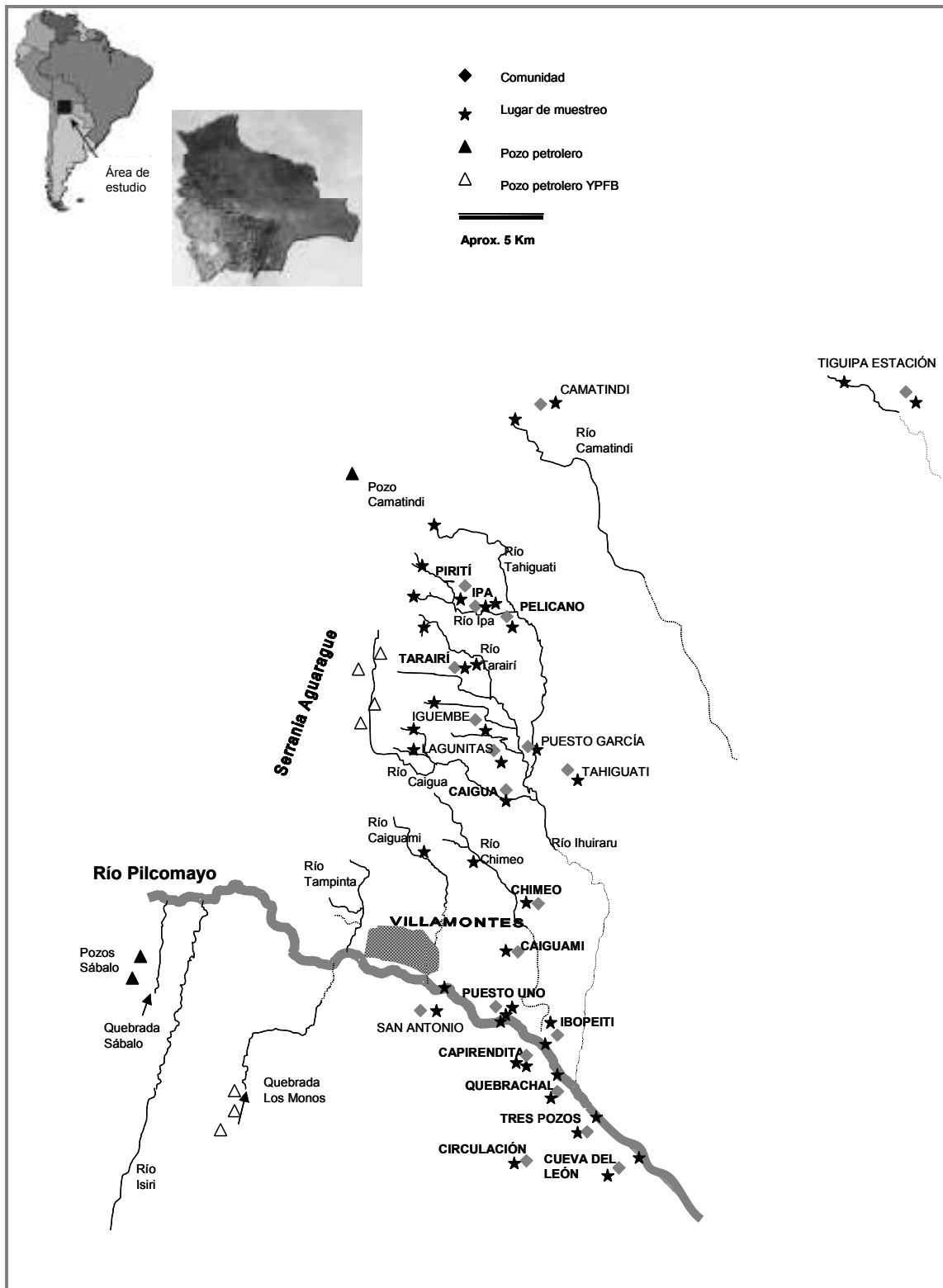


Fig 9. Localización geográfica de los conglomerados situados a menos de 30 km de los campos petrolíferos



## SELECCIÓN DE LOS CONGLOMERADOS A MÁS DE 30 km DE UN CAMPO DE EXTRACCIÓN PETROLÍFERA

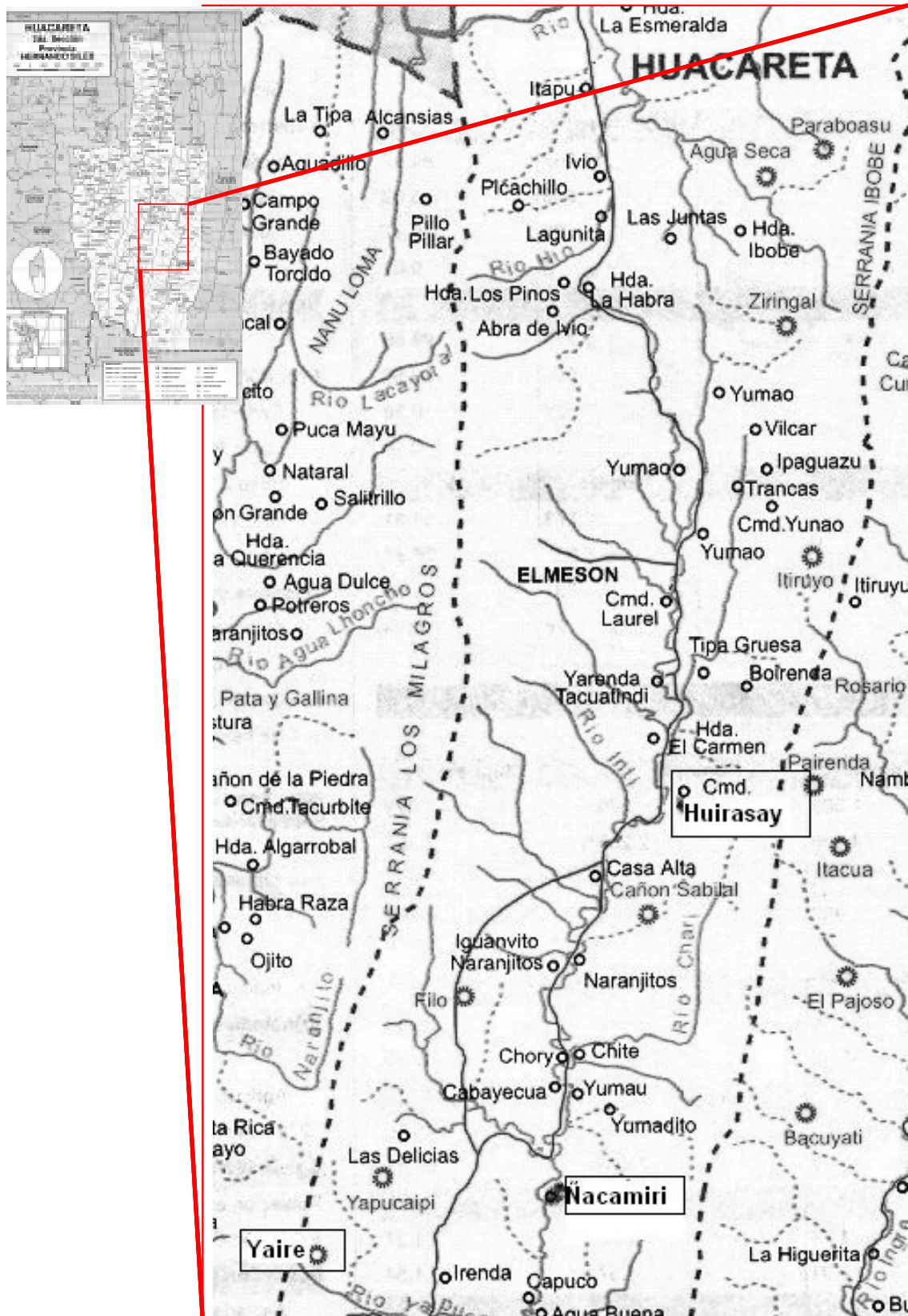
La selección de los conglomerados situados a más de 30 km de la industria extractiva del petróleo se llevó a cabo utilizando exclusivamente el criterio de la distancia, hasta cubrir el tamaño muestral.

Las comunidades seleccionadas a mayor distancia de los campos petrolíferos componen un total de siete, distribuidas en los municipios de Villa Vaca Guzmán, también llamado Muyupampa, y San Pablo de Huacareta, departamento de Chuquisaca (Tabla 14).

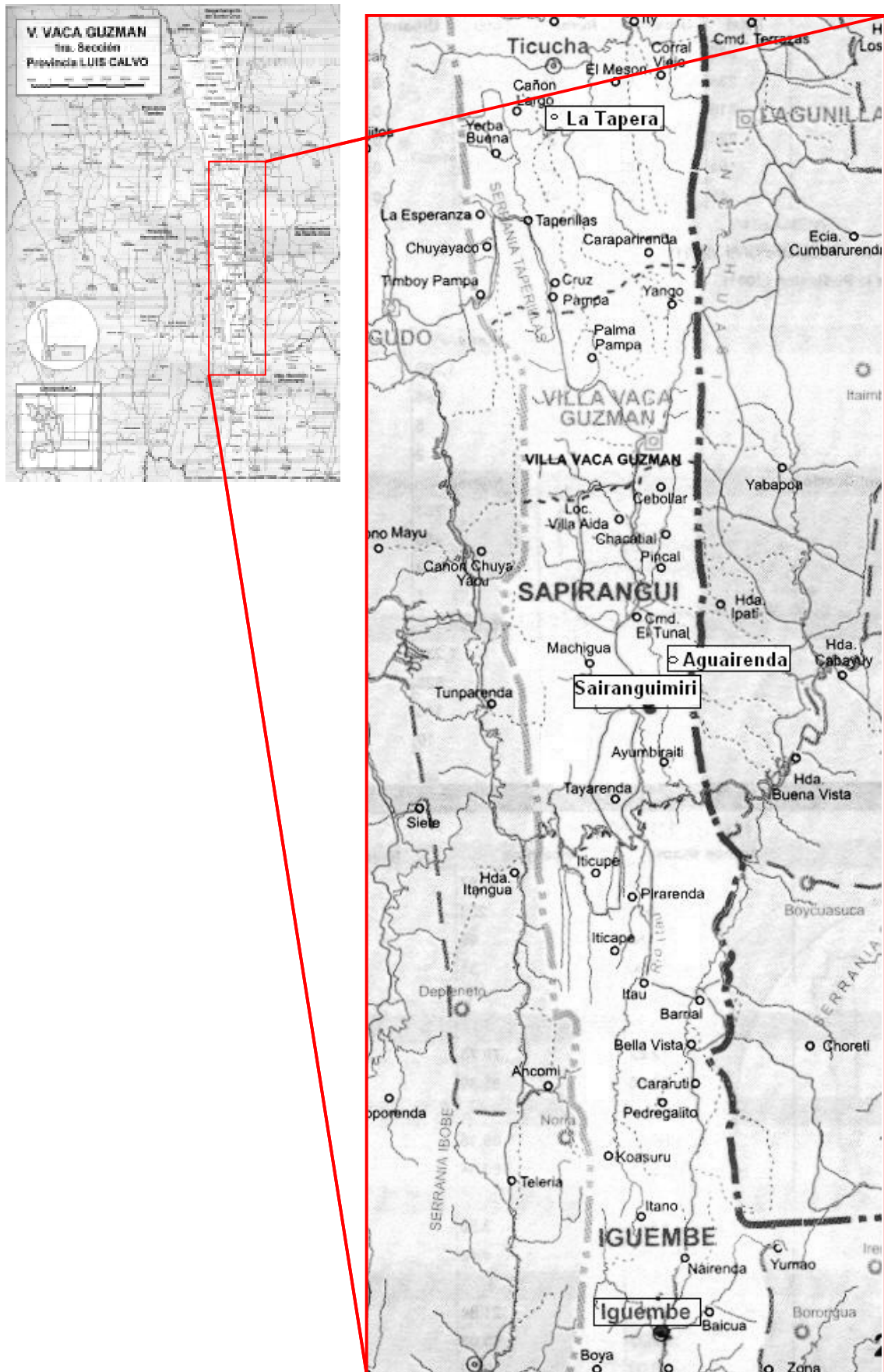
**TABLA 14.** Conglomerados situados a más de 30 km de los campos petrolíferos

<b>Comunidades</b>	<b>Municipio</b>	<b>Provincia</b>	<b>Departamento</b>
Aguirenda	Muyupamapa	Luis Calvo	Chuquisaca
La Tapera	Muyupamapa	Luis Calvo	Chuquisaca
Igüembe	Muyupamapa	Luis Calvo	Chuquisaca
Sapiranguimiri	Muyupamapa	Luis Calvo	Chuquisaca
Yaire	Huacareta	H. Siles	Chuquisaca
Ñacamiri	Huacareta	H. Siles	Chuquisaca
Huirasay	Huacareta	H. Siles	Chuquisaca

Fuente: INE, Bolivia



**Fig 10.** Localización geográfica de los conglomerados situados en el municipio de Huacareta a más de 30 km de los campos petrolíferos



**Fig 11.** Localización geográfica de los conglomerados situados en el municipio de Muyupampa a más de 30 km de los campos petrolíferos

#### 4.4.3 SELECCIÓN Y TAMAÑO MUESTRAL DE LA POBLACIÓN

Finalmente la muestra incluyó a todos/as los/as residentes con más de 15 años de edad de las comunidades seleccionadas, presentes durante la realización del estudio.

Para el cálculo del tamaño muestral necesario para la estimación de las diferencias en la prevalencias de síntomas entre las áreas en estudio se revisaron los datos de prevalencia de síntomas de diferentes estudios sobre exposición al petróleo <sup>(29,83,90,91,99,157)</sup>. Las prevalencias promedio de síntomas en personas expuestas a los compuestos del petróleo fueron 5,24% <sup>(90,91)</sup>, 18,06% <sup>(83)</sup> y 22,5% <sup>(99)</sup>.

En un estudio realizado en comunidades semejantes al nuestro, la prevalencia de síntomas para las dos últimas semanas fue de 43,18% y para los doce últimos meses fue de 49,67% <sup>(29,157)</sup>. La prevalencia más frecuente en este último estudio fue del 20% <sup>(29)</sup>.

La estimación se realizó para encontrar una prevalencia dos veces superior entre los expuestos. Asumiendo un riesgo alfa igual a 0,05 y una potencia de contraste del 80%. El tamaño muestral necesario fue de 250. Como en nuestro estudio se deseaba realizar una estratificación por sexo, el tamaño requerido fue de un total de 500 personas, 250 mujeres y 250 hombres.

Para el caso de la población control se consideró, por equivalencia con la población expuesta, el mismo tamaño poblacional y por lo tanto hubo un total de 500 personas, 250 mujeres y 250 hombres.

El muestreo dentro de cada conglomerado fue probabilístico, aunque los criterios fueron diferentes en función del tipo de región. En el caso de las poblaciones situadas en la región de exposición, la selección se realizó de forma proporcional al tamaño de la población de cada comunidad, mientras que en las situadas en la región de no exposición, se escogió el mismo número de hombres y mujeres en cada comunidad al no contar con un censo poblacional. Del mismo modo, y siempre buscando la mejor representatividad posible en función de los criterios de inclusión y exclusión especificados anteriormente. Se decidió consulta a expertos locales para decidir la mejor forma de realizar el muestreo.

## 4.5 DESCRIPCIÓN DE LAS DETERMINACIONES Y LAS MEDIDAS DE ESTUDIO

Para la consecución de los objetivos expuestos, se recogió información relativa a:

1. La contaminación de las fuentes de consumo de agua.
2. Estado de salud de la población de las regiones en estudio.
3. Riesgos cancerígenos de los HAPs a partir de las determinaciones de las muestras de agua.

### 4.5.1 ANÁLISIS DE AGUA

Para evaluar el grado de exposición de las comunidades cercanas a los pozos y estaciones de petróleo, se realizó un estudio de la calidad del agua de las fuentes de consumo de las 21 comunidades seleccionadas.

#### 4.5.1.1 TOMA DE MUESTRAS DE AGUA

Se analizó exclusivamente el agua de las comunidades a menos de 30 km de las industrias extractivas. Decidimos escoger únicamente la región de exposición en base a la información publicada sobre la distribución espacial de los contaminantes. Diversos estudios han puesto de manifiesto, que a medida que aumenta la distancia al foco emisor de los contaminantes, se produce una reducción de la concentración de los mismos <sup>(234)</sup>. De acuerdo con la naturaleza de los compuestos analizados, como ya se mencionó en la introducción, los HAPs permanecen relativamente cerca del punto de entrada en el medio acuático, decreciendo su concentración de forma logarítmica con la distancia <sup>(52)</sup>.

Asimismo, aunque los BTEX son abundantes en el agua producida durante la extracción de petróleo <sup>(235)</sup>, se pierden rápidamente de la columna de agua, principalmente por la evaporación <sup>(236)</sup>. Por ello, se consideró que existía una alta probabilidad de que los componentes analizados en el estudio a una distancia igual o mayor de 30 km se encontrasen en unas concentraciones muy bajas o incluso por debajo del límite de detección de las técnicas habitualmente utilizadas <sup>(237)</sup>. En base a este hecho se decidió realizar las determinaciones en el agua de aquellas comunidades ubicadas a menos de 30 km de las fuentes contaminantes asumiendo que en las comunidades de la región de exposición lejana sólo quedarían niveles indetectables. Esto nos permitió concentrar los recursos en aumentar el número de determinaciones realizadas en las zonas cercanas, y por lo tanto caracterizar mejor su perfil de contaminación. En el mismo sentido se recogieron muestras de agua de todos

los lugares utilizados por los residentes de cada comunidad para beber, cocinar o bañarse. Las fuentes de agua consideradas fueron: quebrada, río o arroyo, grifo, atajado, pozo, lago o laguna, canales y tanques de agua de lluvia.

Se realizaron muestras puntuales y discretas de un volumen de 250 ml por triplicado y se estabilizaron con 6N HCl y HNO<sub>3</sub> las muestras con hidrocarburos y las de metales respectivamente, según el método establecido en la publicación del Standard Methods para el análisis de agua y aguas residuales (20<sup>th</sup> edition) <sup>(238)</sup>.

Con el objetivo de efectuar una buena caracterización de las muestras de agua se midió *in situ* el pH, conductividad, sólidos totales disueltos y temperatura. Estas determinaciones fueron tomadas con un medidor combinado Hanna HI9811 (pH/conductividad/TDS). Los resultados obtenidos fueron reportados a los laboratorios de análisis de las muestras. Junto con la caracterización físico-química, se realizó un informe relativo a cada punto de muestreo donde se recogió la información concerniente a situación geográfica, hora y fecha de la muestra, profundidad del punto de muestreo, velocidad del agua, tipo de sustrato, tipo de sustrato secundario, tipo de orilla, fauna, usos de la zona, otra contaminación visual, así como las características organolépticas del agua como color, olor y transparencia del agua.

El periodo seleccionado para el muestreo fue el mes de septiembre de 2005. Se escogió este periodo porque se corresponde a la época de estiaje <sup>(239)</sup>. En este periodo se alcanzan las concentraciones máximas de contaminantes debido a la menor dilución de los mismos en las fuentes de agua y corresponde, por tanto, al periodo de mayor exposición de los habitantes de las comunidades consumidoras de dicho agua.

#### **4.5.1.2 COMPUESTOS DEL PETRÓLEO SELECCIONADOS**

La elección de los compuestos a analizar se realizó en base a los siguientes criterios:

- Mayor toxicidad.
- Mayor presencia en el crudo.
- Bibliografía consultada.

De acuerdo a estos criterios, se seleccionaron 43 compuestos que se especifican a continuación:

TABLA 15. Compuestos del petróleo analizados en este estudio

Grupo	CAS No.	Compuesto
<b>Hidrocarburos Totales de Petróleo</b>	-	-
<b>BTEX</b>	71-43-2	Benceno
	7439-92-1	Tolueno
	100-41-4	Etilbenceno
		Xilenos
	108-38-3	m-xileno
	95-47-6	o-xileno
	106-42-3	p-xileno
<b>Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos</b>	83-32-9	Acenafteno
	208-96-8	Acenaftileno
	120-12-7	Antraceno
	56-55-3	Benzo[a]antraceno
	50-32-8	Benzo[a]pireno
	191-24-2	Benzo[g,h,i]perileno
	207-08-9	Benzo[k]fluoranteno
	205-99-2	Benzo[b]fluoranteno
	218-01-9	Criseno
	53-70-3	Dibenzo[a,h]antraceno
	85-01-8	Fenantreno
	206-44-0	Fluoranteno
	86-76-7	Fluoreno
	193-39-5	Indeno[1,2,3-c,d]pireno
	91-20-3	Naftaleno
	129-00-0	Pireno
<b>Metales</b>	7429-90-5	Aluminio
	7440-38-2	Arsénico
	7440-39-3	Bario
	7440-43-9	Cadmio
	69-46-5	Calcio
	7440-48-4	Cobalto
	7440-50-8	Cobre
	7440-47-3	Cromo
	7440-24-6	Estroncio
	7439-89-6	Hierro
	7439-93-2	Litio
	7439-95-4	Magnesio
	7439-96-5	Manganeso
	7439-98-7	Molibdeno
	7440-02-0	Níquel
	7439-92-1	Plomo
	7440-09-7	Potasio
	7782-49-2	Selenio
	1310-73-2	Sodio
	7440-32-6	Titanio
	7440-62-2	Vanadio
	7440-66-6	Zinc

#### 4.5.1.3 TÉCNICAS Y MÉTODOS ANALÍTICOS

Las técnicas y métodos analíticos realizados para la determinación de los distintos compuestos fueron:

- **Hidrocarburos Totales**

La muestra se extrajo con un disolvente orgánico ( $\text{CCl}_4$ ) en un embudo de separación en tres extracciones sucesivas (EPA 3510). El extracto se concentró y se purificó a través de una columna de alúmina. El contenido en hidrocarburos se determinó por FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy), utilizando una recta de calibrado. *Norma de referencia: EPA 418.1*

- **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH's)**

La muestra se extrajo con un disolvente orgánico (hexano) en un embudo de separación en tres extracciones sucesivas (EPA 3510). El extracto se concentró y se purificó a través de una columna de alúmina. El volumen final de 1 ml se llevó bajo corriente de nitrógeno. El contenido en PAH's se determinó por cromatografía de gases con un detector de llama (GC-FID). *Norma de referencia: EPA 8100*

- **BTEX (Compuestos orgánicos volátiles –Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos)**

La muestra se extrajo con un disolvente orgánico en un embudo de separación en tres extracciones sucesivas (EPA 3510). El extracto se concentró y se purificó a través de una columna de alúmina. El volumen final de 1 ml se llevó bajo una corriente de nitrógeno. La determinación se llevó a cabo por cromatografía de gases con un detector de masas (GC-MS). *Norma de referencia: Procedimiento interno PN/10*

- **Metales**

Previo al análisis se realizó un examen de las aguas a analizar para separarlas en dos grupos de análisis:

- *Aguas sin materia orgánica:* se realizó una selección al azar de las muestras para estimar de forma preliminar la concentración de metales. Tras el estudio se prepararon las curvas de calibrado procedentes.

Para la preparación de los patrones se utilizó agua de calidad Milli-Q al igual que para las diluciones necesarias. Los patrones fueron de calidad trazable a



NIST. Estas muestras no recibieron ningún tratamiento químico para su análisis.

- *Aguas con materia orgánica*: para la eliminación de la materia orgánica, se utilizó el método de referencia del manual “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> Edition. Método con referencia 3030H* (238). El resto del proceso fue similar al realizado en las aguas sin materia orgánica.

La determinación de metales se realizó mediante espectroscopía de absorción atómica (AAS).

#### 4.5.2 EVALUACIÓN DE LA SALUD

La herramienta utilizada para la evaluación del estado de salud fue una encuesta auto-declarada. El objetivo de esta encuesta fue recoger información relativa al estado de salud a través de variables socioeconómicas, demográficas, características del agua de consumo, así como de variables específicas de salud de cada individuo de una muestra representativa de 1000 personas.

La encuesta fue estructurada y constaba de 77 ítems para el caso de los varones y 133 ítems para las mujeres. El cuestionario lo constituían, en su mayoría, preguntas cerradas salvo para aquellas variables como el número de residentes de la vivienda, número de embarazos, etc.

Con objeto de recoger información específica sobre la salud reproductiva de las mujeres, se confeccionaron dos cuestionarios diferentes, uno para cada sexo, de manera que en el cuestionario de las mujeres se incluyó una batería de preguntas relativas a la salud reproductiva que no fue incorporada en el caso de los hombres.

La encuesta no fue validada, sin embargo se realizó un estudio piloto donde se evaluó la comprensión de la misma.

La estructura de los cuestionarios fue la siguiente:

Cuestionario para mujeres mayores de 15 años:

- Características sociodemográficas y socioeconómicas.
- Características de las fuentes de consumo de agua, hábito tabáquico y consumo de alcohol.

- Auto-percepción del estado de salud.
- Sintomatología.
- Historial médico.
- Salud reproductiva.

Cuestionario para hombres mayores de 15 años:

- Características sociodemográficas y socioeconómicas.
- Características de las fuentes de consumo de agua, hábito tabáquico y consumo de alcohol.
- Auto-percepción del estado de salud.
- Sintomatología.
- Historial médico.

El modelo de cuestionario queda recogido en el Anexo I.

El cuestionario fue cumplimentado por personal sanitario de la zona que pasó por un proceso de capacitación a cargo del equipo de investigadores/as. Las entrevistas se realizaron en español y en la lengua indígena de los diferentes grupos étnicos a través de un traductor ad hoc. Se estimó una duración máxima de 30 minutos para su cumplimentación.

Las mediciones fisiológicas, peso y talla se realizaron una vez finalizada la encuesta. Para ello se utilizaron una balanza personal para el peso y un flexómetro para medir la altura.

Las encuestas y las mediciones fisiológicas en la zona de exposición se realizaron a finales de septiembre y el mes de octubre de 2005. Para la región de no exposición la cumplimentación se llevó a cabo durante el mes de agosto de 2006.

#### **4.5.3 EVALUACIÓN DEL RIESGO TOXICOLÓGICO**

Una vez analizados los compuestos químicos del petróleo presentes en el agua, se realizó un análisis cuantitativo de riesgos con el objetivo de evaluar el exceso de riesgo de las personas con residencia cercana a los pozos de extracción de petróleo que utilizan agua para sus actividades cotidianas procedente de una fuente potencialmente contaminada por esta actividad industrial.

La evaluación del riesgo toxicológico es una herramienta, incluida dentro de la toxicología ambiental, de predicción cuantitativa de los efectos adversos sobre la salud humana causados por compuestos químicos <sup>(240)</sup>. Es decir, determina la probabilidad de que se desarrolle un daño cuando se está expuesto a una dosis determinada durante un período especificado <sup>(241)</sup>.

Muchos de los componentes del petróleo, PAHs, benceno y derivados, etc., están incluidos en la clasificación propuesta por la legislación española y europea de sustancias peligrosas. Es por ello que, la evaluación del riesgo de los componentes del petróleo es una parte imprescindible para evaluar los posibles efectos futuros sobre las poblaciones consumidoras de aguas con estos niveles de contaminación.

Los HAPs son considerados los constituyentes más importantes en los vertidos de agua de producción en relación con los potenciales peligros ecológicos <sup>(237)</sup>. Asimismo, estos contaminantes generan un gran interés, porque algunos de ellos son altamente cancerígenos en animales de laboratorio y están implicados en los cánceres de mama, pulmón y colon entre otros, en los seres humanos <sup>(52)</sup>. Por ello, la evaluación de riesgos propuesta en esta tesis se centra exclusivamente en la evaluación del riesgo cancerígeno de los HAPs.

Como ya se mencionó en la introducción (pág. 32), la evaluación de la toxicidad a los HAPs se suele expresar a través de BaP dado que es representativo de los efectos de los compuestos de este grupo.

El análisis de riesgos realizado se basó en la evaluación de los efectos cancerígenos de los HAPs en términos de equivalencia con el BaP a través de benzo(a)pireno equivalente (BaP<sub>eq</sub>). Los factores de equivalencia toxica (TEFs) utilizados fueron los propuestos por Nisbet y Lagoy <sup>(242)</sup> y modificados posteriormente por Malcon y Dobson (Tabla 16) <sup>(243)</sup>.

**TABLA 16.** Factores de equivalencia tóxica (TEFs) para cada PAHs relativos a B[a]P

Compuesto	TEFs
Dibenzo[a,h]antraceno	1 <sup>a</sup>
Benzo[a]pireno	1
Benzo[a]antraceno	0.1
Benzo[b]fluoranteno	0.1
Benzo[k]fluoranteno	0.1
Indeno[1,2,3-c,d]pireno	0.1
Antraceno	0.01
Benzo[g,h,i]perileno	0.01
Criseno	0.01
Acenafteno	0.001
Acenaftileno	0.001
Fluoranteno	0.001
Fluoreno	0.001
Naftaleno	0.001
Fenantreno	0.001
Pireno	0.001

<sup>a</sup> Valores adoptados por Malcon and Dobson

La metodología de la evaluación toxicológica de riesgos está estructurada en cuatro etapas: identificación de los peligros, relación dosis-respuesta, evaluación de la exposición y caracterización del riesgo.

A continuación se mencionará la metodología seguida en cada una de las fases de la evaluación.

### **IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO: EVALUACIÓN DE LA POBLACIÓN EXPUESTA**

Se han considerado dos escenarios de exposición para adultos que consumen agua proveniente de las potenciales fuentes contaminantes.

El primero, para la exposición por consumo oral de agua de las comunidades cercanas a los campos petrolíferos proveniente de cualquier fuente. El segundo para la exposición dérmica de los PAHs en aguas de baño o ducha. Los valores considerados para la exposición se encuentran recogidos en la tabla 17. Los escenarios fueron construidos basándose en situaciones reales y se utilizaron las hipótesis más conservadoras bajo la premisa del principio de precaución. Para la existencia de diferentes valores aplicables a un mismo parámetro se utilizó el valor correspondiente a la Máxima Exposición Razonable (RME) por ser los parámetros de exposición más sensibles <sup>(244,245)</sup>.

TABLA 17. Valores de exposición para los dos escenarios

	Parámetros de exposición	Adultos
<b>Escenario 1</b>	Tasa de ingestión (L/día) <sup>a</sup>	2
<b>Escenario 2</b>	Frecuencia del evento-EV (evento/día) <sup>b</sup>	1
	Frecuencia de exposición-EF (días/año) <sup>b</sup>	350
	Duración del evento- t <sub>evento</sub> (hr/evento) <sup>b</sup>	0,58
	Área de superficie de piel- SA (cm <sup>2</sup> ) <sup>b</sup>	18.000
<b>Ambos</b>	Peso corporal (kg) <sup>c</sup>	71,8
	Duración de la exposición- ED (años) <sup>b</sup>	20
	Tiempo promedio-AT (años) <sup>a,b</sup>	70

<sup>a</sup>Adaptado de US EPA Exposure Factor Handbook <sup>(244)</sup>

<sup>b</sup>Adaptado de US EPA Risk Assessment Guidance for Superfund <sup>(245)</sup>

<sup>c</sup>Media ponderada extraída de las mediciones in situ

## RELACIÓN DOSIS-RESPUESTA: EVALUACIÓN DE LA CARCINOGENICIDAD PARA LA EXPOSICIÓN DIARIA

Para aquellas sustancias que se ha demostrado que son cancerígenas para el hombre, o que es probable que lo sean, se determina el índice de toxicidad que relacione la dosis con la respuesta genotóxica.

En el caso de los cancerígenos, la curva dosis-respuesta se construye graficando en el eje de ordenadas, la probabilidad de que se produzca cáncer y en el de abscisas, la dosis suministrada.

Los datos experimentales normalmente se encuentran en rangos de dosis de una magnitud considerablemente mayor que las que puede experimentar el ser humano por exposición a tóxicos ambientales.

Por ello, es necesario extrapolar los resultados observados hacia la región de dosis cercanas a cero. La extrapolación se puede hacer usando diferentes modelos matemáticos para linealizar los resultados. La pendiente de la región linealizada de esta curva es el índice de toxicidad que se usa para evaluar riesgos ambientales producidos por cancerígenos y se le denomina Factor de Pendiente. Las unidades son (mg/kg\*día)<sup>-1</sup>.

Existen diferentes referencias respecto a los valores toxicológicos del BaP para la estimación final del riesgo. En la siguiente tabla quedan recogidos aquellos valores de referencia (factor pendiente) según la fuente y la respuesta cancerígena encontrada.

**TABLA 18.** Datos de riesgo oral y dérmico del BaP

Valores de referencia Tóxica	Fuente de los datos	Año (Última revisión)	Referencia	Tipo de Cáncer
7,3 (mg/kg*día) <sup>-1</sup>	Datos de estudios en animales	1994	U.S. EPA IRIS	Papiloma y carcinoma de estómago anterior y células escamosas; papiloma y carcinoma (combinado) de estómago anterior, laringe y esófago.
37,47(mg/kg*día) <sup>-1</sup>	Datos de estudios en animales	1998	Hussain, M.	Cáncer de piel <sup>(246)</sup>
5,0 <sup>-4</sup> (mg/kg*día) <sup>-1</sup>	Datos de estudios en animales	2000	RIVM	Todos los cánceres
11,5 (mg/kg*día) <sup>-1</sup>	Datos de estudios en animales	2002	Schneider, K.	Todos los cánceres <sup>(247)</sup>

Según el escenario seleccionado se eligió un valor de referencia toxicológica diferente.

Para el escenario contemplado para la vía oral, se estimó la posibilidad de presentar algún tipo de cáncer –sin especificar-. Al no contar con información sobre cánceres específicos en la zona de estudio.

En el caso del escenario propuesto para la exposición dérmica, se consideró prioritario, por las características de la exposición, el cáncer de piel.

En función de estas consideraciones y de las recomendaciones de la bibliografía consultada, para la evaluación carcinogénica vía oral se utilizó el valor marcado por la EPA de 7,3 (mg/kg\*día)<sup>-1</sup>, a pesar de existir un valor más conservador propuesto por Schneider *et al.* <sup>(247)</sup> puesto que éste se estableció para la evaluación de riesgos en suelos contaminados por HAPs y no de agua.

En relación con la estimación de cáncer de piel para la vía dérmica, se utilizó la unidad de riesgo de 37,47 (mg/kg\*día)<sup>-1</sup> establecida por Hussain en 1998 <sup>(246)</sup> asumiendo un nivel promedio de exposición de BaP de 1 (mg/kg\*día)<sup>-1</sup> a partir de los estudios realizados por Schmähl *et al.* <sup>(248)</sup> en 1977 y Krewski *et al.* <sup>(249)</sup> en 1991.

## EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

La dosis de exposición para la ingesta de agua contaminada por HAPs, fue estimada a través de la siguiente ecuación:

$$DE_1 = \frac{C_w \times IR}{BW} \quad (1)$$

donde DE<sub>1</sub> es la dosis de exposición oral (mg/kg\*día), C<sub>w</sub> es la concentración en agua (mg/L), IR es la tasa de ingestión (L/día) y BW es el peso corporal (kg).

La ecuación utilizada para la exposición por contacto dérmico fue:

$$DE_2 = \frac{DA_{evento} \times EF \times EV \times SA}{BW} \quad (2)$$

donde  $DE_2$  es la dosis de exposición dérmica (mg/kg\*día),  $DA_{evento}$  es la dosis de absorción por evento (mg/cm<sup>2</sup>-evento),  $EF$  es la frecuencia de exposición (días/año),  $EV$  es la frecuencia del evento (evento/día),  $SA$  es el área de superficie de piel en contacto con los contaminantes (cm<sup>2</sup>) y  $BW$  es el peso corporal (Kg).

$DA_{evento}$  fue calculada de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$DA_{evento} = 2 \times FA \times K_p \times C_w \sqrt{\frac{6\tau_{evento} \times t_{evento}}{\pi}} \quad (3)$$

donde  $FA$  es la fracción de agua absorbida (adimensional),  $K_p$  es el coeficiente de permeabilidad dérmica del compuesto en agua (cm/hr),  $C_w$  es la concentración del químico en el agua (mg/cm<sup>3</sup>),  $\tau_{evento}$  es el tiempo por evento (hr/evento) y  $t_{evento}$  es la duración del evento (hr/evento).

Una vez calculadas las dosis de exposición para cada una de las rutas, se evaluó el riesgo individual para todos los cánceres combinando exposiciones para cada escenario.

No se calcularon los efectos no cancerígenos para estos dos escenarios. La ecuación utilizada para el cálculo individual del exceso de cáncer fue la siguiente:

$$IER = SF \times \frac{ED}{AT} \times \sum_i DE_i \times TEF_i \quad (4)$$

donde  $IER$  es el exceso de riesgo cancerígeno individual para cada contaminante y ruta,  $SF$  es el factor pendiente de BaP,  $ED$  es la duración de la exposición (años),  $AT$  es un tiempo promedio (años), y  $TEF_i$  es los factores de equivalencia tóxica para los HAPs individuales relativos al BaP.

## CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

Consideramos como caracterización del riesgo aquellos riesgos que pueden aparecer en los individuos consumidores de cada una de las fuentes de agua consideradas durante el muestreo.

Al tener información exclusivamente de las fuentes de agua analizadas, los resultados que se expresarán en el apartado posterior serán relativos a la tipología de fuente de agua consumida en las comunidades presentes en la región de exposición (a menos de 30 km de campos petrolíferos). Por lo tanto los resultados de riesgo sólo son inferibles a aquellos individuos que hagan un consumo continuado de agua del tipo de fuente concreto, siendo mayores o menores que los estimados, en función de la proporción de consumo de cada fuente.

## 4.6 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO

Dentro de esta tesis vamos a diferenciar entre variables independientes y variables dependientes categorizando cada una de ellas según sus características.

### 4.6.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

- **Cada uno de los contaminantes** analizados en las muestras de agua mencionados en el apartado “4.5.1.2 Compuestos del petróleo seleccionados” (pág. 112). Las unidades en las que se expresarán las concentraciones de dichos compuestos serán  $\mu\text{g/L}$ .
- **Determinaciones fisicoquímicas:** pH, conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ ), sólidos totales disueltos ( $\text{mg/L}$ ) y temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- **Características del punto de muestreo:** altitud (m) y coordenadas geográficas (UTM).
- **Variables sociodemográficas:** edad, lugar de residencia, grupo étnico (quechua, aymara, guaraní, ninguno u otro) y estado civil (soltero/a, casado/a-unido/a-viviendo en pareja o viudo/a-separado/a-divorciado/a).



- **Variables socioeconómicas:** nivel de educación (ninguno, primaria incompleta, primaria completa, secundaria incompleta, secundaria completa o educación superior) y en el caso de que una mujer esté casada, unida o viviendo en pareja, se incluye también la ocupación del marido o compañero.

Para la categorización de la ocupación se utilizó la clasificación según la situación en el empleo presentada por la «Clasificación Internacional de la Situación en el Empleo» (CI-SE-93). Asimismo, dentro de las variables socioeconómicas se incluyó un indicador de habitabilidad.

El indicador de habitabilidad fue construido a partir de la ponderación de las variables tenencia de electricidad, tenencia de letrina y material de construcción de la vivienda (Fig.12).

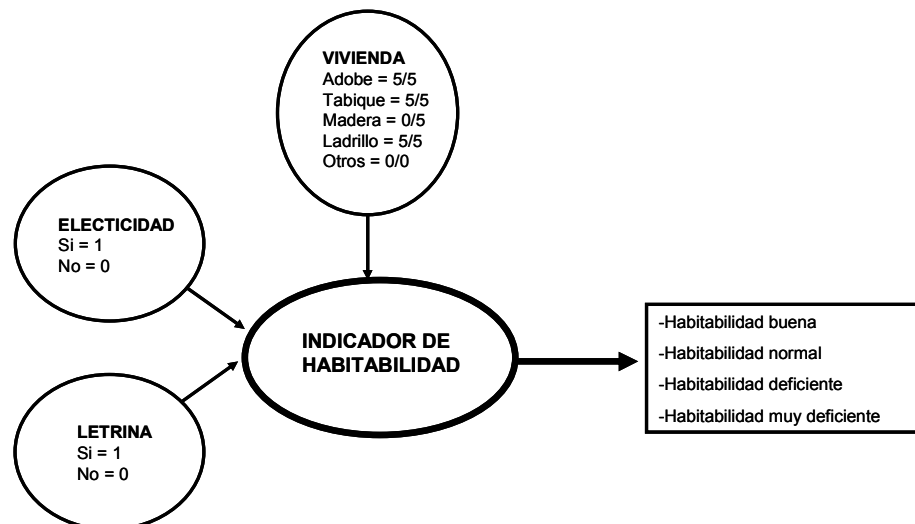


Fig 12. Construcción del indicador de habitabilidad

- **Variables sobre las características de las fuentes de consumo de agua:** En el cuestionario se trataron distintas variables referentes a la exposición directa con la intención de conocer las posibles formas de exposición por ingesta y por contacto dérmico.
  - Exposición por ingesta: las variables utilizadas fueron la fuente de consumo habitual de agua para bebida, la fuente de consumo habitual de agua para la preparación de los alimentos y los posibles tratamientos sobre el agua.
  - Exposición dérmica: las variables utilizadas fueron la fuente habitual de agua para el baño y la frecuencia de uso de la fuente.

El objetivo de esta parte de la encuesta fue poder realizar posteriormente una separación poblacional en función de los resultados de los análisis de agua (*epígrafe 4.7 análisis estadístico*). Para ello se diferenciaron personas consumidoras de agua contaminada (expuestas a los compuestos del crudo) de personas consumidoras de agua sin contaminar (no expuestas) (Fig. 13).

Se consideró contaminada aquella muestra de agua perteneciente a cualquiera de las fuentes de consumo en la que se encontró alguno de los compuestos del petróleo analizados en concentraciones por encima de los límites establecidos por la legislación boliviana.

Esta parte solamente se utilizó para la región cercana a los pozos de petróleo de la que se tiene información in situ sobre las características químicas del agua.

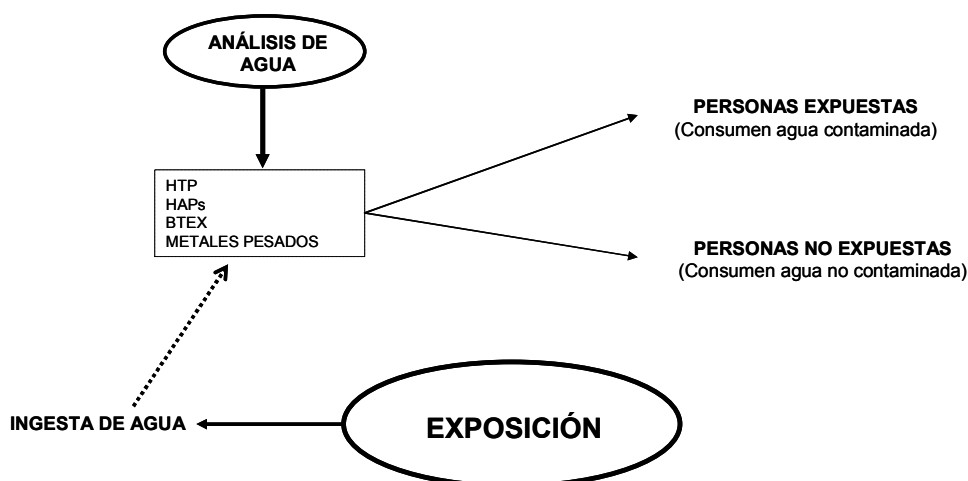


Fig 13. Diseño de la exposición según el consumo de agua contaminada

- **Variables sobre el consumo de tabaco y alcohol:**

- Consumo de tabaco: se consideraron tres opciones, fumador/a, exfumador/a o nunca ha fumado. En esta variable cada respuesta fue considerada en función a las siguientes definiciones: i) persona fumadora aquella que consumía en el momento del estudio al menos un cigarrillo, ii) persona exfumadora aquella que en el momento del estudio no fumaba ni un solo cigarrillo pero había fumado en el pasado y iii) persona no fumadora aquella que nunca había consumido ni un cigarrillo.
- Consumo de alcohol: variable dicotómica, cuya modalidad “sí”, recoge el hecho de consumir algún tipo de bebida alcohólica diariamente.

- **VARIABLES fisiológicas:** talla (cm) y peso (kg). Como se ha comentado anteriormente, la variable peso se utilizó en el análisis cuantitativo de riesgos.

#### 4.6.2 VARIABLES DEPENDIENTES

- **VARIABLES relacionadas con el estado de salud:** para medir el perfil del estado de salud de la población se consideraron 11 ítems en los que quedaban recogidas variables sobre la salud general, dolor corporal, salud mental y situación social. Los ítems incluidos en la encuesta fueron seleccionados a partir de otros cuestionarios sobre el estado de salud auto-percibida <sup>(250-252)</sup>. Las preguntas realizadas corresponden a:

- Estado de salud.
- Limitaciones en un día normal.
- Realizó menos tareas de las deseadas en las cuatro últimas semanas a causa de su salud física.
- Dejó de hacer alguna tarea/trabajo cotidiano en las cuatro últimas semanas a causa de su salud física.
- Realizó menos tareas de las deseadas en las cuatro últimas semanas a causa de la su salud emocional.
- Dejó de hacer alguna tarea/trabajo cotidiano en las cuatro últimas semanas a causa de su salud emocional.
- El dolor ha dificultado su trabajo en las últimas 4 semanas.
- Se siente calmado/ tranquilo en las últimas 4 semanas.
- Se siente con energía en las últimas 4 semanas.
- Se siente desanimado/triste en las últimas 4 semanas.
- Su salud física y emocional han dificultado sus actividades sociales en las últimas 4 semanas.

Las opciones de respuesta forman escalas de tipo Likert que evalúan intensidad o frecuencia. El número de opciones de respuesta oscila entre tres y seis, dependiendo del ítem.

En el tratamiento estadístico de los datos, estas variables fueron analizadas como variables politómicas y posteriormente se dicotomizaron según queda recogido en la tabla 19.

**TABLA 19.** Categorías usadas en la dicotomización de las variables del estado de salud

	<b>Número de respuestas (dicotómica-politómica)</b>	<b>Codificación usada en la dicotomización de las variables politómicas</b>
Estado de salud	Excelente Muy buena Buena Regular Mala	<b>0:</b> No buena: regular o mala. <b>1:</b> Buena: excelente o muy buena o buena.
Limitaciones en un día normal	Sí, me limita mucho Sí, me limita un poco No, no me limita nada	<b>0:</b> No me limita <b>1:</b> Si me limita: si me limita mucho o si me limita un poco
Realizo menos tareas de las deseadas en las 4 últimas semanas a causa de su salud física	Sí No	<b>0:</b> No <b>1:</b> Sí
Dejo de hacer alguna tarea/trabajo cotidiano en las 4 últimas semanas a causa de su salud física	Sí No	<b>0:</b> No <b>1:</b> Sí
Realizo menos tareas de las deseadas en las 4 últimas semanas a causa de la su salud emocional	Sí No	<b>0:</b> No <b>1:</b> Sí
Dejo de hacer alguna tarea/trabajo cotidiano en las 4 últimas semanas a causa de su salud emocional	Sí No	<b>0:</b> No <b>1:</b> Sí
El dolor ha dificultado su trabajo en las últimas 4 semanas	Nada Un poco Regular Bastante Mucho	<b>0:</b> No: Nada <b>1:</b> Sí: Un poco o regular o bastante o mucho
Se siente calmado(a)/tranquilo(a) en las últimas 4 semanas	Siempre Casi siempre Muchas veces Algunas veces Solo alguna vez Nunca	<b>0:</b> No: Algunas veces o solo alguna vez o nunca <b>1:</b> Sí: Siempre o casi siempre o muchas veces
Se siente con energía en las últimas 4 semanas	Siempre Casi siempre Muchas veces Algunas veces Solo alguna vez Nunca	<b>0:</b> No: Algunas veces o solo alguna vez o nunca <b>1:</b> Sí: Siempre o casi siempre o muchas veces
Se siente desanimado(a)/triste en las últimas 4 semanas	Siempre Casi siempre Muchas veces Algunas veces Solo alguna vez Nunca	<b>0:</b> No: Algunas veces o solo alguna vez o nunca <b>1:</b> Sí: Siempre o casi siempre o muchas veces
Su salud física y emocional han dificultado sus actividades sociales en las últimas 4 semanas	Siempre Casi siempre Muchas veces Algunas veces Solo alguna vez Nunca	<b>0:</b> No: Algunas veces o solo alguna vez o nunca <b>1:</b> Sí: Siempre o casi siempre o muchas veces

- **Variables sobre sintomatología:** se incluyó un listado con distintos grupos sintomáticos (generales, respiratorios, digestivos, dérmicos, musculoesqueléticos y del sistema nervioso). Las opciones de respuesta fueron dicotómicas: si y no. El listado de síntomas queda recogido en la siguiente tabla:

**TABLA 20.** Listado de síntomas utilizados para cada grupo sintomático

<b>Generales</b>	<b>Piel</b>
Fiebre	Piel roja
Dolor de Cabeza	Hongos
Ojos rojos	Ampollas
Dolor de ojos	Picores
Dolor de oídos	Erupción
Cansancio	<b>Musculoesqueléticos</b>
Orina con frecuencia	Dolor de cuerpo
Mareos	Dolor de articulaciones
Debilidad	Calambres
<b>Respiratorios</b>	<b>Sistema nervioso</b>
Escozor de la nariz	Se siente más nervioso de lo normal
Tos	Problemas para dormir
Asma	Depresión (Tristeza)
Dolor de pecho	Cambios de humor
Dificultad al respirar	
Dolor de garganta	
<b>Digestivos</b>	<b>Otros</b>
Náuseas	Otros síntomas (especifique)
Vómito	
Diarrea	
Dolor de estómago	
Pérdida de apetito	

Se procedió a realizar un análisis estadístico de estas variables desagregando por síntomas y por grupos sintomáticos.

Como periodo de tiempo de recuerdo se consideraron los últimos doce meses y las dos últimas semanas.

La selección de los síntomas sobre los que recabar información se basó en los síntomas recogidos en estudios previos, como son síntomas generales,

digestivos, dérmicos, etc. (29,83,90,91,99,146,157).

El periodo de tiempo de recuerdo fue elegido según la bibliografía consultada, que sugiere que el periodo de dos a cuatro semanas es un espacio de tiempo razonable para la mayoría de las variables de estudios sobre salud comunitaria (253). A pesar del posible sesgo de memoria, también se ha considerado un periodo de 12 meses para tratar de recoger una posible estacionalidad en la aparición de los síntomas.

- **Variables sobre el historial médico:** se incluyen los episodios clínicos y farmacológicos de las últimas cuatro semanas mediante las siguientes variables dicotómicas: enfermedad en cama, visita al médico, ingesta de medicamentos, hospitalización y muerte. El periodo de tiempo de recuerdo para estas variables fue de cuatro semanas.
- **Variables de episodios reproductivos:** estas son las variables que diferencian la encuesta de mujeres frente a la de hombres. Dentro de este apartado se incluyeron las variables: número de embarazos, edad en el primer embarazo, total de embarazos con nacidos vivos, número de abortos, edad en el momento en que acontece el aborto, número de bebé en el que se produjo el aborto y las variables discretas: embarazo en el momento de la encuesta, problemas para quedarse embarazada, consultó al doctor por este problema y tratamiento del problema y por último aborto.

En relación con los tres primeros episodios reproductivos, las variables contempladas fueron: resultado de embarazo, sexo del neonato, edad del nacido en la actualidad, supervivencia actual del nacido, confirmación del embarazo, lugar del parto, atención del parto, defectos o malformaciones en el neonato, hábito tabáquico durante el embarazo, consumo de alcohol durante el embarazo, medicación durante el embarazo y métodos de planificación familiar usados.

Las anteriores variables se consideraron de acuerdo con las siguientes definiciones: i) embarazo se definió como la percepción subjetiva de éste por la encuestada, ii) pérdida o aborto se utilizó para describir la pérdida del feto por causas naturales antes de la semana 20 del embarazo, iii) nacido muerto se definió como la pérdida fetal posterior a la semana 20 del embarazo y, iv)

nacido a término, se consideró a aquel nacido vivo después de la semana 36 de gestación.

Las definiciones elegidas en este estudio corresponden a las que ya se utilizaron en el estudio de San Sebastián <sup>(29)</sup> en la amazonía ecuatoriana. Se utilizaron estas definiciones porque se consideraron las más apropiadas dada la similitud de los estudios y las áreas geográficas estudiadas.

#### 4.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis descriptivo tanto para los resultados de los análisis de aguas como para los datos extraídos de las encuestas.

Las variables continuas se describieron mediante medidas de centralización y dispersión (medias o medianas si la distribución fue asimétrica), acompañadas de sus correspondientes intervalos de confianza al 95% y, para las variables cualitativas, se obtuvo la distribución de frecuencias (prevalencias y proporciones con intervalos de confianza al 95%).

Se comprobó la normalidad de las variables cuantitativas mediante el test de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors y Shapiro-Wilk.

Para el estudio del efecto que las actividades de extracción de petróleo pueden tener en la salud a través de sus compuestos potencialmente contaminantes se realizaron dos tipos de modelos. El objetivo de esta diferenciación fue la de contemplar de dos formas diferentes la exposición a contaminación.

##### MODELO A: EXPOSICIÓN EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA

En este modelo las poblaciones comparadas fueron:

- **Población expuesta:** población residente en la región de exposición cercana, a menos de 30 km de un campo de extracción de petróleo.
- **Población no expuesta:** población residente en la región de exposición lejana o no exposición, a más de 30 km de un campo de extracción de petróleo.

## **MODELO B: EXPOSICIÓN EN FUNCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

En este modelo las poblaciones en comparación fueron:

- **Población expuesta:** población consumidora de agua contaminada (se especifica a continuación) según los resultados extraídos de las analíticas de agua.
- **Población no expuesta:** población consumidora de agua no contaminada según los resultados extraídos de las analíticas de agua.

En este modelo solamente se tuvo en cuenta la población que en el modelo anterior se consideró residente a menos de 30 km (región de exposición cercana) de un campo de extracción de petróleo, pues por los motivos previamente expuestos, fue la región de la se obtuvieron datos sobre contaminación del agua.

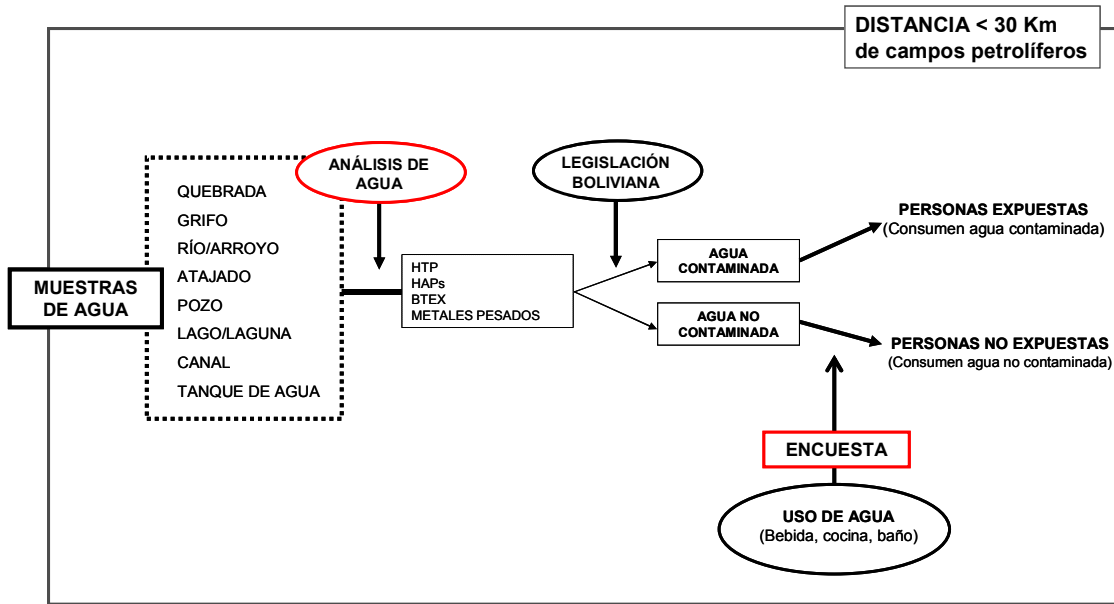
A partir de los datos de los análisis de cada muestra agua correspondiente a una fuente de consumo se distinguieron entre muestras contaminadas y muestras no contaminadas.

Una muestra contaminada fue aquella en la que se encontró presencia de alguno de los compuestos analizados con una concentración por encima de la permitida por la legislación boliviana. Se consideró dicha legislación por ser la de referencia en ese país y por la ausencia de normativa que regule la calidad del agua potable a nivel internacional.

A partir de esta clasificación y los datos reportados por cada encuestado/a en el apartado fuente de consumo de agua de la encuesta, se asignó a cada sujeto a un grupo (expuesto o no expuesto).

Por tanto, una persona expuesta fue aquella cuya respuesta en la encuesta correspondía a una fuente de agua en la que se hubiesen hallado concentraciones de algún contaminante por encima de los límites de la normativa boliviana (Fig. 14).





**Fig 14.** Esquema sobre el cruce de las variables para la categorización de la población según el consumo de agua

Para establecer posibles diferencias entre los grupos de estudio se realizó un análisis bivalente: Ji-Cuadrado ( $\chi^2$ ) para las variables discretas y comparación de medias para las variables continuas.

En el análisis de los posibles factores que influyen en la prevalencia de los síntomas estudiados o de los efectos reproductivos, para ambos modelos, se utilizó la prueba de la Ji-Cuadrado ( $\chi^2$ ) para el cálculo de los Odds Ratio crudos. Por el diseño transversal del estudio los estimadores obtenidos son odds ratio de prevalencia.

En el estudio de las posibles variables confusoras se consideraron aquellas en las que la inclusión en el modelo supusiera una variación del OR superior al 10%.

Para el cálculo de los OR ajustados, se utilizó una regresión logística binaria multivariante, siendo la variable desenlace la presencia del síntoma o grupo de síntomas considerados.

Todos los contrastes de hipótesis para estimar las diferencias, asociaciones y relaciones, se consideraron significativos cuando el p-valor fue menor que el riesgo  $\alpha=0.05$ .

Para el análisis estadístico de los datos, se utilizó el programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences) versión 14.0 y Stata 9.1.

#### **4.8 CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Previa realización del estudio, se pidió el consentimiento libre e informado a todos los/as participantes de acuerdo con la declaración de Helsinki<sup>5</sup> de la Asociación Médica Mundial.

El consentimiento libre e informado se realizó verbalmente antes del comienzo de la encuesta o entrevista del personal sanitario.

Toda la información recogida se mantuvo bajo estricta confidencialidad y todos los resultados extraídos de este estudio serán reportados a las autoridades y entidades locales que han participado en el estudio.

En lo relativo a la toma de muestras, se pidió el consentimiento a los Ayuntamientos de las comunidades involucradas en el estudio.

---

<sup>5</sup>Última revisión de la Asamblea General, Edimburgo, Escocia, octubre 2000.

# Resultados



## 5. RESULTADOS

### 5.1 MODELO A: EXPOSICIÓN EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA

La muestra está compuesta por un total de 1000 individuos, 500 de los cuales residen en la región de exposición cercana (a menos de 30 km de los campos de extracción de petróleo), a partir de ahora designada como población expuesta y los 500 restantes residen en la región de exposición lejana o no exposición (a más de 30 km de un campo de extracción de petróleo) designada como población no expuesta o control.

La distribución en función del sexo fue de 500 mujeres (250 expuestas y 250 control) y 500 hombres (250 expuestos y 250 control) como ya se mencionó en el apartado material y métodos.

En las tablas 21 y 22, queda recogida la distribución de la población en función de la comunidad y del sexo.

**TABLA 21.** Representación proporcional de cada comunidad en el conjunto de la muestra en la región expuesta

	Población		Mujeres		Hombres	
	n	(%)	nm	(%)	nh	(%)
San Antonio	60	12,0	32	12,8	28	11,2
Tigüipa Estación	48	9,6	25	10,0	23	9,2
Ibopeiti	23	4,6	11	4,4	12	4,8
Puesto Uno	25	5,0	8	3,2	17	6,8
Ipa	14	2,8	6	2,4	8	3,2
Camatindi	71	14,2	39	15,6	32	12,8
Cueva Del León	6	1,2	3	1,2	3	1,2
Tres Pozos	18	3,6	9	3,6	9	3,6
Circulación	6	1,2	3	1,2	3	1,2
Quebrachal	11	2,2	5	2,0	6	2,4
Capirendita	31	6,2	16	6,4	15	6,0
Tararí	37	7,4	19	7,6	18	7,2
Igüembe	5	1,0	3	1,2	2	0,8
Caiguamí	11	2,2	5	2,0	6	2,4
Lagunitas	6	1,2	3	1,2	3	1,2
Chimeo	19	3,8	9	3,6	10	4,0
Caigua	53	10,6	26	10,4	27	10,8
Puesto García	24	4,8	12	4,8	12	4,8
Tahiguati	18	3,6	9	3,6	9	3,6
Pirití	4	0,8	1	0,4	3	1,2
Pelicano	10	2,0	6	2,4	4	1,6
Total	500	100%	250	100%	250	100%

**n:** población en cada comunidad

**nm:** población de mujeres en cada comunidad

**nh:** población de hombres en cada comunidad

**TABLA 22.** Representación proporcional de cada comunidad en el conjunto de la muestra en la región no expuesta

	Población		Mujeres		Hombres	
	n	(%)	nm	(%)	nh	(%)
Ñacamiri	86	17,2	43	17,2	43	17,2
Igüembe	78	15,6	39	15,6	39	15,6
Huirasay	64	12,8	32	12,8	32	12,8
Aguirenda	96	19,2	48	19,2	48	19,2
La Tapera	72	14,4	36	14,4	36	14,4
Sapiranguimiri	48	9,6	24	9,6	24	9,6
Yaire	56	11,2	28	11,2	28	11,2
Total	500	100%	250	100%	250	100%

n: población en cada comunidad

nm: población de mujeres en cada comunidad

nh: población de hombres en cada comunidad

### 5.1.1 CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS Y SOCIOECONÓMICAS

Las características sociodemográficas y socioeconómicas, según la información reportada en las encuestas, quedan recogidas en las dos siguientes tablas. En la tabla 23 se muestra la información relativa a las variables discretas según el grupo de exposición y según el sexo y en la tabla 24 se describen las variables continuas.

Como se puede apreciar en la población expuesta el grupo mayoritario es aquel con más de 40 años, de la etnia guaraní, casados/as, con la primaria incompleta, dedicado a la agricultura o ganadería por cuenta propia desde hace más de 12 meses de forma regular y que vive una vivienda con buena habitabilidad o deficiente según el grupo o el sexo. Sin embargo, en el análisis estadístico se encontraron diferencias entre los dos grupos de estudio en relación con las variables: grupo etáreo, grupo étnico, nivel de educación, sector de ocupación, categoría del trabajo, tiempo trabajado, durabilidad del trabajo, sector de ocupación del marido, tenencia de electricidad, tenencia de letrina e indicador de habitabilidad ( $p < 0,05$ ). Así como, el tiempo de permanencia en la comunidad ( $p < 0,001$ ) siendo mayor en la población situada cerca de la región petrolera.

Estas diferencias encontradas ponen de manifiesto que la población residente en la región de exposición lejana o no exposición tiene peor nivel socioeconómico que la población residente cerca de los campos petrolíferos.

**TABLA 23.** Características sociodemográficas.  
Descripción de las variables discretas según la exposición y el sexo

	Grupo Expuesto				Grupo No Expuesto			
	Mujeres Nm=250		Hombres Nh= 250		Mujeres Nm=250		Hombres Nh= 250	
	nm	(%)	nh	(%)	nm	(%)	nh	(%)
<b>Grupo Etéreo</b>								
15 a 19 años	29	11,6	18	7,2	36	14,4	44	17,7
20 a 24 años	38	15,2	35	14,0	32	12,8	31	12,5
25 a 29 años	48	19,2	20	8,0	24	9,6	21	8,5
30 a 34 años	26	10,4	31	12,4	22	8,8	28	11,3
35 a 39 años	37	14,8	46	18,4	42	16,8	26	10,5
> de 40 años	72	28,8	100	40,0	93	37,2	98	39,5
<b>Grupo Étnico</b>								
Quechua	17	6,9	28	11,4	12	4,8	18	7,2
Aymara	1	0,4	0	0	1	0,4	0	0
Guaraní	103	41,5	92	37,4	165	66,0	156	62,4
Weenhayek	35	14,1	37	15,0	0	0	0	0
Ninguno	89	35,9	85	32,5	61	24,4	57	22,8
Otro	3	1,2	4	3,7	11	4,4	19	7,6
<b>Estado civil</b>								
Soltero/a	55	22,3	57	23,7	40	16,1	78	32,1
Casado/a -unido/a	180	72,9	175	72,6	193	77,8	162	66,7
Viviendo en pareja								
Viudo/a – divorciado/a separado/a	12	4,9	9	3,7	15	6,0	3	1,2
<b>Educación</b>								
Ninguno	47	18,9	18	7,2	67	26,8	33	13,2
Primaria incompleta	137	55,0	138	55,2	117	46,8	122	48,8
Primaria completa	12	4,8	22	8,8	25	10,0	22	8,8
Secundaria incompleta	27	10,8	30	12,0	16	6,4	30	12,0
Secundaria completa	22	8,8	36	14,4	12	4,8	29	11,6
Educación superior	4	1,6	6	2,4	13	5,2	14	5,6
<b>Trabajo</b>								
Si	103	41,5	210	84,0	126	50,8	208	83,2
No	145	58,5	40	16,0	122	49,2	42	16,8
<b>Ocupación ‡</b>								
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	22	22,2	106	52,2	79	65,3	184	89,3
Pesca	2	2,0	25	12,3	0	0	0	0
Explotación de minas o canteras	1	1,0	0	0	0	0	0	0
Industria manufacturera	0	0	4	2,0	0	0	0	0
Suministro de electricidad, gas y agua	0	0	1	0,5	0	0	1	0,5
Comercio o reparaciones	1	1,0	3	1,5	4	3,3	3	1,5
Hoteles o restaurantes	6	6,1	0	0	1	0,8	0	0
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	0	0	3	1,5	0	0	0	0
Intermediación financiera	0	0	0	0	0	0	0	0
Actividades inmobiliarias, empresariales y alquiler	0	0	0	0	0	0	0	0
Administración pública y defensa	0	0	3	0,5	3	2,5	3	1,5
Enseñanza	10	10,1	1	1,5	10	8,3	9	4,4
Servicios sociales y de salud sociales y personales	4	4,0	4	2,0	5	4,1	1	0,5
Otras actividades de servicios comunitarios	3	3,0	1	0,5	3	2,5	0	0
Hogares privados con servicio doméstico	23	23,2	3	1,5	13	10,7	0	0
Organizaciones y órganos extraterritoriales	0	0	2	1,0	1	0,8	2	1,0
Otro	27	27,3	47	23,2	2	1,7	3	1,5
<b>Categoría de trabajo‡</b>								
Empleado/a	27	30,7	18	9,0	22	18,0	19	9,5

RESULTADOS

Trabajador/a por cuenta propia	41	46,6	126	62,7	94	77,0	176	87,6
Trabajador/a familiar auxiliar	4	4,5	7	3,5	4	3,3	5	2,5
Empleador/a o patrono/a	2	2,3	17	8,5	0	0	0	0
Miembro/a de una cooperativa	0	0	0	0	0	0	0	0
No se puede clasificar según la situación en el empleo	14	15,9	33	16,4	2	1,6	1	0,5
<b>Tiempo trabajado</b>								
< 1 mes	15	17,6	17	8,3	6	5,1	5	2,5
De 1 a 6 meses	17	20,0	26	12,7	4	3,4	10	5,0
De 6 a 12 meses	9	10,6	19	9,3	10	8,5	15	7,5
> 12 meses	44	51,8	143	69,8	97	82,9	169	84,9
<b>Durabilidad del trabajo</b>								
Todo el año (regular)	52	61,2	140	68,3	87	71,3	77	37,7
Por épocas	15	17,6	58	28,3	27	22,1	124	60,8
De vez en cuando	18	21,2	7	3,4	8	6,6	3	1,5
<b>Ocupación del marido</b>								
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	96	57,8	-	-	156	88,6	-	-
Pesca	29	17,5	-	-	1	0,6	-	-
Explotación de minas o canteras	0	0	-	-	0	0	-	-
Industria manufacturera	6	3,6	-	-	0	0	-	-
Suministro de electricidad, gas y agua	0	0	-	-	1	0,6	-	-
Comercio o reparaciones	1	0,6	-	-	1	0,6	-	-
Hoteles o restaurantes	0	0	-	-	0	0	-	-
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	6	3,6	-	-	5	2,8	-	-
Intermediación financiera	0	0	-	-	0	0	-	-
Actividades inmobiliarias, empresariales y alquiler	3	1,8	-	-	0	0	-	-
Administración pública y defensa	0	0	-	-	1	0,6	-	-
Enseñanza	0	0	-	-	4	2,3	-	-
Servicios sociales y de salud sociales y personales	1	0,6	-	-	2	1,1	-	-
Otras actividades de servicios comunitarios	9	5,4	-	-	4	2,3	-	-
Hogares privados con servicio doméstico	2	1,2	-	-	0	0	-	-
Organizaciones y órganos extraterritoriales	2	1,2	-	-	0	0	-	-
Otro	11	6,6	-	-	1	0,6	-	-
<b>Material de la vivienda</b>								
Adobe/tapial	135	54,9	137	55,0	170	69,1	141	57,6
Tabique/quinche	24	9,8	17	6,8	55	22,4	84	34,3
Caña/palma/tronco	2	0,8	0	0	0	0	3	1,2
Madera	7	2,8	9	3,6	1	0,4	0	0
Ladrillo/bloque de cemento/hormigón	76	30,9	84	33,7	5	2,0	9	3,7
Otro	2	0,8	2	0,8	15	6,1	8	3,3
<b>Electricidad</b>								
Si	102	41,3	140	56,7	28	11,3	33	13,3
No	145	58,7	107	43,3	220	88,7	216	86,7
<b>Letrina</b>								
Si	127	51,4	162	65,3	33	13,2	33	13,3
No	120	48,6	86	34,7	217	86,8	215	86,7
<b>Habitabilidad</b>								
Habitabilidad buena	74	30,1	116	47,0	18	7,4	18	7,4
Habitabilidad normal	74	30,1	65	26,3	23	9,4	29	12,0
Habitabilidad deficiente	92	37,4	60	24,3	187	76,6	185	76,4
Habitabilidad muy deficiente	6	2,4	6	2,4	16	6,6	10	4,1

‡ Clasificación de Actividades Económicas de Bolivia 1998 (CAEB-98)

† Clasificación Internacional de la Situación en el Empleo (CI-SE-93)

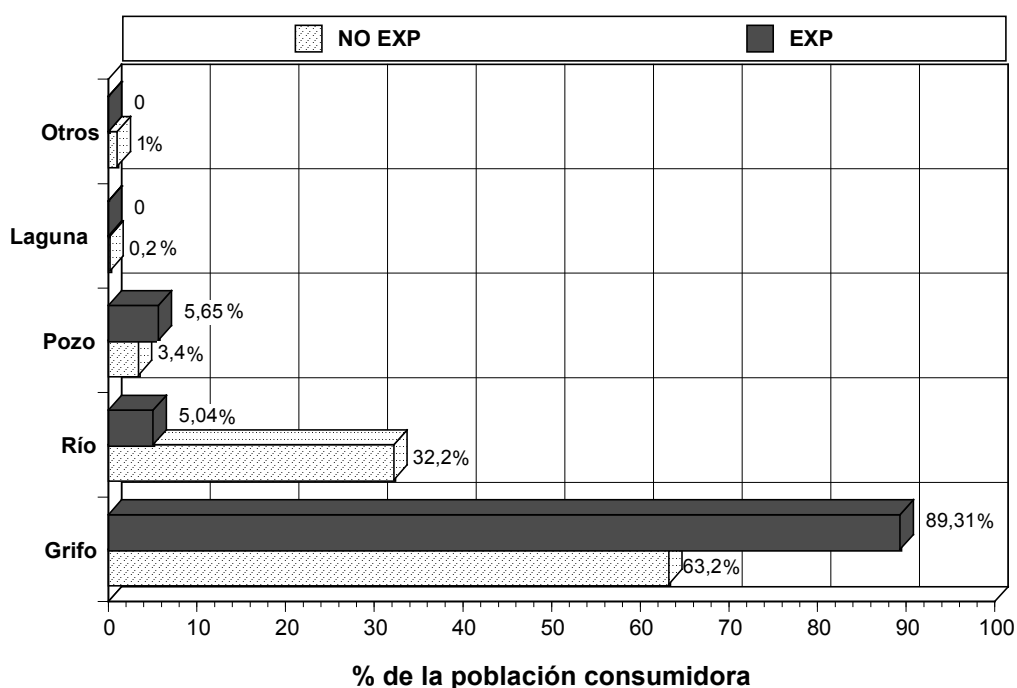


**TABLA 24.** Características sociodemográficas.  
Descripción de las variables continuas según la exposición y el sexo

	Grupo Expuesto				Grupo No Expuesto			
	Mujeres Nm=250		Hombres Nh= 250		Mujeres Nm=250		Hombres Nh= 250	
	Media	IC <sub>95%</sub>	Media	IC <sub>95%</sub>	Media	IC <sub>95%</sub>	Media	IC <sub>95%</sub>
Edad	33,86	(27,99-39,73)	37,83	(27,99-39,73)	35,89	(29,94-41,84)	35,83	(29,89-41,77)
Tiempo de residencia	20,27	(15,29-25,25)	22,45	(17,28-27,62)	15,83	(11,31-20,35)	18,91	(14,06-23,76)
Número de personas viviendo en la casa	5,54	(2,70-8,36)	5,63	(2,77-8,49)	5,65	(2,79-8,51)	5,70	(2,83-8,57)

### 5.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES DE CONSUMO DE AGUA

Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de estudio en lo referente a la fuente de agua utilizada para consumo diario ( $p < 0,001$ ). Las fuentes de consumo más habituales fueron el agua canalizada para ambos grupos aunque varía en función de la zona, resultando un 63,20% IC<sub>95%</sub><sup>6</sup>(58,87-67,32) consumidores/as en la región no expuesta y 89,31% (86,27-91,75) consumidores/as en la región expuesta. La siguiente figura contempla el porcentaje de consumidores/as en función de la fuente y la exposición.

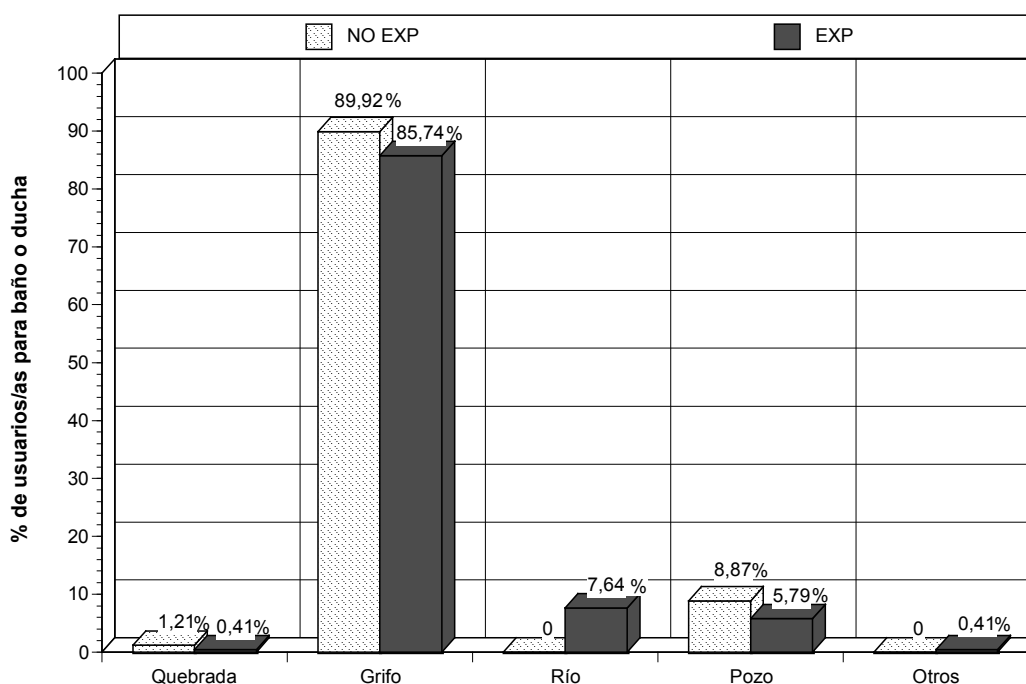


**Fig 15.** Porcentaje de usuarios/as de la fuente de consumo de agua según el tipo de exposición

<sup>6</sup> En el apartado resultados, entre paréntesis se citará el intervalo de confianza al 95% sin volver a señalar la anotación "IC<sub>95%</sub>"

Según los resultados encontrados, la mayoría de la población de estudio utiliza la misma fuente de agua tanto para bebida como para la preparación de los alimentos, 98,17% (96,52-99,05) en la población expuesta y 95,77% (93,59-97,23) en la población no expuesta. La inmensa mayoría, 92,53% (89,85-94,54) de la población expuesta y el 86,68% (83,36-89,42) reconoce no realizar ningún tipo de tratamiento al agua que utilizan para beber o cocinar.

Respecto a las fuentes de agua utilizadas para el baño o ducha, se han encontrado diferencias significativas entre ambos grupos ( $p < 0,001$ ). Sin embargo, se observa que el agua canalizada (grifo) es mayoritaria para ambos grupos. Las distribuciones en función de la exposición y la fuente de consumo quedan reflejadas en la siguiente figura.



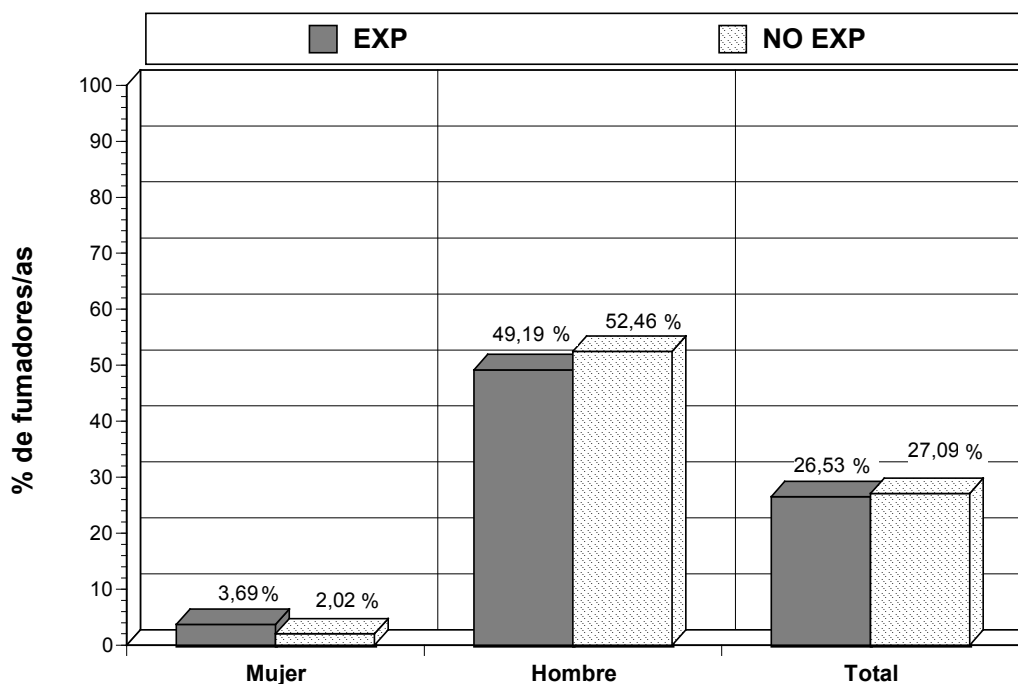
**Fig 16.** Porcentaje de usuarios/as de la fuente de consumo de agua para baño según el tipo de exposición

### 5.1.3 HÁBITO TABÁQUICO Y CONSUMO DE ALCOHOL

Los resultados hallados respecto al hábito tabáquico y el consumo habitual de alcohol advierten que para éste último existen importantes diferencias entre los grupos de exposición.

En la figura 17, se muestran los porcentajes según el sexo, de personas que declararon ser fumadoras. La diferencias halladas no fueron significativas ( $p=0,915$ ).

Respecto a la población que auto-declaró ser ex-fumadora la distribución fue del 6,73% (4,82-9,33) en la población expuesta y 6,11% (4,30-8,61) en la población control. La media (en meses) reportadas por los ex-fumadores/as desde que lo dejaron fue de 44,21 (7,15-81,28) para la población expuesta y 37,67 (10,78-64,56) para la no expuesta.



**Fig 17.** Porcentaje de fumadores/as en función del sexo y la exposición

Como se aprecia en la figura 18, existen visibles diferencias en relación al consumo de alcohol entre los dos grupos y los dos sexos, con una significancia de ( $p<0,001$ ). La población no expuesta es la que presenta mayor porcentaje de personas con un consumo asiduo de bebidas alcohólicas, siendo en ambos grupos mayor el consumo en hombres que en mujeres.

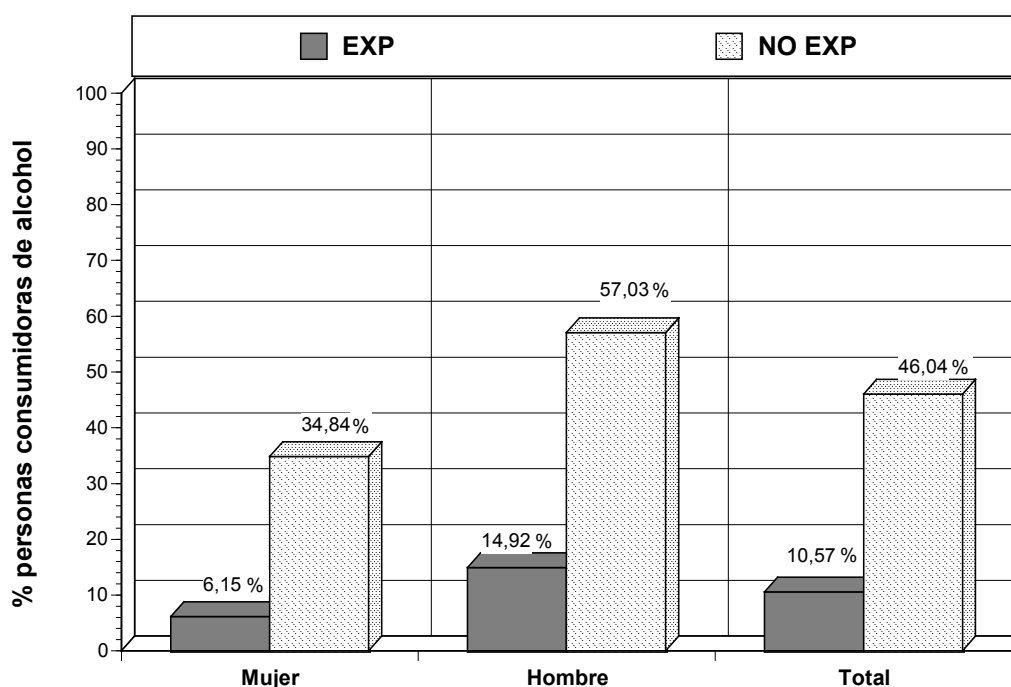


Fig 18. Porcentaje de personas consumidoras de alcohol en función del sexo y la exposición

#### 5.1.4 ESTADO DE SALUD

##### AUTO-PERCEPCIÓN DEL ESTADO DE SALUD

En el cuestionario administrado a las poblaciones de estudio se han considerado 11 ítems relativos a la percepción del estado de salud.

Se han hallado diferencias estadísticamente significativas en la percepción de salud entre los dos grupos ( $p < 0,001$ ) y estas diferencias son visibles en las distintas variables consideradas durante todo el apartado de auto-percepción de la salud. Respecto a esas diferencias la población expuesta es la que ha declarado tener mejor estado de salud.

De forma desgregada según las variables consideradas y como se observa en la tabla 25, se han encontrado diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) en la declaración de limitaciones a la hora de realizar las actividades diarias entre ambos grupos. Estas limitaciones son mayores en el caso de la población control. Asimismo, la población no expuesta tiene la percepción de que las cuatro semanas anteriores a la realización de la encuesta hicieron menos actividades de las que desearon y dejaron de realizar actividades cotidianas a causa de su salud física y emocional. Se han encontrado diferencias significativas entre ambos grupos ( $p < 0,001$ ).

También existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) en cuanto a que el dolor ha dificultado su trabajo en las últimas cuatro semanas. Para el sentimiento de calma o tranquilidad y de energía para realizar las actividades

cotidianas, la población expuesta se ha encontrado mejor que la población control, con diferencias entre ambos grupos ( $p < 0,001$ ). La población control, declaró sentirse más triste y deprimida que la población expuesta, encontrándose diferencias significativas en ambos grupos ( $p = 0,003$ ).

Respecto a las actividades sociales, la población expuesta considera que su salud física y emocional ha sido un factor que ha dificultado sus relaciones durante las últimas cuatro semanas, en este caso las diferencias entre ambos grupos no resultan significativas ( $p = 0,507$ ).

**TABLA 25.** Salud auto-percibida de la población según la exposición y el sexo

	Grupo Expuesto N=500			Grupo NO Expuesto N=500			OR de prevalencia			Valor p			OR de prevalencia (ajustado <sup>‡</sup> )			IC <sub>95%</sub>		
	nm	nh	n	nm	nh	n	mujeres	hombres	total	mujeres	hombres	total	mujeres	hombres	total	mujeres	hombres	total
Estado de salud (buena vs mala)	141	156	297	82	97	179	2,68	2,76	2,70	0,000	0,000	0,000	2,88	2,90	2,67	1,36-6,07	1,65-5,10	1,73-4,11
Limitaciones en un día normal	146	123	269	172	140	312	0,72	0,80	0,76	0,084	0,230	0,039	0,70	0,64	0,68	0,32-1,50	0,36-1,12	0,44-1,05
Realizo menos tareas de las deseadas en las 4 últimas semanas a causa de la su salud física.	75	82	157	127	125	252	0,43	0,52	0,47	0,000	0,000	0,000	0,38	0,61	0,54	0,18-0,81	0,34-1,07	0,35-0,83
Dejó de hacer alguna tarea/trabajo cotidiano en las 4 últimas semanas a causa de su salud física.	72	74	146	126	115	241	0,44	0,52	0,48	0,000	0,001	0,000	0,40	0,43	0,44	0,19-0,84	0,24-0,77	0,28-0,69
Realizó menos tareas de las deseadas en las 4 últimas semanas a causa de la su salud emocional.	75	77	152	119	109	228	0,50	0,62	0,56	0,000	0,011	0,000	0,62	0,70	0,66	0,29-1,31	0,40-1,23	0,42-1,02
Dejó de hacer alguna tarea/trabajo cotidiano en las 4 últimas semanas a causa de su salud emocional.	70	70	140	104	98	202	0,60	0,67	0,64	0,008	0,041	0,001	0,80	0,71	0,74	0,38-1,70	0,40-1,27	0,47-1,16
El dolor ha dificultado su trabajo en las últimas 4 semanas.	148	139	287	174	168	342	0,68	0,65	0,67	0,043	0,022	0,002	0,55	0,53	0,55	0,26-1,14	0,30-0,94	0,35-0,85
Se siente calmado/ tranquilo en las últimas 4 semanas	166	174	340	136	139	275	1,78	1,92	1,85	0,002	0,001	0,000	1,16	1,95	1,53	0,55-2,46	1,10-3,45	0,98-2,37
Se siente con energía últimas 4 semanas.	137	177	314	127	153	280	1,43	1,86	1,61	0,053	0,002	0,000	1,00	2,46	1,67	0,48-2,09	1,31-4,62	1,06-2,64
Se siente desanimado/triste en las últimas 4 semanas.	47	40	87	69	50	119	0,63	0,80	0,70	0,033	0,331	0,026	0,81	0,70	0,75	0,33-1,98	0,33-1,50	0,43-1,32
Su salud física y emocional han dificultado sus actividades sociales en las últimas 4 semanas.	161	156	317	173	142	315	0,86	1,37	1,09	0,442	0,096	0,507	0,77	1,38	1,16	0,36-1,63	0,79-2,42	0,75-1,79

‡ Ajustado por: nivel educativo, grupo indígena, indicador de habitabilidad y categoría del trabajo

## SINTOMATOLOGÍA

En las siguientes tablas se va a presentar la información correspondiente a la prevalencia de los síntomas considerados a través de la odd ratio de prevalencia tanto cruda como ajustada por las variables confusoras consideradas. Asimismo, se separará la información en función del periodo de tiempo de recuerdo.

Los resultados advierten que la población situada en la región de no exposición presenta mayores síntomas que la población expuesta. En las dos últimas semanas, se vieron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 26) en 28 de los 32 síntomas analizados. No se observaron cambios sustanciales en los distintos síntomas a la hora de ajustar por los variables confusoras excepto para el síntoma “tos” que dejó de ser significativo tras el ajuste.

**TABLA 26.** OR de prevalencia de los síntomas referidos a las 2 últimas semanas según la exposición

	Comunidad Expuesta (N= 500)			Comunidad NO Expuesta (N= 500)			OR*	Valor p	OR* ajustado‡	IC <sub>95%</sub>
	nm	nh	n	nm	nh	n				
<b>Generales</b>										
Fiebre	72	76	148	88	61	149	0,99	0,928	1,07	0,66-1,74
Dolor de Cabeza	129	107	236	177	120	297	<b>0,61</b>	<b>0,000</b>	<b>0,62</b>	<b>0,40-0,94</b>
Ojos rojos	28	30	58	61	73	134	0,36	0,000	<b>0,32</b>	<b>0,18-0,56</b>
Dolor de ojos	29	39	68	78	72	150	0,37	0,000	<b>0,22</b>	<b>0,13-0,39</b>
Dolor de oídos	26	25	51	45	52	97	0,47	0,000	<b>0,43</b>	<b>0,22-0,83</b>
Cansancio	71	84	155	111	106	217	0,58	0,000	<b>0,45</b>	<b>0,29-0,70</b>
Orina con frecuencia	48	40	88	45	60	105	0,80	0,169	0,67	0,40-1,13
Mareos	52	42	94	152	82	234	0,26	0,000	<b>0,20</b>	<b>0,12-0,33</b>
Debilidad	50	52	102	133	99	232	0,29	0,000	<b>0,28</b>	<b>0,17-0,46</b>
<b>Respiratorios</b>										
Escozor de la nariz	22	20	42	73	51	124	0,28	0,000	<b>0,29</b>	<b>0,15-0,55</b>
Tos	103	107	210	128	130	258	0,68	0,002	0,78	0,51-1,18
Asma	4	1	5	19	21	40	0,12	0,000	<b>0,11</b>	<b>0,03-0,43</b>
Dolor de pecho	38	30	68	114	84	198	0,24	0,000	<b>0,21</b>	<b>0,12-0,35</b>
Dificultad al respirar	33	30	63	80	68	148	0,34	0,000	<b>0,21</b>	<b>0,12-0,38</b>
Dolor de garganta	66	64	130	106	101	207	0,50	0,000	<b>0,52</b>	<b>0,33-0,83</b>
<b>Digestivos</b>										
Nauseas	14	4	18	77	39	116	0,12	0,000	<b>0,11</b>	<b>0,04-0,27</b>
Vómito	17	7	24	46	28	74	0,29	0,000	<b>0,21</b>	<b>0,09-0,50</b>
Diarrea	33	35	68	47	40	87	0,75	0,095	0,58	0,31-1,09
Dolor de estomago	71	57	128	146	105	251	0,34	0,000	<b>0,25</b>	<b>0,15-0,41</b>
Perdida de apetito	27	16	43	104	56	160	0,20	0,000	<b>0,13</b>	<b>0,07-0,26</b>

## RESULTADOS

<b>Dérmicos</b>										
Piel roja	2	2	4	21	13	34	0,11	0,000	<b>0,06</b>	<b>0,008-0,54</b>
Hongos	8	13	21	23	37	60	0,32	0,000	<b>0,24</b>	<b>0,10-0,54</b>
Ampollas	5	10	15	22	33	55	0,25	0,000	<b>0,21</b>	<b>0,09-0,53</b>
Picores	3	5	8	60	64	124	0,05	0,000	<b>0,03</b>	<b>0,008-0,10</b>
Erupción	2	4	6	24	26	50	0,11	0,000	<b>0,12</b>	<b>0,03-0,43</b>
<b>Musculoesqueléticos</b>										
Dolor de cuerpo	71	78	149	118	122	240	0,46	0,000	<b>0,36</b>	<b>0,23-0,57</b>
Dolor de articulaciones	36	45	81	126	117	243	0,20	0,000	<b>0,15</b>	<b>0,09-0,25</b>
Calambres	36	42	78	103	107	210	0,25	0,000	<b>0,29</b>	<b>0,18-0,48</b>
<b>Sistema Nervioso</b>										
Se siente mas nervioso de lo normal	39	45	84	87	92	179	0,36	0,000	<b>0,27</b>	<b>0,16-0,45</b>
Problemas para dormir	35	25	60	81	80	161	0,29	0,000	<b>0,18</b>	<b>0,10-0,32</b>
Depresión (Tristeza)	38	20	58	131	98	229	0,15	0,000	<b>0,12</b>	<b>0,07-0,20</b>
Cambios de humor	35	19	54	121	91	212	0,16	0,000	<b>0,13</b>	<b>0,07-0,22</b>

n: población en cada comunidad

nm: población de mujeres en cada comunidad

nh: población de hombres en cada comunidad

OR\*: OR de prevalencia

‡ Ajustado por: nivel educativo, grupo indígena, indicador de habitabilidad y categoría del trabajo

Los síntomas declarados para el tiempo de recuerdo de los doce últimos meses, varían considerablemente respecto a los síntomas reportados para las dos últimas semanas. En la tabla 27, se sigue observando que la población no expuesta es la que mayor prevalencia de síntomas presenta, 11 de los síntomas estudiados, entre los que destacaron los síntomas dérmicos y los respiratorios.

Con todo, también se observan incrementos en el padecimiento de síntomas entre la población cercana a los campos petrolíferos. Este incremento del riesgo se presenta en 6 de los 32 síntomas estudiados (fiebre, micción frecuente, tos, dolor de garganta, diarrea y dolor de estómago). De igual manera que ocurría para las dos últimas semanas, se observa que en la población no expuesta los síntomas dolor de articulaciones y cambios de humor dejan de ser significativos cuando se ajusta por las variables confusoras.



**TABLA 27.** OR de prevalencia de los síntomas referidos a los 12 últimos meses según la exposición

	Comunidad Expuesta (N= 500)			Comunidad NO Expuesta (N= 500)			OR*	Valor p	OR* ajustado‡	IC <sub>95%</sub>
	nm	nh	n	nm	nh	n				
<b>Generales</b>										
Fiebre	100	120	220	77	86	163	1,62	0,000	1,85	1,20-2,86
Dolor de Cabeza	119	127	246	141	103	244	1,01	0,924	1,07	0,70-1,63
Ojos rojos	33	42	75	44	46	90	0,80	0,197	1,03	0,61-1,73
Dolor de ojos	38	43	81	63	40	103	0,74	0,071	0,82	0,48-1,40
Dolor de oídos	45	56	101	40	44	84	1,25	0,171	1,20	0,70-2,05
Cansancio	58	76	134	83	59	142	0,92	0,558	0,99	0,63-1,56
Orina con frecuencia	44	46	90	20	23	43	2,33	0,000	2,27	1,24-4,17
Mareos	52	50	102	109	66	175	0,47	0,000	0,38	0,23-0,63
Debilidad	58	49	107	92	69	161	0,57	0,000	0,51	0,30-0,86
<b>Respiratorios</b>										
Escozor de la nariz	23	36	59	62	48	110	0,47	0,000	0,47	0,26-0,87
Tos	96	116	212	102	96	198	1,12	0,382	1,60	1,04-2,44
Asma	13	6	19	16	8	24	0,78	0,433	0,54	0,19-1,57
Dolor de pecho	46	46	92	103	55	158	0,49	0,000	0,54	0,33-0,88
Dificultad al respirar	39	33	72	62	45	107	0,62	0,004	0,52	0,29-0,92
Dolor de garganta	80	108	188	77	66	143	1,50	0,003	2,58	1,63-4,07
<b>Digestivos</b>										
Nauseas	23	8	31	62	44	106	0,25	0,000	0,28	0,14-0,59
Vómito	49	49	98	47	37	84	1,20	0,258	1,39	0,79-2,42
Diarrea	77	99	176	48	57	105	2,04	0,000	1,96	1,24-3,10
Dolor de estomago	101	116	217	121	79	200	1,15	0,287	1,61	1,05-2,47
Perdida de apetito	37	28	65	75	46	121	0,47	0,000	0,47	0,27-0,81
<b>Dérmicos</b>										
Piel roja	2	4	6	21	14	35	0,16	0,000	0,27	0,08-0,89
Hongos	15	25	40	17	31	48	0,82	0,367	0,48	0,24-0,98
Ampollas	5	9	14	23	26	49	0,26	0,000	0,22	0,08-0,59
Picores	9	6	15	46	39	85	0,15	0,000	0,11	0,04-0,29
Erupción	8	8	16	23	23	46	0,33	0,000	0,50	0,19-1,28
<b>Musculoesqueléticos</b>										
Dolor de cuerpo	86	115	201	100	94	194	1,06	0,669	1,09	0,72-1,66
Dolor de articulaciones	62	80	142	93	85	178	0,72	0,014	0,74	0,47-1,15
Calambres	54	78	132	82	77	159	0,77	0,058	1,15	0,73-1,81
<b>Sistema Nervioso</b>										
Se siente mas nervioso de lo normal	40	55	95	47	36	83	1,17	0,336	1,01	0,60-1,70
Problemas para dormir	45	42	87	57	42	99	0,85	0,322	0,60	0,35-1,02
Depresión (Tristeza)	70	70	140	96	52	148	0,92	0,563	0,96	0,61-1,49
Cambios de humor	55	39	94	83	49	132	0,64	0,004	0,60	0,36-1,00

n: población en cada comunidad

nh: población de hombres en cada comunidad

‡ Ajustado por: nivel educativo, grupo indígena, indicador de habitabilidad y categoría del trabajo

nm: población de mujeres en cada comunidad

OR\*: OR de prevalencia

En las dos siguientes tablas se presenta el análisis de la prevalencia de los grupos sintomáticos en función del sexo y de la exposición para los dos tiempos de recuerdo.

Destacar que para las dos últimas semanas se han observado diferencias estadísticamente significativas para todos los grupos sintomáticos según el sexo. La población no expuesta es la que presenta mayor riesgo de padecer estos síntomas. Al ajustar por nivel educativo, grupo indígena, indicador de habitabilidad y categoría del trabajo, el grupo de síntomas generales en mujeres no expuestas deja de ser significativo. El resto de los grupos sintomáticos siguen manteniendo significancia tras ajustar por las variables confusoras.

En la tabla 29, correspondiente a los grupos sintomáticos auto-declarados para los doce últimos meses, se puede observar de nuevo que la población situada en la región de no exposición tiene mayor riesgo de presentar síntomas generales, respiratorios y dérmicos. Asimismo, incidir en que se han encontrado diferencias por sexo y que son las mujeres las presentan mayor probabilidad de padecer síntomas.

**TABLA 28.** OR de prevalencia por grupos sintomáticos en las 2 últimas semanas según el sexo y la exposición

	Comunidad Expuesta (N= 500)			Comunidad NO Expuesta (N= 500)			OR* crudo			Valor p			OR* Ajustado <sup>‡</sup>			CI <sub>95%</sub>		
	nm	nh	n	nm	nh	n	mujeres	hombres	ambos	mujeres	hombres	ambos	mujeres	hombres	ambos	mujeres	hombres	ambos
Síntomas generales	173	164	337	213	192	405	0,39	0,58	0,48	0,000	0,006	0,000	0,43	<b>0,40</b>	<b>0,42</b>	0,18-1,03	<b>0,22-0,75</b>	<b>0,26-0,69</b>
Síntomas respiratorios	129	127	256	191	177	368	0,33	0,43	0,38	0,000	0,000	0,000	<b>0,45</b>	<b>0,46</b>	<b>0,45</b>	<b>0,22-0,92</b>	<b>0,26-0,80</b>	<b>0,29-0,69</b>
Síntomas digestivos	91	73	164	184	138	322	0,21	0,33	0,27	0,000	0,000	0,000	<b>0,15</b>	<b>0,20</b>	<b>0,19</b>	<b>0,07-0,33</b>	<b>0,10-0,37</b>	<b>0,12-0,31</b>
Síntomas dérmicos	14	24	38	85	96	181	0,12	0,17	0,14	0,000	0,000	0,000	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>0,11</b>	<b>0,03-0,31</b>	<b>0,04-0,19</b>	<b>0,06-0,20</b>
Síntomas musculoesqueléticos	97	106	203	176	167	343	0,27	0,37	0,31	0,000	0,000	0,000	<b>0,19</b>	<b>0,26</b>	<b>0,27</b>	<b>0,09-0,42</b>	<b>0,15-0,47</b>	<b>0,17-0,41</b>
Síntomas del sistema nervioso	81	62	143	183	156	339	0,18	0,20	0,19	0,000	0,000	0,000	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,12</b>	<b>0,06-0,27</b>	<b>0,05-0,19</b>	<b>0,07-0,19</b>

**n:** población en cada comunidad

**nm:** población de mujeres en cada comunidad

**nh:** población de hombres en cada comunidad

**OR\*:** OR de prevalencia

<sup>‡</sup> Ajustado por: nivel educativo, grupo indígena, indicador de habitabilidad y categoría del trabajo

**TABLA 29.** OR de prevalencia por grupos de síntomas en los últimos 12 meses según el sexo y la exposición

	Comunidad Expuesta (N= 500)			Comunidad NO Expuesta (N= 500)			OR* crudo			Valor p			OR* Ajustado <sup>‡</sup>			CI <sub>95%</sub>		
	nm	nh	n	nm	nh	n	mujeres	hombres	ambos	mujeres	hombres	ambos	mujeres	hombres	ambos	mujeres	hombres	ambos
Síntomas generales	141	153	294	191	181	372	0,40	0,60	0,49	0,000	0,008	0,000	<b>0,30</b>	0,59	<b>0,49</b>	<b>0,13-0,66</b>	0,33-1,06	<b>0,31-0,77</b>
Síntomas respiratorios	119	138	257	168	153	321	0,44	0,78	0,59	0,000	0,174	0,000	<b>0,47</b>	0,78	0,69	<b>0,23-0,95</b>	0,44-1,38	0,45-1,05
Síntomas digestivos	109	126	235	161	124	285	0,43	1,03	0,67	0,000	0,858	0,002	<b>0,34</b>	1,36	0,82	<b>0,16-0,71</b>	0,77-2,37	0,54-1,26
Síntomas dérmicos	28	39	67	75	75	150	0,29	0,43	0,36	0,000	0,000	0,000	<b>0,18</b>	<b>0,36</b>	<b>0,30</b>	<b>0,07-0,49</b>	<b>0,19-0,71</b>	<b>0,18-0,52</b>
Síntomas musculoesqueléticos	102	135	237	149	133	282	0,47	1,03	0,70	0,000	0,858	0,004	<b>0,41</b>	0,96	0,73	<b>0,20-0,82</b>	0,55-1,65	0,73-1,11
Síntomas del sistema nervioso	95	100	195	135	90	225	0,52	1,19	0,78	0,357	0,000	0,055	<b>0,29</b>	1,32	0,74	<b>0,14-0,60</b>	0,75-2,30	0,49-1,13

n: población en cada comunidad

nm: población de mujeres en cada comunidad

nh: población de hombres en cada comunidad

OR\*: OR de prevalencia

‡ Ajustado por: nivel educativo, grupo indígena, indicador de habitabilidad y categoría del trabajo

## **HISTORIAL CLÍNICO**

En relación con el historial médico en las siguientes tablas queda recogida toda la información referente a los usos de servicios sanitarios en función de la existencia de enfermedad.

En el análisis se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. La población expuesta declaró haber necesitado mayor atención médica y consumo de medicamentos durante las últimas cuatro semanas frente a la población control. Sin embargo, al ajustar por las variables confusoras, solamente el consumo de medicamentos ha resultado significativo.

Asimismo, la población situada en la región de no exposición ha reportado mayor número de muertes de familiares en los doce últimos meses frente a la población expuesta. Al ajustar por las variables confusoras estas diferencias significativas desaparecieron.

**TABLA 30.** OR de prevalencia para el historial médico auto-reportado según el sexo y la exposición

	Comunidad Expuesta N= 500			Comunidad NO Expuesta N= 500			OR* crudo			Valor p			OR* Ajustado <sup>‡</sup>			IC <sub>95%</sub>		
	nm	nh	n	nm	nh	n	mujeres	hombres	total	mujeres	hombres	total	mujeres	hombres	total	mujeres	hombres	total
Enfermo/a	48	50	98	51	49	100	0,96	1,03	1,00	0,858	0,892	0,976	0,96	0,68	0,86	0,41-2,28	0,33-1,37	0,51-1,45
Atención médica	67	68	135	60	48	108	1,19	1,59	1,36	0,408	0,032	0,037	0,56	0,98	0,80	0,25-1,27	0,51-1,90	0,49-1,31
Atención de un curandero	23	11	34	17	23	40	1,40	0,46	0,87	0,317	0,040	0,491	2,08	0,53	1,14	0,49-8,78	0,14-2,07	0,46-2,81
Medicamentos	143	147	290	87	79	166	2,58	3,24	2,89	0,000	0,000	0,000	1,82	1,72	1,82	0,91-3,65	0,96-3,07	1,18-2,81
Hospitalización	32	11	43	22	15	37	1,53	0,71	1,18	0,147	0,410	0,490	1,04	0,69	0,96	0,35-3,10	0,20-2,37	0,45-2,08
Muerte de un familiar	9	10	19	23	22	45	0,38	0,43	0,40	0,016	0,032	0,001	0,39	0,38	0,46	0,07-2,08	0,12-1,18	0,19-1,11

**n:** población en cada comunidad

**nm:** población de mujeres en cada comunidad

**nh:** población de hombres en cada comunidad

**OR\*:** OR de prevalencia

**‡** Ajustado por: nivel educativo, grupo indígena, indicador de habitabilidad y categoría del trabajo

## SALUD REPRODUCTIVA

En total 250 mujeres de la región cercana a los campos petrolíferos y 250 mujeres de la región lejana fueron encuestadas.

Las características que presenta la población femenina en este estudio quedan recogidas en las tablas 23 y 24 de la página 135 a la 139.

En relación con las diferencias encontradas a nivel socioeconómico y demográfico, se observa que no varían respecto al análisis para ambos sexos (pág. 136) salvo para la variable material de la vivienda que en el caso de las mujeres, sí se encontraron diferencias ( $p < 0,001$ ).

Para el hábito tabáquico, no se hallaron diferencias entre ambos grupos ( $p = 0,507$ ). Sin embargo, sí se encontraron diferencias claramente significativas ( $p = 0,000$ ) en el consumo de alcohol. El 6,1% (3,10-9,10) de las mujeres expuestas consume habitualmente alcohol frente al 34,8% (28,82-40,78) de las mujeres no expuestas. La prevalencia de consumo en el grupo no expuesto fue 5 veces mayor que en el grupo expuesto.

Respecto al apartado de salud reproductiva, un total de 450 mujeres, 91,46% (88,99-93,93), reportaron al menos un embarazo (225 de la zona expuesta y 225 de la zona control). En la tabla 31 se presenta la media del número de embarazos, edad media del primer embarazo, total de nacidos vivos, número de abortos, número del bebé en el que se produjo el aborto y la edad en el aborto. Las diferencias halladas entre ambos grupos fueron en el total de embarazos y en el total de embarazos de bebés nacidos vivos.

**TABLA 31.** Resultados de los episodios reproductivos según la exposición

	<b>Grupo Expuesto</b>	<b>Grupo NO Expuesto</b>	
	<b>Nm=225</b>	<b>Nm=225</b>	
	<b>Media (SD)</b>	<b>Media (SD)</b>	<b>Valor p</b>
Número total de embarazos	4,49 (3,18)	5,76 (3,32)	0,000
Edad en el primer embarazo	17,93 (3,80)	17,84 (3,17)	0,612
Total de embarazos con nacidos vivos	4,24 (2,98)	5,06 (2,95)	0,002
Número de abortos	1,38 (0,74)	1,37 (0,91)	0,528
Número de bebé	3,44 (2,52)	2,79 (2,43)	0,866
Edad en el aborto	22,03 (10,95)	17,71 (10,27)	0,956

Respecto a los problemas en la salud reproductiva examinados en este estudio (Tabla 32), se encontraron diferencias significativas exclusivamente en la aparición de malformaciones al nacer en los tres primeros embarazos contemplados. Estas diferencias se siguieron manteniendo después de ajustar el modelo por las variables confusoras.

En relación con los problemas de esterilidad, se observó que no todas las mujeres con problemas acuden al médico. Seis mujeres de la zona expuesta, declararon haber tenido algún problema para quedarse embarazadas, tres de ellas acudieron al médico y fueron tratadas por tal complicación. En la zona más alejada de los campos petrolíferos siete auto-reportaron haber tenido este problema, de las cuales seis consultaron al médico por el problema y cinco fueron tratadas.

**TABLA 32.** Problemas de la salud reproductiva según la exposición

	Grupo Expuesto N=225		Grupo NO Expuesto N=225		OR* crudo	Valor p	OR* Ajustado	IC <sub>95%</sub>
	nm	% (IC <sub>95%</sub> )	nm	% (IC <sub>95%</sub> )				
Problemas para quedarse embarazada†	6	2,67 (0,56-4,78)	7	3,11 (0,84-5,38)	0,85	0,772	0,98	0,28-3,39
Aborto espontáneo††	34	15,11 (10,43-19,79)	38	16,89 (11,99-21,79)	0,89	0,636	1,50	0,79-2,83
Defectos al nacer (malformaciones)‡								
1 <sup>er</sup> embarazo	11	4,89 (2,07-7,71)	23	10,22 (6,26-14,18)	0,38	0,005	<b>0,34</b>	<b>0,16-0,73</b>
2 <sup>o</sup> embarazo	8	3,56 (1,14-5,98)	24	10,67 (6,64-14,70)	0,43	0,015	<b>0,29</b>	<b>0,13-0,66</b>
3 <sup>er</sup> embarazo	5	2,22 (0,29-4,15)	22	9,78 (5,90-13,66)	0,43	0,033	<b>0,38</b>	<b>0,16-0,89</b>

† Ajustado por: indicador de habitabilidad.

†† Ajustado por: indicador de habitabilidad, hábito tabáquico, consumo de alcohol y número de embarazos.

‡ Ajustado por: consumo de alcohol, tabaco y/o medicamentos durante el embarazo.

OR\* OR de prevalencia



## 5.2 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LAS DISTINTAS FUENTES DE CONSUMO

Durante el trabajo de campo se recogieron 42 muestras de agua correspondientes a las fuentes de consumo de agua de cada una de las comunidades de estudio.

De estas muestras, 17 pertenecían a agua de grifo, 19 a río o arroyo -10 de éstas correspondían a la zona de quebrada-, 5 a pozo y una a laguna (Fig. 19).

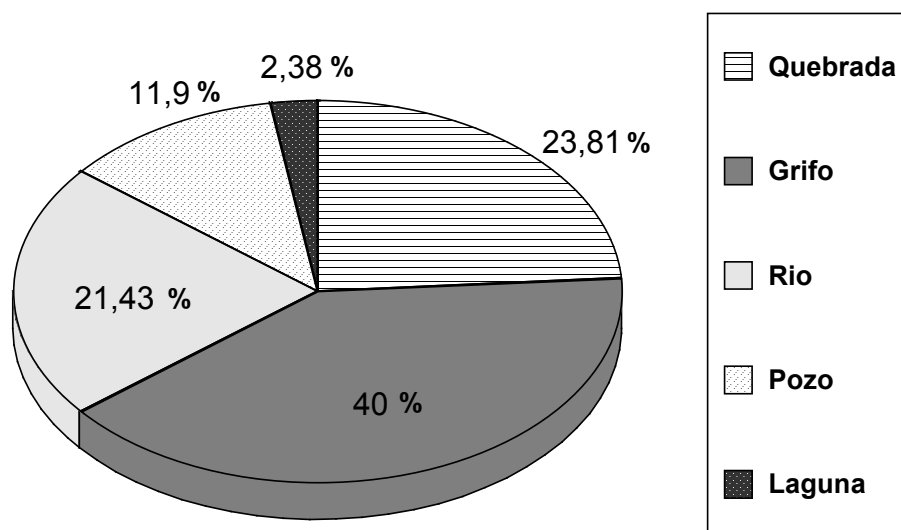


Fig 19. Porcentaje de muestras analizadas según su tipología

En la tabla 33, quedan recogidas las muestras tomadas en cada comunidad en función del tipo de fuente.

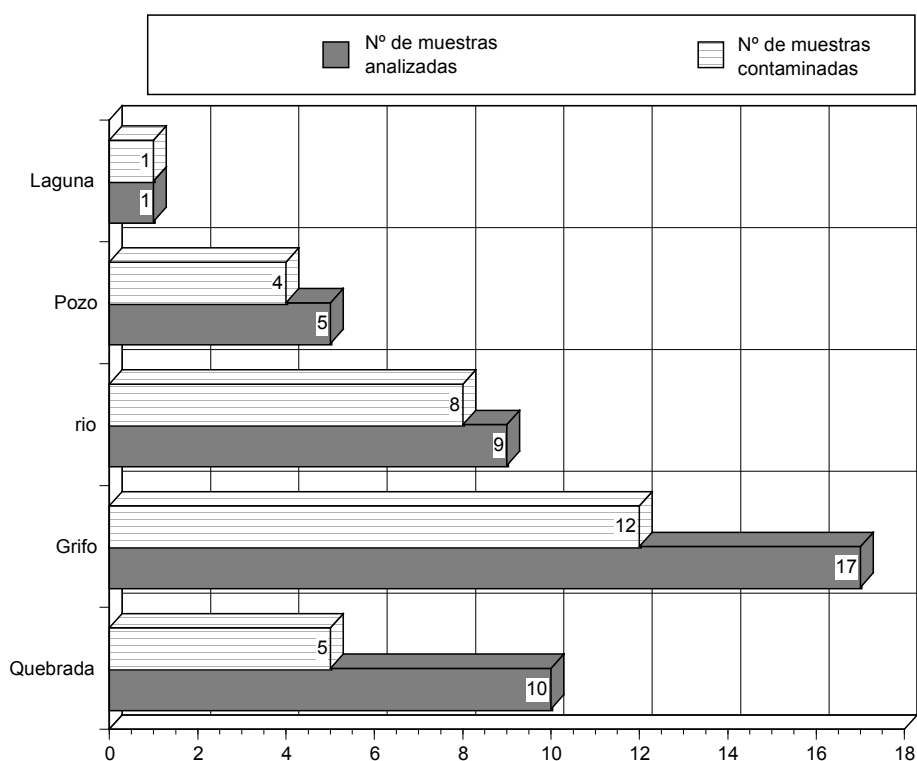
La mediana y el rango de concentración (mínimo y máximo) de los diferentes contaminantes analizados, con valor límite en la normativa boliviana, se muestran en la tabla 35. Finalmente no se incluyeron los resultados de las concentraciones correspondientes a plomo y selenio porque se encontraron anomalías en los límites de detección en los análisis de todas las muestras.

La mediana y el rango de la suma de concentraciones de los 16 HAPs analizados fue 4,05 (0,20-29,89)  $\mu\text{g/L}$ .

**TABLA 33.** Tipo de fuente en cada comunidad

<i>Comunidad</i>	<i>Tipo de fuente de agua</i>	<i>Comunidad</i>	<i>Tipo de fuente de agua</i>
<b>Caigua</b>	Quebrada	<b>Pelicano</b>	Río (Ipa)
	Grifo		Grifo
<b>Caiguamí</b>	Pozo	<b>Pirití</b>	Quebrada
<b>Camatindi</b>	Quebrada		Río (Ipa)
<b>Capirendita</b>	Grifo	<b>Puesto García</b>	Grifo
	Río	<b>Puesto Uno</b>	Río
	Grifo		Pozo
<b>Chimeo</b>	Pozo	<b>Quebrachal</b>	Laguna
	Quebrada		Río
	Grifo	Grifo	
<b>Circulación</b>	Pozo	<b>San Antonio</b>	Río
	Río (Tres Pozos)		Grifo
<b>Cueva Del León</b>	Grifo	<b>Tahiguati</b>	Quebrada
	Río		Grifo
<b>Ibopeiti</b>	Grifo	<b>Tarairí</b>	Quebrada
	Río		Río
<b>Igüembe</b>	Quebrada	<b>Tigüipa Estación</b>	Grifo
	Grifo		Quebrada
<b>Ipa</b>	Quebrada	<b>Tres Pozos</b>	Grifo
	Río		Grifo
	Grifo		Río
<b>Lagunitas</b>	Quebrada		Pozo
	Grifo		

Según los valores límites establecidos por la legislación boliviana, 30 de las 42 muestras están contaminadas por alguno de los contaminantes considerados en el estudio (Tabla 36). Según la tipología de la muestra, 5 muestras contaminadas corresponden a agua de quebrada, 12 de grifo, 8 de río, 4 de pozo y 1 de lago (Fig. 20).



**Fig 20.** Tipo de muestras en relación con la contaminación

La muestra más contaminada por mayor número de compuestos corresponde a la del río de la comunidad de Quebrachal que contiene HTP, aluminio, arsénico, cromo, hierro, manganeso por encima de los valores permitidos por la normativa boliviana.

La muestra de grifo de Lagunitas también presenta altas concentraciones de metales.

Los contaminantes que presentan mayor frecuencia en las muestras contaminadas son, HTP presentes en 21 de ellas, manganeso presente en 10 y aluminio, arsénico y hierro presentes en 9 de las 42 muestras.

Las medidas fisicoquímicas realizadas en cada punto de muestreo quedan recogidas en la siguiente tabla:

**TABLA 34.** Medidas descriptivas para las determinaciones fisicoquímicas: ph, conductividad y TDS

	Media	SD	Mediana	Mínimo	Máximo
pH	7,95	0,38	7,95	7,20	8,80
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	0,91	1,01	0,57	0,05	5,48
Sólidos Totales Disueltos (TDS) (mg/L)	452,38	506,21	285,00	20,00	2730,00

**TABLA 35.** Distribución (mediana y rango de concentración) de la concentración de los contaminantes de acuerdo con la tipología de la muestra

<b>Contaminantes y valor límite de la legislación boliviana</b>	<b>Quebrada (µg/L)</b>	<b>Grifo (µg/L)</b>	<b>Río o arroyo (µg/L)</b>	<b>Pozo (µg/L)</b>	<b>Laguna (µg/L)</b>	<b>Total (n=42)</b>
HTP (10 µg/L)	50 [d.L.D -4330]	540 [d.L.D -21010]	10 [d.L.D -5730]	10 [d.L.D -5140]	d.L.D	50 [d.L.D -21010]
Benzo(a)pireno (0.2 µg/L)	d.L.D [d.L.D -1,67]	d.L.D [d.L.D -2,35]	d.L.D	d.L.D	d.L.D	[d.L.D-2,35]
Benceno (2 µg/L)	d.L.D	d.L.D	d.L.D	d.L.D	d.L.D	d.L.D
Tolueno (700 µg/L)	d.L.D	d.L.D	d.L.D	d.L.D	d.L.D	d.L.D
Etilbenceno (300 µg/L)	d.L.D	d.L.D	d.L.D	d.L.D	d.L.D	d.L.D
Xilenos (500 µg/L)	d.L.D	d.L.D	d.L.D	d.L.D	d.L.D	d.L.D
Aluminio (200 µg/L)	14,9 [10-36]	10 [10-868]	8698 [7-3,09x10 <sup>4</sup> ]	10 [10-50,4]	879	11 [7-30868]
Arsenico (10 µg/L)	5,8	5,8 [5,8-32]	32 [5,8-89]	5,8	32	5,8 [5,8-89]
Bario (700 µg/L)	189 [27-388]	136 [18-199]	139,5 [38-230]	27 [20-106]	166	151 [18-388]
Calcio (2x10 <sup>5</sup> µg/L)	3,32x10 <sup>4</sup> [5,70x10 <sup>4</sup> -7,35x10 <sup>4</sup> ]	5,22x10 <sup>4</sup> [5,85x10 <sup>3</sup> -2,79x10 <sup>5</sup> ]	2,85x10 <sup>4</sup> [1,89x10 <sup>4</sup> -4,90x10 <sup>4</sup> ]	7,80x10 <sup>4</sup> [5,75x10 <sup>4</sup> -2,30x10 <sup>5</sup> ]	7,73x10 <sup>4</sup>	4,83x10 <sup>4</sup> [5,70x10 <sup>3</sup> -1]
Cadmio (5 µg/L)	0,64	0,64 [0,64-0,64]	0,64 [0,6-2,4]	0,64 [0,64-0,64]	0,6	0,64 [0,6-2,4]
Cromo (50 µg/L)	2,9	2,9 [2,9-222]	29,8 [2,9-94]	2,9	19	2,9 [2,9-222]
Cobre (1000 µg/L)	17	17 [4-17]	20 [8,7-36]	17	20	17 [4-36]
Hierro (300 µg/L)	18 [6,8-74]	9,1 [1,5-417]	942,1 [19-3,09 x10 <sup>4</sup> ]	17 [1,5-43]	1147	20 [1,5-3,09x10 <sup>4</sup> ]
Litio (2500 µg/L)	46	46 [46-100]	100 [46-100]	46 [46-287]	100	46 [46-287]
Magnesio (1,5x10 <sup>5</sup> µg/L)	6,31x10 <sup>3</sup> [1,79x10 <sup>3</sup> -1,53x10 <sup>4</sup> ]	8,82x10 <sup>3</sup> [1,76x10 <sup>3</sup> -6,15x10 <sup>4</sup> ]	1,62x10 <sup>4</sup> [6,44x10 <sup>3</sup> -2,08x10 <sup>4</sup> ]	4,65x10 <sup>4</sup> [1,20x10 <sup>4</sup> -2,80x10 <sup>5</sup> ]	6,35x10 <sup>4</sup>	1,36x10 <sup>4</sup> [1,76x10 <sup>3</sup> -2,80x10 <sup>5</sup> ]
Manganeso (100 µg/L)	6 [1,3-38]	4 [0,58-481]	274 [7,9-457]	3 [0,7-199]	53	7,45 [0,58-481]
Sodio (2x10 <sup>5</sup> µg/L)	1,77x10 <sup>4</sup> [6,53 x10 <sup>3</sup> -3,11 x10 <sup>4</sup> ]	2,40x10 <sup>4</sup> [6,42 x10 <sup>3</sup> -1,87 x10 <sup>5</sup> ]	2,91x10 <sup>4</sup> [2,25 x10 <sup>4</sup> -3,59 x10 <sup>4</sup> ]	1,16x10 <sup>5</sup> [2,29x10 <sup>4</sup> -6,50x10 <sup>5</sup> ]	4,71x10 <sup>4</sup>	2,73x10 <sup>3</sup> [6,42 x10 <sup>3</sup> -6,50x10 <sup>5</sup> ]
Níquel (50 µg/L)	10	10 [10-840]	10 [5,7-183]	10	5,7	10 [5,7-840]
Zinc (5000 µg/L)	67 [52-67]	67 [52-216]	115,5 [33-413]	67	87	67 [33-413]

d.L.D: por debajo del límite de detección

**TABLA 36.** Presencia de aquellos contaminantes que superan los límites de la normativa boliviana y el **máximo de concentración** según el tipo de muestra y la comunidad ( $\mu\text{g/L}$ )

Comunidad	HTP	HAPs (BaP)	Al	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Na	Ni	Zn
Caigua	Grifo															
Capirendita	Grifo Río Pozo		Río	Río		Grifo				Río			Río		Río	
Chimeo	Quebrada Grifo															
Circulación	Río		Río	Río		Pozo		Río		Río	↓Pozo: 287	Pozo: $2,80 \times 10^5$	Río Pozo Grifo	Pozo: $6,50 \times 10^5$	Río	
Cueva del León	Río		Río	Río				Río		Río			Río		Río	
Ibopeiti	Grifo		Río	Río						Río			Río			
Igüembe	Grifo				↓Quebrada: 388	Quebrada: $2,79 \times 10^5$										
Ipa	Grifo															
Lagunitas	Quebrada Grifo Quebrada		Grifo	Grifo				Grifo:222		Grifo					Grifo: $6,50 \times 10^5$	
Pirití	Grifo	Grifo:2,35														
Puesto García	Pozo Río		Río Laguna	Río Laguna						Río Laguna			Río			
Quebrachal	Grifo: 21010		Río: 30868	Río: 89			↓Río: 2,4	Río	↓Río:36	Río: $3,09 \times 10^4$			Río		Río	↓Río: 413
San Antonio			Río	Río						Río			Río			
Tarairí	Quebrada Grifo Quebrada	Quebrada Grifo														
Tigüipa Estación Tres pozos	Río		Río	Río		Pozo		Río		Río		Pozo	Grifo:481 Río	Pozo	Río	

↓Se encuentran por debajo de los límites establecidos en la normativa boliviana

NOTA: sólo se han considerado aquellas comunidades en las hay presencia de contaminantes por encima del límite establecido por la legislación boliviana.

### 5.3 MODELO B: EXPOSICIÓN EN FUNCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Como se ha comentado en el apartado “Material y Métodos”, para este modelo se definió la exposición en función de que el agua de consumo (reportada en la encuesta) realmente estuviese contaminada según la norma boliviana. Cinco personas fueron eliminadas del análisis porque no reportaron datos de la fuente de consumo de agua. Con dicho criterio 282 personas 57% (52,64-61,36) fueron clasificadas como expuestas y 213 personas 43% (38,64-47,36) como control o no expuestas.

En la tabla 37, queda recogida la distribución de la población en comunidades según la exposición de la contaminación del agua de consumo y sexo.

Las características sociodemográficas y socioeconómicas de la población utilizada para realizar este modelo son las de la población situada en la región de exposición cercana del modelo anterior y se expusieron en las tablas de las páginas 135 a 139.

**TABLA 37.** Distribución de la población en cada comunidad según el sexo y la exposición a agua contaminada

Nombre de la Comunidad	Población Expuesta			Población NO Expuesta		
	Mujer	Hombre	Total	Mujer	Hombre	Total
Caigua	26	27	53	0	0	0
Caiguamí	0	0	0	5	6	11
Camatindi	0	0	0	39	32	71
Capirendita	15	15	30	0	0	0
Chimeo	9	10	19	0	0	0
Circulación	2	3	5	0	0	0
Cueva Del León	3	3	6	0	0	0
Ibopeiti	11	12	23	0	0	0
Igüembe	3	2	5	0	0	0
Ipa	6	7	13	0	0	0
Lagunitas	3	3	6	0	0	0
Pelicano	1	1	2	5	3	8
Pirití	1	3	4	0	0	0
Puesto García	12	12	24	0	0	0
Puesto Uno	8	17	25	0	0	0
Quebrachal	5	6	11	0	0	0
San Antonio	0	1	1	32	27	59
Tahiguati	0	0	0	9	9	18
Tarairí	19	18	37	0	0	0
Tigüipa Estación	0	0	0	24	22	46
Tres Pozos	9	9	18	0	0	0
Total	133	149	282	114	99	213

En este modelo, las diferencias estadísticas encontradas entre ambos grupos fueron: tiempo de permanencia en la comunidad, estado civil, grupo étnico, trabajo, sector de ocupación, categoría del trabajo, tiempo trabajado, durabilidad del trabajo, sector de ocupación del marido, material de la vivienda y habitabilidad ( $p < 0,05$ ). Es la población expuesta la que presenta mayores deficiencias socioeconómicas en relación al material de vivienda e indicador de habitabilidad.

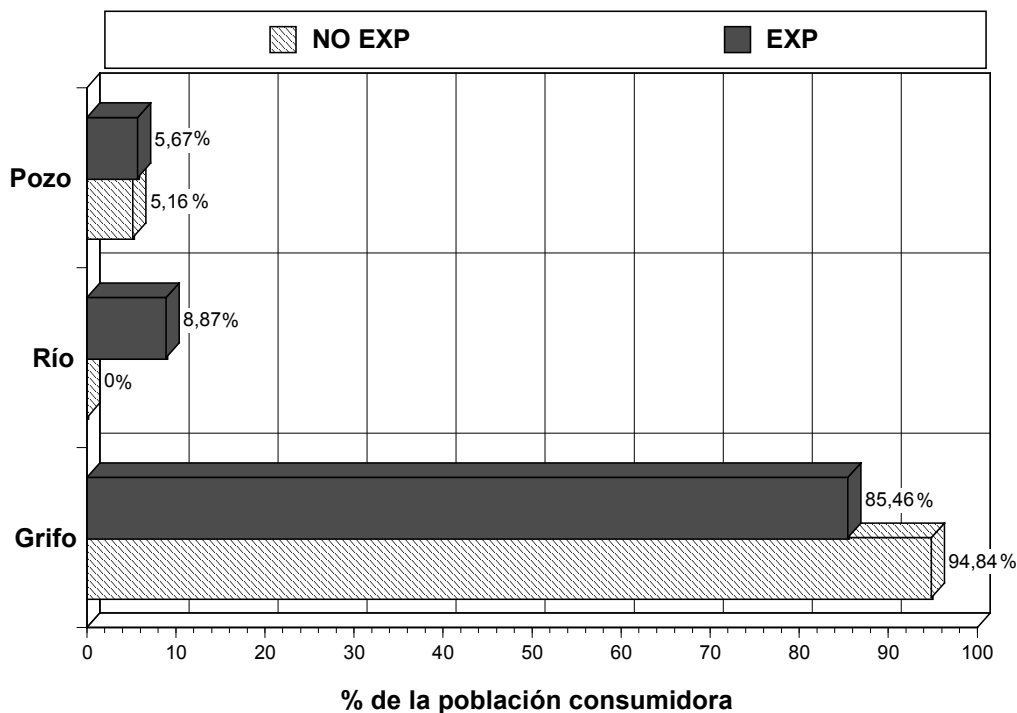
### 5.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES DE CONSUMO DE AGUA

En la siguiente tabla se muestran los diferentes tipos de fuentes de consumo de agua para bebida en función de la comunidad y el grupo de exposición.

**TABLA 38.** Fuente de consumo de agua según el número de población y comunidad

	Población Expuesta		Población NO Expuesta	
	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre
Caigua	26:grifo	27:grifo	0	0
Caiguamí	0	0	5:pozo	6:pozo
Camatindi	0	0	39:grifo	32:grifo
Capirendita	14:grifo 1:río	15:grifo	0	0
Chimeo	9:grifo	10:grifo	0	0
Circulación	1:río 1:pozo	3:grifo	0	0
Cueva del León	1:río 2:pozo	1:río 2:pozo	0	0
Ibopeiti	11:grifo	12:grifo	0	0
Igüembe	3:grifo	2:grifo	0	0
Ipa	5:grifo 1:río	5:grifo 2:río	0	0
Lagunitas	3:grifo	3:grifo	0	0
Pelícano	1:grifo	1:río	5:grifo	3:grifo
Pirití	1:grifo	2:grifo 1:río	0	0
Puesto García	12:grifo	12:grifo	0	0
Puesto Uno	7:grifo 1:pozo	17:grifo	0	0
Quebrachal	1:grifo 3:río 1:pozo	4:grifo 2:río	0	0
San Antonio	0	1:río	32:grifo	27:grifo
Tahiguati	0	0	9:grifo	9:grifo
Tarairí	19:grifo	18:grifo	0	0
Tigüipa Estación	0	0	24:grifo	22:grifo
Tres Pozos	9:río	9:pozo	0	0

Se han encontrado diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) entre ambos grupos en lo referente a la fuente de consumo de agua. En la siguiente figura se puede observar el porcentaje de población consumidora para cada una de las fuentes. La fuente de consumo mayoritaria para ambos grupos fue el agua de grifo.



**Fig 21.** Porcentaje de usuarios/as de la fuente de consumo de agua según el tipo de exposición

En lo referente al agua utilizada para la preparación de alimentos, el 98,11% (95,07-99,29) de la población no expuesta y el 98,21% (95,76-99,25) de la población expuesta reportó utilizar la misma agua que para bebida. El 92,71 (90,43-94,99) no realiza ningún tratamiento. No se han encontrado diferencias entre ambos grupos ( $p > 0,05$ ).

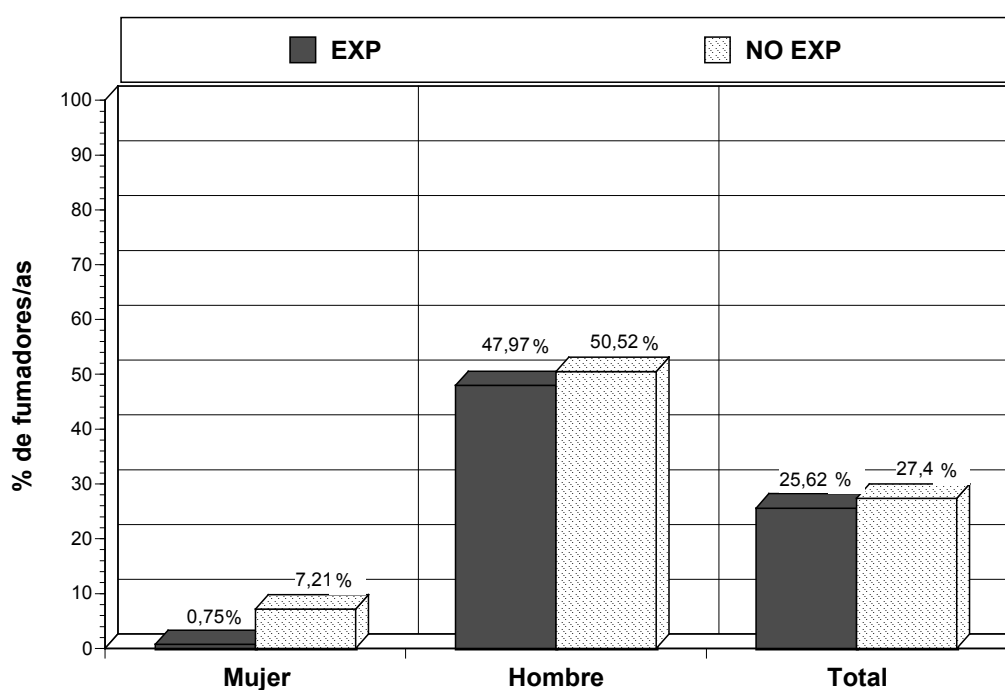
Los resultados hallados en relación con el agua usada para el baño o ducha, revelan diferencias entre ambos grupos ( $p < 0,001$ ). En la zona expuesta el 80,22% (75,05-84,54) usa agua de grifo frente al 92,89% (88,53-95,68) de la zona no expuesta. El resto de la población usa otras fuentes entre las que predomina el agua de río con un porcentaje del 5,21% (2,90-9,18) y 12,09% (8,71-16,53) en la zona no expuesta y expuesta.



### 5.3.2 HÁBITO TABÁQUICO Y CONSUMO DE ALCOHOL

Los resultados encontrados en relación con el hábito tabáquico y el consumo de alcohol, no revelan diferencias estadísticamente significativas entre ambas poblaciones ( $p > 0,05$ ). Sin embargo si se encontraron diferencias ( $p > 0,05$ ) en la estratificación por sexo. Las mujeres expuestas son más fumadoras y bebedoras que las no expuestas. Para el caso de los hombres, las diferencias no fueron significativas.

En las dos siguientes figuras quedan representados los porcentajes de población en relación con los grupos de consumo de tabaco o alcohol. Como se puede observar existe un bajo porcentaje de población fumadora y consumidora habitual de alcohol en ambos grupos.



**Fig 22.** Porcentaje de fumadores/as en función del sexo y la exposición

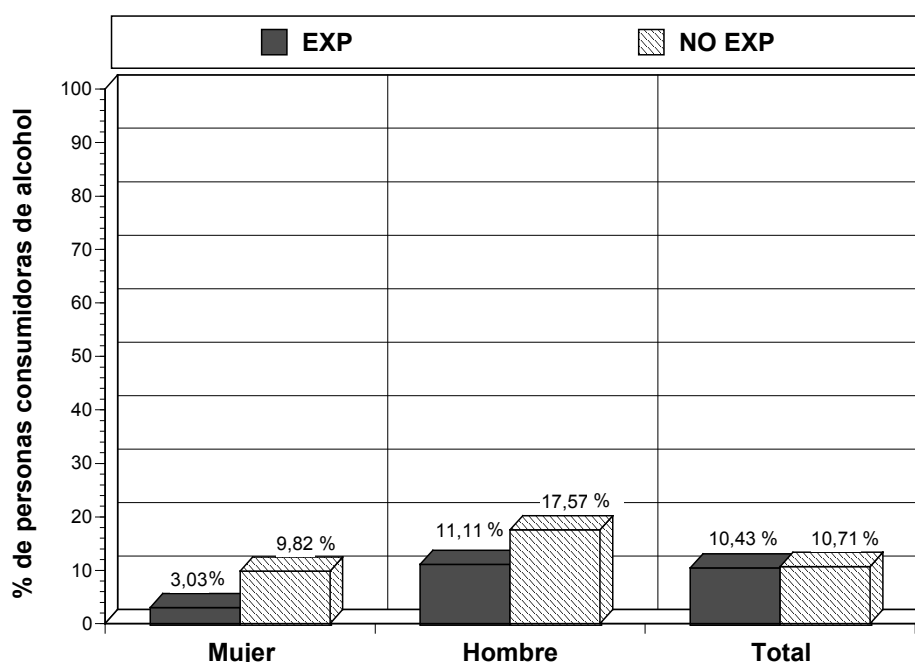


Fig 23. Porcentaje de personas consumidoras de alcohol en función del sexo y la exposición

### 5.3.3 ESTADO DE SALUD

#### AUTO-PERCEPCIÓN DEL ESTADO DE SALUD

No se han hallado diferencias estadísticamente significativas en la percepción del estado de salud entre los dos grupos ( $p=0,139$ ) aunque la población expuesta tiene mejor percepción de salud. Sin embargo, si se han encontrado diferencias significativas en mujeres expuestas en relación a la salud emocional en lo relativo a dejar de hacer o realizar menos tareas cotidianas en las últimas cuatro semanas a causa de su salud emocional ( $p<0,05$ ) una vez que se ajusta por las variables confusoras.

Los resultados hallados también advierten sobre diferencias significativas ( $p<0,001$ ) en la respuesta a si el dolor dificultó su trabajo en las últimas cuatro semanas. El grupo no expuesto es el que más ha manifestado haber tenido dolor. Asimismo, la población expuesta declaró encontrarse con mayor calma o tranquilidad que la población no expuesta, con diferencias significativas entre ambos grupos ( $p<0,05$ ).

Respecto a las actividades sociales, la población no expuesta considera que su salud física y emocional ha sido un factor que les ha dificultado sus relaciones durante las últimas cuatro semanas, en este caso las diferencias entre ambos grupos han resultado significativas ( $p<0,001$ ).

A continuación, en la tabla 39, se presentan los datos correspondientes a la salud auto-percibida.

**TABLA 39.** Salud auto-percibida de la población según el sexo y la exposición

	Grupo Expuesto (N=282)			Grupo NO Expuesto (N=213)			OR de prevalencia			Valor p			OR de prevalencia (ajustado <sup>‡</sup> )			IC <sub>95%</sub>		
	nm	nh	n	nm	nh	n	mujeres	hombres	total	mujeres	hombres	total	mujeres	hombres	total	mujeres	hombres	total
Estado de salud (buena vs mala)	78	98	176	62	56	118	1,14	1,49	1,32	0,604	0,138	0,139	0,49	1,23	1,08	0,13-1,91	0,56-2,67	0,57-2,03
Limitaciones en un día normal	71	74	145	73	49	122	0,72	0,97	0,81	0,213	0,911	0,266	0,63	0,69	0,59	0,18-2,24	0,32-1,46	0,32-1,09
Realizo menos tareas de las deseadas en las 4 últimas semanas a causa de la su salud física.	38	43	81	36	38	74	0,91	0,64	0,77	0,741	0,109	0,190	2,01	0,57	0,75	0,55-7,32	0,27-1,21	0,41-1,36
Dejó de hacer alguna tarea/trabajo cotidiano en las 4 últimas semanas a causa de su salud física.	37	39	76	34	34	68	0,93	0,64	0,78	0,813	0,121	0,212	3,06	0,64	0,89	0,79-11,89	0,29-1,39	0,48-1,67
Realizó menos tareas de las deseadas en las 4 últimas semanas a causa de la su salud emocional.	38	39	77	36	37	73	0,94	0,62	0,76	0,833	0,085	0,176	<b>4,64</b>	0,47	0,83	<b>1,01-21,45</b>	0,21-1,03	0,45-1,55
Dejó de hacer alguna tarea/trabajo cotidiano en las 4 últimas semanas a causa de su salud emocional.	33	33	66	36	37	73	0,76	<b>0,45</b>	<b>0,59</b>	0,339	<b>0,006</b>	<b>0,010</b>	<b>6,07</b>	0,40	0,74	<b>1,23-29,99</b>	0,18-0,88	0,40-1,38
El dolor ha dificultado su trabajo en las últimas 4 semanas.	58	70	128	89	67	156	<b>0,22</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>	<b>0,09</b>	<b>0,29</b>	<b>0,24</b>	<b>0,02-0,40</b>	<b>0,14-0,63</b>	<b>0,13-0,46</b>
Se siente calmado/ tranquilo en las últimas 4 semanas.	90	107	197	75	65	140	1,17	1,42	1,30	0,572	0,220	0,193	0,86	1,42	1,32	0,24-3,02	0,66-3,08	0,72-2,43
Se siente con energía últimas 4 semanas.	75	100	175	62	75	137	1,32	0,53	0,97	0,305	0,059	0,879	1,17	0,51	0,81	0,35-3,97	0,19-1,34	0,41-1,60
Se siente desanimado/triste en las últimas 4 semanas.	23	20	43	23	20	43	0,86	0,60	0,72	0,635	0,145	0,166	6,65	0,19	<b>0,85</b>	0,86-51,36	<b>0,05-0,77</b>	0,36-2,00
Su salud física y emocional han dificultado sus actividades sociales en las últimas 4 semanas.	77	88	165	82	67	149	<b>0,56</b>	0,63	<b>0,60</b>	<b>0,041</b>	0,112	<b>0,010</b>	<b>0,28</b>	0,50	<b>0,44</b>	<b>0,08-0,99</b>	0,23-1,10	<b>0,23-0,83</b>

‡ Ajustado por: nivel educativo, grupo indígena, indicador de habitabilidad y categoría del trabajo

## SINTOMATOLOGÍA

En las tablas 40 y 41 se muestra el OR de prevalencia de los síntomas considerados, crudos y ajustados por las variables confusoras para las dos últimas semanas y los doce últimos meses reportados por la población en estudio en función de la exposición.

En la tabla 40 se advierte que es la población expuesta la que mayor prevalencia de síntomas reporta. Trece de los 32 síntomas estudiados resultan ser significativos para la OR de prevalencia cruda, sin embargo la significación estadística se pierde para todos ellos excepto para dolor de cabeza, ojos rojos, mareos y dolor de articulaciones al ajustar por las variables confusoras.

**TABLA 40.** OR de prevalencia de los síntomas referidos a las 2 últimas semanas según la exposición

	Comunidad Expuesta (N=282)			Comunidad NO Expuesta (N=213)			OR*	Valor p	OR* ajustado‡	IC <sub>95%</sub>
	nm	nh	n	nm	nh	n				
<b>Generales</b>										
Fiebre	41	58	99	30	17	47	1,91	0,002	1,10	0,53-2,31
Dolor de Cabeza	86	80	166	41	27	68	3,05	0,000	2,58	1,39-4,77
Ojos rojos	17	24	41	11	6	17	1,96	0,027	3,75	1,27-11,09
Dolor de ojos	20	29	49	8	9	17	2,42	0,003	1,91	0,73-5,02
Dolor de oídos	16	19	35	8	6	14	2,01	0,034	1,62	0,45-5,85
Cansancio	31	48	79	38	36	74	0,73	0,109	0,58	0,31-1,10
Orina con frecuencia	23	20	43	24	19	43	0,71	0,152	1,13	0,54-2,37
Mareos	29	32	61	23	10	33	1,51	0,086	2,93	1,08-7,94
Debilidad	30	43	73	19	9	28	2,31	0,001	2,15	0,93-4,97
<b>Respiratorios</b>										
Escozor de la nariz	12	18	30	9	2	11	2,19	0,032	1,87	0,49-7,08
Tos	57	63	120	45	44	89	1,03	0,864	0,97	0,53-1,76
Asma	2	1	3	2	0	2	1,13	0,891	-	-
Dolor de pecho	22	19	41	15	11	26	1,22	0,453	2,52	0,87-7,33
Dificultad al respirar	20	20	40	12	10	22	1,44	0,201	2,66	0,91-7,76
Dolor de garganta	38	49	87	27	15	42	1,82	0,006	1,25	0,60-2,59
<b>Digestivos</b>										
Nauseas	9	3	12	5	1	6	1,53	0,401	-	-
Vómito	11	7	18	6	0	6	2,35	0,075	1,40	0,21-9,54
Diarrea	22	31	53	11	4	15	3,05	0,000	1,83	0,48-6,92
Dolor de estomago	39	43	82	31	14	45	1,53	0,046	0,80	0,33-1,95
Perdida de apetito	13	11	24	12	5	17	1,07	0,832	2,56	0,55-11,87
<b>Dérmicos</b>										
Piel roja	0	2	2	2	0	2	0,75	0,778	-	-
Hongos	4	13	17	4	0	4	3,35	0,032	-	-
Ampollas	1	6	7	4	4	8	0,65	0,416	1,03	0,21-4,96

Picores	0	4	4	3	1	4	0,75	0,689	-	-
Erupción	2	4	6	0	0	0	-	-	-	-
<b>Musculoesqueléticos</b>										
Dolor de cuerpo	32	52	84	38	26	64	0,99	0,950	0,96	0,49-1,88
Dolor de articulaciones	26	39	65	9	6	15	3,95	0,000	3,00	1,07-8,42
Calambres	19	20	39	17	22	39	0,72	0,177	0,70	0,32-1,54
<b>Sistema Nervioso</b>										
Se siente mas nervioso de lo normal	26	17	63	12	18	20	2,78	0,000	-	-
Problemas para dormir	19	18	37	16	7	23	1,25	0,434	2,71	0,79-9,30
Depresión (Tristeza)	22	15	37	15	5	20	1,46	0,200	2,82	0,91-8,79
Cambios de humor	21	15	36	13	4	17	1,69	0,091	2,28	0,74-7,04

n: población en cada comunidad

nm: población de mujeres en cada comunidad

nh: población de hombres en cada comunidad

OR\*: OR de prevalencia

‡ Ajustado por: nivel educativo, grupo indígena, indicador de habitabilidad y categoría del trabajo

En relación con los síntomas reportados para los doce últimos meses, la tabla 41 recoge la OR de prevalencia cruda y ajustada para las variables confusoras. Se puede observar que la población expuesta tiene mayor prevalencia de los síntomas dolor de cabeza, mareos, debilidad, vómito, hongos, dolor de articulaciones, nervios y cambios de humor. Sin embargo, al ajustar por las variables confusoras estos síntomas dejan de ser significativos excepto para los cambios de humor.

Del mismo modo, la población no expuesta presenta mayor prevalencia de problemas respiratorios (dificultad al respirar), calambres, problemas para dormir y depresión (tristeza). Los dos primeros síntomas dejan de ser significativos al ajustar por las variables confusoras.

**TABLA 41.** OR de prevalencia de los síntomas referidos a los 12 últimos meses según la exposición

	Comunidad Expuesta (N=282)			Comunidad NO Expuesta (N=213)			OR*	Valor p	OR* ajustado‡	IC <sub>95%</sub>
	nm	nh	n	nm	nh	n				
<b>Generales</b>										
Fiebre	54	79	133	46	40	86	1,32	0,133	0,80	0,45-1,42
Dolor de Cabeza	73	84	157	45	42	87	<b>1,82</b>	<b>0,001</b>	1,06	0,60-1,89
Ojos rojos	15	27	42	18	15	33	0,95	0,854	1,20	0,57-2,52
Dolor de ojos	24	25	49	13	17	30	1,28	0,323	1,05	0,48-2,29
Dolor de oídos	24	37	61	21	19	40	1,19	0,436	0,69	0,33-1,46
Cansancio	25	44	69	32	31	63	0,77	0,204	0,49	0,25-0,93
Orina con frecuencia	19	24	43	25	21	46	0,65	0,070	0,69	0,33-1,42
Mareos	38	39	77	14	11	25	<b>2,82</b>	<b>0,000</b>	1,61	0,68-3,77
Debilidad	41	39	80	17	9	26	<b>2,85</b>	<b>0,000</b>	2,21	0,89-5,48
<b>Respiratorios</b>										
Escozor de la nariz	10	24	34	13	12	25	1,03	0,913	0,51	0,19-1,39
Tos	49	72	121	47	43	90	1,03	0,884	0,69	0,39-1,23
Asma	5	4	9	8	2	10	0,67	0,392	1,03	0,23-4,56
Dolor de pecho	19	30	49	27	15	42	0,86	0,506	0,78	0,37-1,65
Dificultad al respirar	16	17	33	23	16	39	<b>0,59</b>	<b>0,040</b>	0,58	0,24-1,38
Dolor de garganta	39	74	113	41	33	74	1,26	0,226	1,43	0,79-2,58
<b>Digestivos</b>										
Nauseas	12	7	19	11	1	12	1,21	0,616	-	-
Vómito	29	40	69	28	8	28	<b>2,14</b>	<b>0,002</b>	1,60	0,70-3,64
Diarrea	41	60	101	36	38	74	1,05	0,805	0,58	0,32-1,07
Dolor de estomago	57	73	130	44	42	86	1,26	0,204	0,66	0,37-1,19
Perdida de apetito	23	20	43	14	8	22	1,56	0,111	1,25	0,52-3,02
<b>Dérmicos</b>										
Piel roja	1	2	3	1	2	3	0,75	0,729	-	-
Hongos	10	23	33	5	2	7	<b>3,90</b>	<b>0,001</b>	-	-
Ampollas	3	4	7	2	4	6	0,88	0,818	-	-
Picores	5	6	11	4	0	4	2,12	0,203	-	-
Erupción	5	8	13	3	0	3	3,38	0,060	-	-
<b>Musculoesqueléticos</b>										
Dolor de cuerpo	39	70	109	47	44	91	0,84	0,361	0,63	0,35-1,13
Dolor de articulaciones	34	60	94	28	19	47	<b>1,77</b>	<b>0,006</b>	1,55	0,80-2,99
Calambres	22	42	64	32	36	68	<b>0,63</b>	<b>0,022</b>	0,55	0,29-1,02
<b>Sistema Nervioso</b>										
Se siente mas nervioso de lo normal	27	40	67	13	15	28	<b>2,06</b>	<b>0,003</b>	1,08	0,50-2,37
Problemas para dormir	12	21	33	33	21	54	<b>0,39</b>	<b>0,000</b>	<b>0,31</b>	<b>0,14-0,72</b>
Depresión (Tristeza)	30	37	67	40	33	73	<b>0,60</b>	<b>0,010</b>	<b>0,47</b>	<b>0,25-0,88</b>
Cambios de humor	31	34	65	24	4	28	<b>1,98</b>	<b>0,006</b>	<b>3,30</b>	<b>1,37-7,96</b>

n: población en cada comunidad

nh: población de hombres en cada comunidad

‡ Ajustado por: nivel educativo, grupo indígena, indicador de habitabilidad y categoría del trabajo

nm: población de mujeres en cada comunidad

OR\*: OR de prevalencia

En las dos siguientes tablas se presenta el análisis de la prevalencia de los grupos sintomáticos en función del sexo y de la exposición para los dos tiempos de recuerdo.

Dentro de los resultados obtenidos se observa que es la población expuesta la que presenta mayor prevalencia de los grupos sintomáticos en las últimas dos semanas. Presentan significación estadística los grupos sintomáticos: general, digestivo y sistema nervioso, sin embargo excepto este último grupo para las mujeres, los demás dejan de ser significativos una vez ajustado por las variables confusoras.

Para los síntomas dérmicos en hombres no se pudieron dar datos del OR ajustado por la baja prevalencia de dichos síntomas en ambos grupos.

Para los doce últimos meses también se encontró mayor prevalencia de los grupos sintomáticos en la población expuesta. Los grupos sintomáticos presentados por la población expuesta fueron los generales y dérmicos. Como se puede observar en la tabla 43, la significancia para estos grupos se pierde cuando se ajusta por las variables confusoras excepto para el caso del grupo concerniente a los problemas dérmicos.

**TABLA 42.** OR de prevalencia por grupos sintomáticos en las 2 últimas semanas según el sexo y la exposición

	Comunidad Expuesta (N=282)			Comunidad NO Expuesta (N=213)			OR* crudo			Valor p			OR* Ajustado <sup>‡</sup>			CI <sub>95%</sub>		
	nm	nh	n	nm	nh	n	mujeres	hombres	ambos	mujeres	hombres	ambos	mujeres	hombres	ambos	mujeres	hombres	ambos
Síntomas generales	102	103	205	69	59	128	<b>2,15</b>	1,52	<b>1,77</b>	<b>0,007</b>	0,123	<b>0,003</b>	3,54	1,10	1,61	0,98-12,84	0,51-2,39	0,86-3,03
Síntomas respiratorios	73	77	150	54	50	104	1,35	1,05	1,19	0,239	0,856	0,336	1,51	0,86	1,08	0,51-4,51	0,41-1,79	0,61-1,94
Síntomas digestivos	53	55	108	36	18	54	1,44	<b>2,63</b>	<b>1,83</b>	0,178	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	1,65	2,58	1,72	0,40-6,77	0,73-9,09	0,76-3,91
Síntomas dérmicos	5	19	24	9	5	14	0,46	2,75	1,32	0,170	0,052	0,424	0,69	-	1,90	0,07-6,97	-	0,54-6,66
Síntomas musculoesqueléticos	51	64	115	45	42	87	0,95	1,02	1,00	0,856	0,934	0,988	1,65	0,57	0,73	0,47-5,87	0,26-1,24	0,39-1,36
Síntomas del sistema nervioso	52	45	97	28	17	45	<b>1,97</b>	<b>2,09</b>	<b>1,96</b>	<b>0,016</b>	<b>0,022</b>	<b>0,001</b>	<b>7,96</b>	2,34	<b>3,40</b>	<b>1,63-38,87</b>	0,79-6,91	<b>1,50-7,68</b>

n: población en cada comunidad

nm: población de mujeres en cada comunidad

nh: población de hombres en cada comunidad

OR\*: OR de prevalencia

‡ Ajustado por: nivel educativo, grupo indígena, indicador de habitabilidad y categoría del trabajo



**TABLA 43.** OR de prevalencia por grupos de síntomas en los últimos 12 meses según el sexo y la exposición

	Comunidad Expuesta (N=282)			Comunidad NO Expuesta (N=213)			OR* crudo			Valor p			OR* Ajustado <sup>‡</sup>			CI <sub>95%</sub>		
	nm	nh	n	nm	nh	n	mujeres	hombres	ambos	mujeres	hombres	ambos	mujeres	hombres	ambos	mujeres	hombres	ambos
Síntomas generales	84	97	181	56	55	111	<b>1,78</b>	1,49	<b>1,65</b>	<b>0,027</b>	0,131	<b>0,007</b>	0,66	0,87	0,88	0,18-2,37	0,43-1,78	0,49-1,58
Síntomas respiratorios	67	86	153	52	51	103	1,21	1,28	1,27	0,455	0,336	0,194	0,83	0,75	0,82	0,26-2,61	0,36-1,54	0,46-1,45
Síntomas digestivos	63	79	142	46	46	92	1,33	1,30	1,33	0,269	0,312	0,114	0,94	0,59	0,73	0,27-3,22	0,28-1,22	0,41-1,30
Síntomas dérmicos	17	31	48	11	7	18	1,37	<b>3,45</b>	<b>2,22</b>	0,440	<b>0,005</b>	<b>0,006</b>	2,16	2,59	<b>2,65</b>	0,28-16,84	0,81-8,26	<b>1,01-6,92</b>
Síntomas musculoesqueléticos	53	82	135	49	52	101	0,88	1,11	1,02	0,618	0,698	0,920	0,48	0,77	0,70	0,14-1,65	0,38-1,56	0,40-1,24
Síntomas del sistema nervioso	47	59	106	48	40	88	0,75	0,97	0,86	0,276	0,899	0,401	0,55	0,56	0,68	0,16-1,93	0,27-1,22	0,38-1,24

**n:** población en cada comunidad

**nm:** población de mujeres en cada comunidad

**nh:** población de hombres en cada comunidad

**OR\*:** OR de prevalencia

<sup>‡</sup> Ajustado por: nivel educativo, grupo indígena, indicador de habitabilidad y categoría del trabajo

## **HISTORIAL CLÍNICO**

En relación con el historial médico en estas comunidades, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Durante el análisis se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. La población no expuesta declaró haber consumido más medicamentos y haber estado hospitalizada durante las últimas cuatro semanas frente a la población control. Sin embargo, al ajustar por las variables confusoras, no se ha mantenido la significación. En la prevalencia ajustada ha aparecido significación en la población masculina de la población no expuesta en la declaración de enfermedad para las últimas cuatro semanas.

**TABLA 44.** OR de prevalencia para el historial médico auto-reportado según el sexo y la exposición

	Comunidad Expuesta (N= 282)			Comunidad NO Expuesta (N=213)			OR* crudo			Valor p			OR* Ajustado <sup>‡</sup>			IC <sub>95%</sub>		
	nm	nh	n	nm	nh	n	mujeres	hombres	total	mujeres	hombres	total	mujeres	hombres	total	mujeres	hombres	total
Enfermo/a	19	31	50	29	19	48	0,47	1,09	0,72	0,201	0,787	0,149	0,57	<b>0,32</b>	<b>0,42</b>	0,16-2,04	<b>0,10-0,97</b>	<b>0,19-0,94</b>
Atención médica	35	41	76	31	27	58	0,91	1,00	0,95	0,739	0,994	0,817	0,96	0,54	0,66	0,25-3,73	0,23-1,29	0,33-1,30
Atención de un curandero	9	9	18	14	2	16	0,50	2,99	0,80	0,119	0,168	0,543	0,62	2,37	0,97	0,08-4,70	0,22-25,73	0,24-3,83
Medicamentos	71	80	151	70	65	135	0,74	0,62	<b>0,68</b>	0,249	0,076	<b>0,043</b>	0,40	0,57	0,54	0,11-1,49	0,27-1,24	0,28-1,02
Hospitalización	16	3	19	16	8	24	0,86	<b>0,24</b>	0,58	0,688	<b>0,036</b>	0,088	2,15	0,45	0,84	0,36-12,64	0,08-2,53	0,31-2,29
Muerte de un familiar	4	4	8	5	6	11	0,68	0,44	0,55	0,577	0,211	0,201	-	-	0,25	-	-	0,05-1,24

**n:** población en cada comunidad

**nm:** población de mujeres en cada comunidad

**nh:** población de hombres en cada comunidad

**OR\*:** OR de prevalencia

<sup>‡</sup> Ajustado por: nivel educativo, grupo indígena, indicador de habitabilidad y categoría del trabajo

## SALUD REPRODUCTIVA

En total 250 mujeres forman parte de este análisis, 133 mujeres ingieren agua considerada por la legislación boliviana como contaminada por componentes del petróleo, 114 mujeres beben agua limpia. Tres fueron eliminadas del análisis porque no reportaron datos sobre la fuente de consumo de agua, por lo que no pudieron ser asignadas a ninguno de los grupos de estudio.

Las características socioeconómicas y sociodemográficas que presenta la población femenina para este modelo, quedan recogidas en las tablas de la sección anterior en las páginas 135 a 139.

Las diferencias encontradas a nivel socioeconómico y demográfico difieren sensiblemente respecto a las encontradas sin disgregar por sexos. Respecto a las mujeres según el grupo de exposición se encontró diferencias para las variables grupo étnico, trabajo, sector de ocupación, categoría del trabajo, trabajo del marido, material de la vivienda, habitabilidad y número de personas viviendo en la casa ( $p < 0,05$ ). Siguen siendo las mujeres expuestas las que presentan mayores deficiencias económicas.

Asimismo, se han encontrado diferencias estadísticamente significativas para el habito tabáquico y consumo de alcohol ( $p < 0,05$ ). En las figuras 22 y 23, se recogieron los porcentajes de mujeres consumidoras tanto de alcohol como tabaco según la exposición.

Respecto al apartado de salud reproductiva, 225 mujeres, 91,09% (87,54-94,64) del total tuvieron al menos un embarazo (99 no expuestas y 126 expuestas). No se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos ( $p > 0,05$ )

En la tabla 45 se presenta la media del número de embarazos, edad media del primer embarazo, total de nacidos vivos, número de abortos, numero del bebe en el que se produjo el aborto y la edad en el aborto.

No se han observado diferencias estadísticamente significativas entre los grupos para ninguna de estas variables estudiadas.

**TABLA 45.** Resultados de las características de las mujeres embarazadas según la exposición

	Grupo Expuesto		Grupo NO Expuesto		Valor p
	Nm=126		Nm=99		
	Media	SD IC <sub>95%</sub>	Media	SD IC <sub>95%</sub>	
Número total de embarazos	4,30	3,02 (3,77-4,83)	4,73	3,37 (4,05-5,40)	0,840
Edad en el primer embarazo	17,62	4,21 (16,88-18,36)	18,32	3,20 (17,67-18,96)	0,913
Total de embarazos con nacidos vivos	4,07	2,73 (3,59-4,56)	4,45	3,27 (3,79-5,11)	0,823
Número de abortos	1,43	0,76 (0,99-1,87)	1,35	0,75 (1,00-1,70)	0,383
Número de bebe	3,00	1,84 (1,94-4,06)	3,75	2,92 (2,38-5,12)	0,799
Edad en el aborto	20,14	10,16 (14,28-26,01)	23,35	11,54 (17,95-28,75)	0,796

Respecto al estudio de posibles problemas reproductivos, los resultados advierten que seis de las mujeres estudiadas tuvieron algún problema para quedarse embarazadas, dos mujeres expuestas y cuatro mujeres control. Todas las mujeres de la zona de exposición con este problema consultaron a un doctor y siguieron un tratamiento de fertilidad. De las mujeres no expuestas a los contaminantes del petróleo sólo una de las cuatro consultó al doctor por este problema y siguió un tratamiento médico. No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos (Tabla 46).

En lo relativo a los abortos espontáneos, 34 mujeres declararon haber tenido al menos un aborto espontáneo 13,77% (9,47-18,06). No existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos en estudio ( $p > 0,05$ ) ni después de ajustar por las variables confusoras.

La media de abortos espontáneos en las mujeres estudiadas es de 1,38 (1,12-1,64), con una media de edad en la ocurrencia del aborto espontáneo de 22,03 años (18,21-25,85). El número del bebe en el que se produjo el aborto espontáneo fue de media el 3,44 (2,56-4,32).

Otro efecto estudiado en la salud reproductiva de las mujeres encuestadas fue la presencia en alguno de los tres primeros embarazos de malformaciones en los bebes (Tabla 46). No se encontraron diferencias entre los dos grupos de exposición.

**TABLA 46.** Resultados de los efectos reproductivos según la exposición

	Grupo Expuesto		Grupo NO Expuesto		OR*	Valor p	OR* (ajustado)	IC <sub>95%</sub>
	nm	% (IC <sub>95%</sub> )	nm	% (IC <sub>95%</sub> )				
Problemas para quedarse embarazada†	2	1,59 (0,59-3,77)	4	4,04 (0,16-7,92)	0,38	0,275	0,54	0,09-3,31
Aborto espontáneo††	14	11,11 (5,62-16,60)	20	20,20 (12,29-28,11)	0,49	0,062	0,55	0,24-1,28
Defectos al nacer‡								
1 <sup>er</sup> embarazo	7	5,69 (1,60-9,79)	4	4,26 (0,17-8,34)	1,24	0,716	0,73	0,17-3,18
2 <sup>o</sup> embarazo	4	4 (0,16-7,84)	4	5 (0,22-9,78)	0,93	0,898	1,09	0,25-4,74
3 <sup>er</sup> embarazo	3	3,85 (0-8,11)	2	3,23 (0-7,62)	1,94	0,353	2,02	0,43-9,51

† Ajustado por: indicador de habitabilidad.

†† Ajustado por: indicador de habitabilidad, habito tabáquico, consumo de alcohol y número de embarazos.

‡ Ajustado por: consumo de alcohol, tabaco y/o medicamentos durante el embarazo.

OR\* OR de prevalencia

## 5.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO CÁNCERÍGENO PARA LOS HAPs

En la tabla 47, quedan recogidos los valores relativos a la media, mediana, máximo y mínimo de las concentraciones de los HAPs expresadas en BaP<sub>eq</sub>. Los resultados hallados muestran que la fuente de consumo con mayores niveles de HAPs fue la correspondiente al agua de grifo.

Como se exponía en la página 155 del apartado “Análisis de las muestras”, la media de la suma de los 16 HAPs analizados fue 4,05 µg/L, con un mínimo y máximo de 0,20 µg/L y 29,89 µg/L, respectivamente.

Las comunidades más contaminadas por estos compuestos fueron Ipa y Tarairí en agua de grifo con concentraciones de 29,59 µg/L y 29,89 µg/L respectivamente.

El siguiente valor más alto se encontró también en Tarairí pero en la muestra de quebrada (21,21 µg/L) seguida por la comunidad de Tres Pozos en agua de río con 19,05 µg/L y Chimeo en agua de grifo (18,46 µg/L) y agua en quebrada (17,43 µg/L).

**TABLA 47.** Media, mediana, máximo, mínimo y el percentil 90 de la concentración de los HAPs expresados en BaP<sub>eq</sub>

	Grifo (µg/L)	Quebrada (µg/L)	Río/arroyo (µg/L)	Pozo (µg/L)	Lago (µg/L)
<b>Media</b>	1,34	2,19	0,77	0,029	0,0009
<b>Mediana</b>	0,011	0,33	0,28	0,010	0,0009
<b>Mínimo</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Máximo</b>	9,81	7,13	4,63	0,07	0,00

En las tablas 48 y 49 quedan recogidos los resultados sobre los distintos niveles de riesgo cancerígeno estimado para cualquier tipo de cáncer y para cáncer de piel en adultos según la comunidad y la fuente de consumo de agua.

Dentro de los resultados hallados en este análisis se observa la fuerte dispersión en los rangos de los niveles de riesgos cancerígenos de las muestras analizadas que van desde 1/10 a 1/10.000.000 para la ruta de exposición dérmica y de 1/10.000 a 1/100.000.000 en la ruta oral.

Subrayar que se ha encontrado mayor riesgo entre las comunidades estudiadas de padecer cáncer de piel frente a otro tipo de cáncer, debido a los mayores niveles de riesgo cancerígeno encontrado para la exposición dérmica en relación con los valores encontrados para la exposición por ingesta oral al agua contaminada por HAPs.

**TABLA 48.** Niveles de riesgo cancerígeno para algún tipo de cáncer por exposición oral a los HAPs en adultos residentes de acuerdo a la comunidad y la fuente de consumo de agua

	Riesgo cancerígeno NO tolerable (Probabilidad de riesgo $\geq$ 1/10.000)			Riesgo cancerígeno tolerable (Probabilidad de riesgo: 1/10.000 – 1/1.000.000)				Riesgo aceptable (Probabilidad de Riesgo $\leq$ 1/1.000.000)				
	Grifo	Quebrada	Río/Arroyo	Grifo	Quebrada	Río/Arroyo	Pozo	Grifo	Quebrada	Río/Arroyo	Pozo	Laguna
Caigua					1,15x10 <sup>-6</sup>			4,58x10 <sup>-8</sup>				
Caiguamí												5,93x10 <sup>-7</sup>
Camatindi					1,62x10 <sup>-5</sup>			1,39x10 <sup>-8</sup>				
Capirendita							3,53x10 <sup>-6</sup>	7,20x10 <sup>-8</sup>		4,91x10 <sup>-8</sup>		
Chimeo	3,03x10 <sup>-4</sup>	2,84x10 <sup>-4</sup>										
Circulación						*2,33x10 <sup>-5</sup>						3,03x10 <sup>-8</sup>
Cueva del León			2,69x10 <sup>-4</sup>	1,26x10 <sup>-6</sup>								
Ibopeiti								4,93x10 <sup>-8</sup>		2,54x10 <sup>-8</sup>		
Igüembe								6,53x10 <sup>-7</sup>	4,30x10 <sup>-8</sup>			
Ipa				2,50x10 <sup>-5</sup>	1,45x10 <sup>-5</sup>	1,61x10 <sup>-5</sup>						
Lagunitas				4,10x10 <sup>-6</sup>	2,19x10 <sup>-5</sup>							
Pelícano				1,51x10 <sup>-5</sup>		*1,61x10 <sup>-5</sup>						
Pirití		4,14x10 <sup>-4</sup>				*1,61x10 <sup>-5</sup>						
Puesto García	3,85x10 <sup>-4</sup>											
Puesto Uno										1,15x10 <sup>-8</sup>	5,28x10 <sup>-8</sup>	4,95x10 <sup>-8</sup>
Quebrachal								4,42x10 <sup>-8</sup>		6,02x10 <sup>-8</sup>		
San Antonio								6,60x10 <sup>-7</sup>		1,23x10 <sup>-7</sup>		
Tahiguati					2,38x10 <sup>-6</sup>			6,07x10 <sup>-7</sup>				
Tarairí	5,70x10 <sup>-4</sup>	3,99x10 <sup>-4</sup>				1,72x10 <sup>-5</sup>						
Tigüipa Estación		1,21x10 <sup>-4</sup>		1,78x10 <sup>-5</sup>								
Tres Pozos						2,33x10 <sup>-5</sup>	4,13x10 <sup>-6</sup>	2,74x10 <sup>-7</sup>				
<b>Total Comunidades</b>	3	4	1	5	5	6	2	9	1	5	3	1

\* Muestra tomada en la comunidad Tres Pozos

\* Muestra tomada en la comunidad de Ipa



**TABLA 49.** Niveles de riesgo cancerígeno para cáncer de piel por exposición dérmica a los HAPs en adultos residentes de acuerdo a la comunidad y la fuente de consumo de agua

	Riesgo cancerígeno NO tolerable (Probabilidad de riesgo ≥ 1/10.000)				Riesgo cancerígeno tolerable (Probabilidad de riesgo: 1/10.000 – 1/1.000.000)				Riesgo aceptable (Probabilidad de Riesgo ≤ 1/1.000.000)				
	Grifo	Quebrada	Río/Arroyo	Pozo	Grifo	Quebrada	Río/Arroyo	Pozo	Grifo	Quebrada	Río/Arroyo	Pozo	Laguna
Caigua						3,17x10 <sup>-5</sup>			6,93x10 <sup>-7</sup>				
Caiguamí							1,13x10 <sup>-5</sup>						
Camatindi		9,00x10 <sup>-4</sup>							2,10x10 <sup>-7</sup>				
Capirendita				4,26x10 <sup>-4</sup>	1,09x10 <sup>-6</sup>						7,41x10 <sup>-7</sup>		
Chimeo	7,44x10 <sup>-2</sup>	6,73x10 <sup>-2</sup>											
Circulación			*1,38x10 <sup>-3</sup>									4,58x10 <sup>-7</sup>	
Cueva del León			6,59x10 <sup>-2</sup>		3,43x10 <sup>-5</sup>								
Ibopeiti									7,43x10 <sup>-7</sup>		3,84x10 <sup>-7</sup>		
Igüembe					1,23x10 <sup>-5</sup>					5,53x10 <sup>-7</sup>			
Ipa	1,35x10 <sup>-3</sup>	8,10x10 <sup>-4</sup>	9,00x10 <sup>-4</sup>										
Lagunitas	4,99x10 <sup>-4</sup>	1,22x10 <sup>-3</sup>											
Pelícano	8,44x10 <sup>-4</sup>		*9,00x10 <sup>-4</sup>										
Pirití		9,52x10 <sup>-2</sup>	*9,00x10 <sup>-4</sup>										
Puesto García	7,36x10 <sup>-2</sup>												
Puesto Uno													
Quebrachal													
San Antonio					1,24x10 <sup>-5</sup>		2,43x10 <sup>-6</sup>						
Tahiguati		2,85x10 <sup>-4</sup>			1,46x10 <sup>-5</sup>								
Tarairí	1,24x10 <sup>-1</sup>	7,96x10 <sup>-2</sup>	9,56x10 <sup>-4</sup>										
Tigüipa Estación	9,91x10 <sup>-4</sup>	1,14x10 <sup>-2</sup>											
Tres Pozos			1,38x10 <sup>-3</sup>	4,88x10 <sup>-4</sup>	6,61x10 <sup>-6</sup>								
<b>Total Comunidades</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

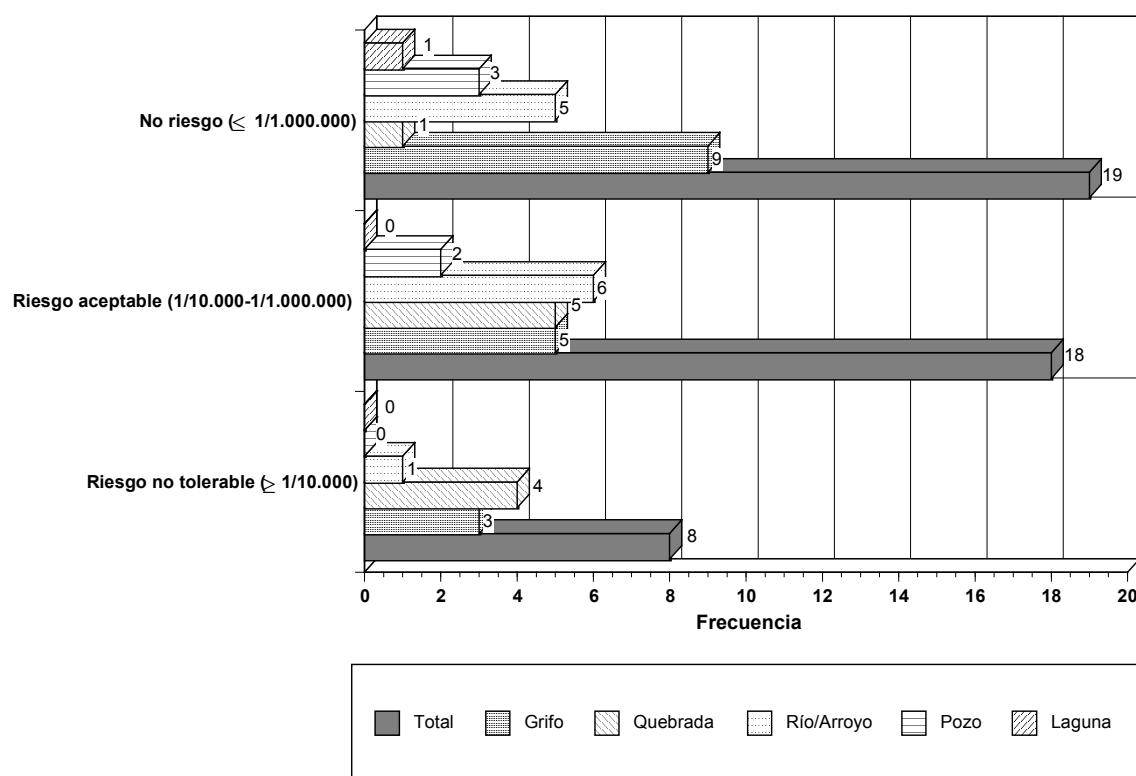
\* Muestra tomada en la comunidad Tres Pozos

\* Muestra tomada en la comunidad de Ipa

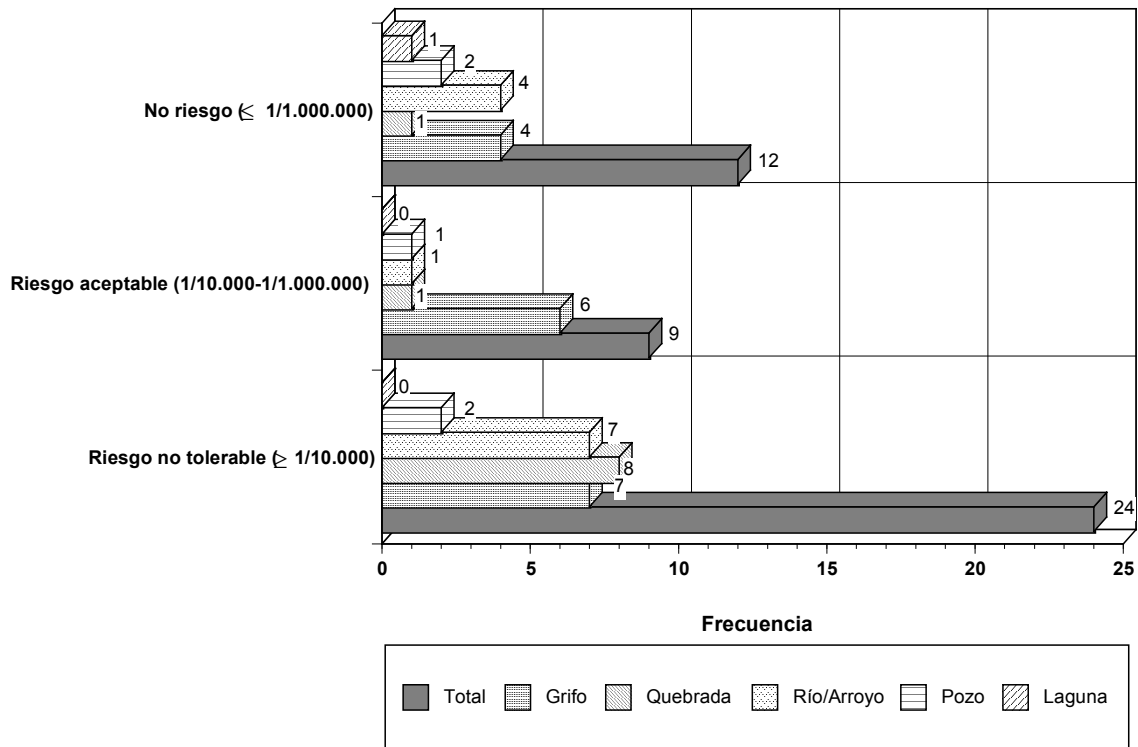
Asimismo, los resultados muestran que para la exposición dérmica el 53,33% (38,76-67,91) de las muestras se encuentran dentro del nivel de riesgo cancerígeno considerado como no tolerable o lo que es lo mismo que las personas residentes y usuarias habituales de esas fuentes de agua tendrán alto riesgo de padecer cáncer de piel. Para la exposición oral, esa cifra se reduce al 17,78% (6,61-28,95) de las muestras.

Las comunidades con mayor riesgo de padecer algún tipo de cáncer o cáncer de piel fueron Tarairí y Chimeo.

En las dos siguientes figuras podemos observar la frecuencia de cada una de las fuentes de consumo de agua en función del riesgo. La fuente de consumo con niveles máximos de riesgo cancerígeno para las personas consumidoras de las mismas fue el agua de grifo. Sin embargo, en relación a la frecuencia de muestras contaminadas con alto riesgo cancerígeno la fuente más común fue el agua de quebrada.



**Fig 24.** Frecuencia de las fuentes de consumo de agua en función del nivel de riesgo para la exposición oral



**Fig 25.** Frecuencia de las fuentes de consumo de agua en función del nivel de riesgo para la exposición dérmica

A continuación se presenta la distribución geográfica de los puntos de muestreo según los niveles de riesgo para cada una de las exposiciones estudiadas.

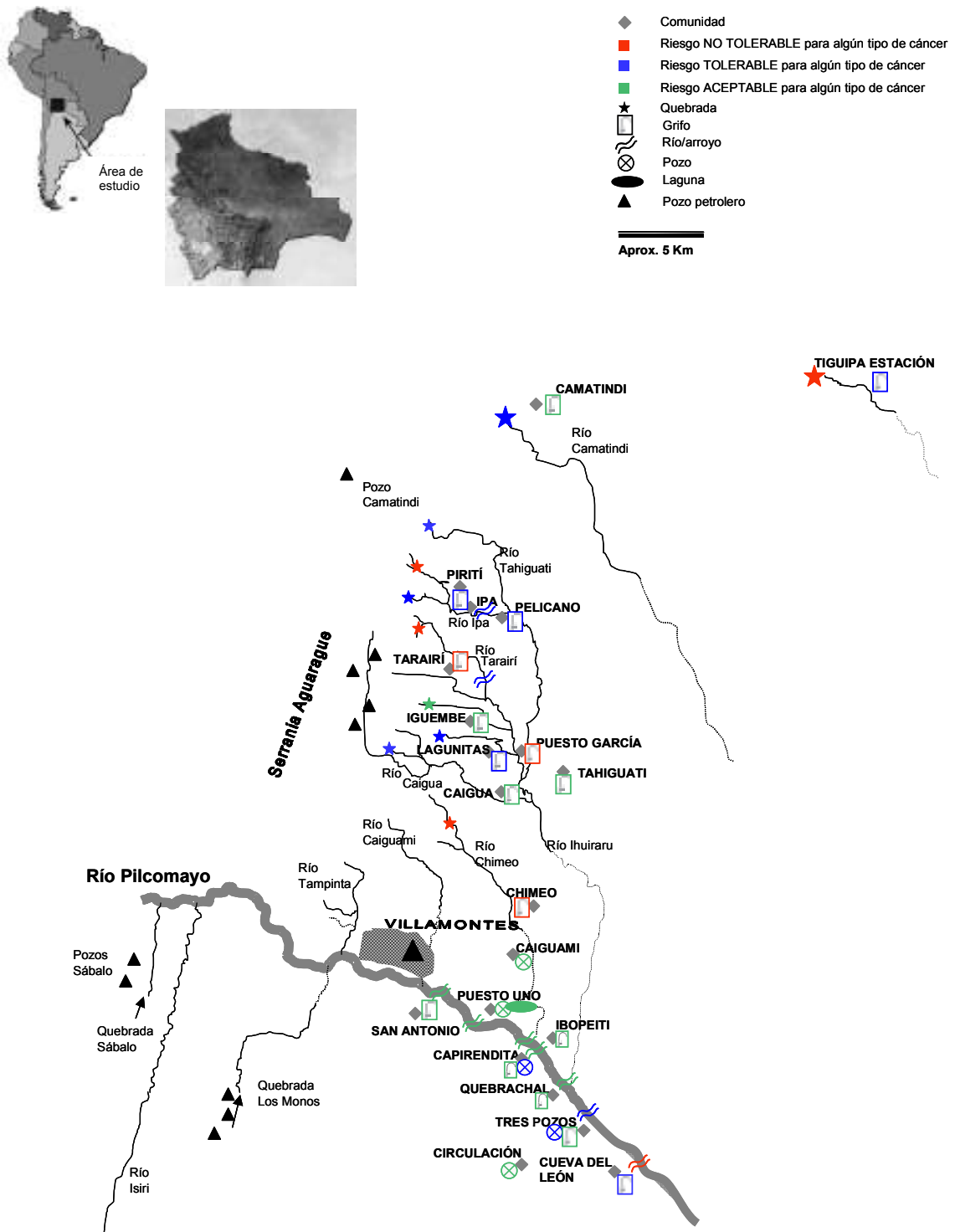


Fig 26. Mapa de niveles de riesgo para la exposición oral según el tipo de muestra

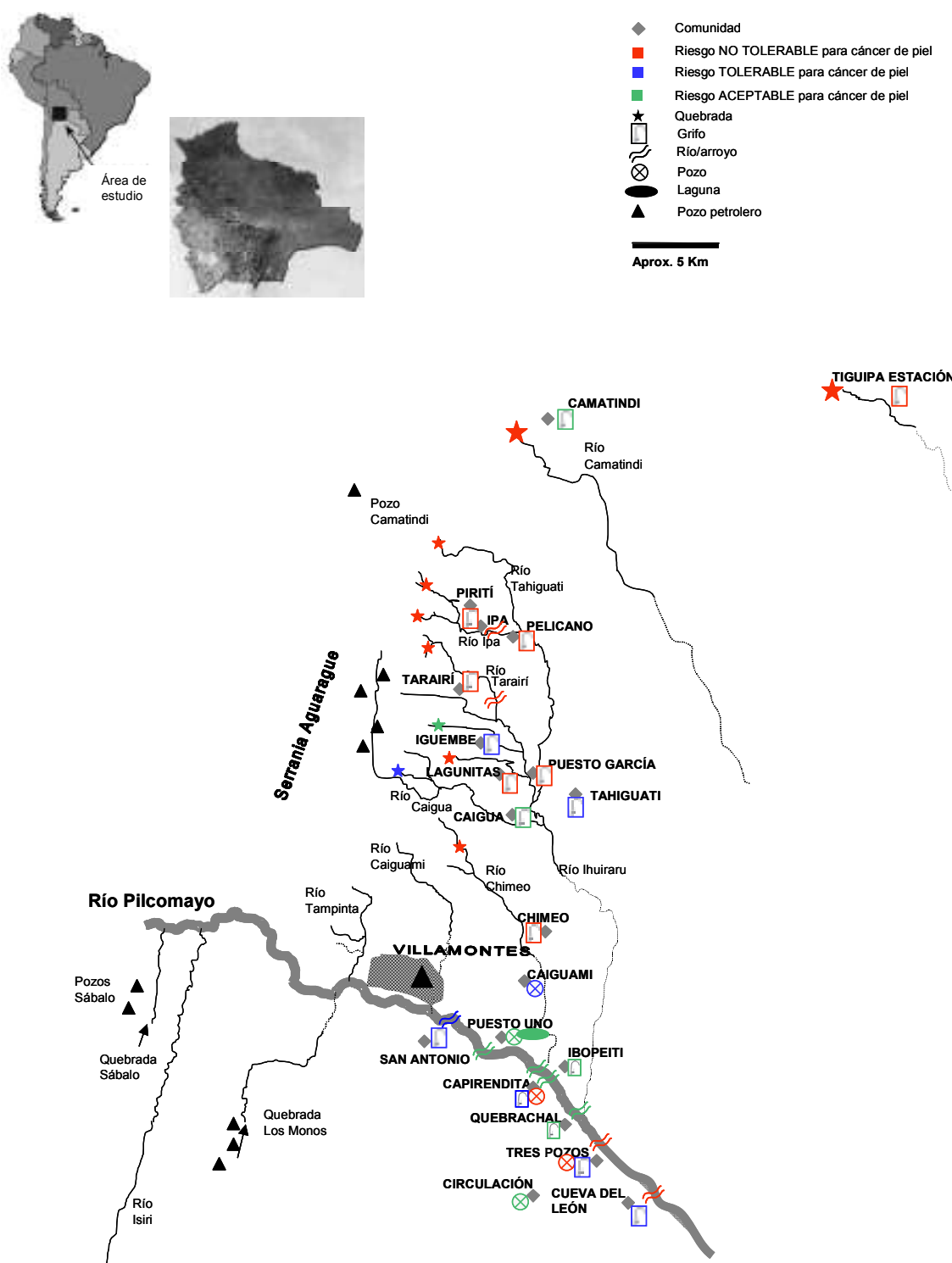


Fig 27. Mapa de niveles de riesgo para la exposición dérmica según el tipo de muestra



# Discusión





## 6. DISCUSIÓN

### 6.1 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO

Se han encontrado altos niveles de contaminación en la región de exposición y el análisis de riesgo advierte de la elevada probabilidad de padecer cáncer de piel en la mayoría de las comunidades. A pesar de esto, no se ha encontrado, para todos los desenlaces estudiados, una mayor proporción de enfermos/as en poblaciones expuestas a las actividades provenientes de los campos de extracción de petróleo en la región del Chaco boliviano.

En el análisis de exposición en función de la distancia, se ha encontrado peor percepción de salud en las poblaciones residentes en la región de no exposición. Del mismo modo, se ha encontrado en la población no expuesta un aumento puntual de los distintos grupos sintomáticos. En relación con la salud reproductiva de las mujeres, se ha observado un aumento de defectos o malformaciones en bebés nacidos en la región no expuesta.

Los análisis de agua realizados en varias fuentes de consumo cercanas a campos petrolíferos muestran que existe una alta concentración de varios componentes del crudo entre los que se destacan HTP, HAPs y varios metales.

Respecto al modelo de exposición basado en la contaminación del agua, se han hallado diferencias en la auto-percepción de salud emocional de las mujeres seleccionadas como expuestas. Los resultados de este modelo muestran mayor proporción de síntomas como dolor de cabeza, ojos rojos, mareos, dolor de articulaciones y problemas dérmicos en la población expuesta a la contaminación por sustancias de petróleo en el agua de consumo.

En la evaluación del riesgo cancerígeno para la exposición dérmica y la ingesta oral de agua en las poblaciones residentes a menos de 30 km de los campos de extracción de petróleo, más de la mitad de las estimaciones indican que existe riesgo elevado de que la población expuesta a compuestos del petróleo pueda desarrollar cáncer de piel y en menor medida algún tipo de cáncer.

### 6.1.1 MODELO A: EXPOSICIÓN EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA

En este modelo se han explorado las diferencias de salud entre una población situada en la región de no exposición (>30 km de un campo de extracción de petróleo) y la población residente en la región de exposición o cercana (<30 km) a los campos de extracción.

Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en la auto-percepción del estado de salud así como en la mayoría de los síntomas considerados para las dos últimas semanas y los 12 últimos meses. La población control ha sido la que ha auto-declarado peor estado de salud, en general. En relación con la salud reproductiva de las mujeres, se ha observado un aumento de defectos o malformaciones en bebés nacidos en la región no expuesta.

En el contexto de la auto-percepción del estado de salud, los resultados obtenidos no concuerdan con lo inicialmente esperado ya que, la población no expuesta situada en la región lejana a los campos petrolíferos es la que percibe tener peor salud y limitaciones tanto emocionales como físicas a la hora de realizar tareas cotidianas. Sin embargo, la salud y la enfermedad son conceptos socialmente construidos, definidos y tipificados por cada cultura. Por ello, hay que considerar un componente biológico y otro cultural en la enfermedad.

La auto-percepción de salud siempre incluye un componente subjetivo difícilmente cuantificable. En cualquier caso, la literatura se ha preocupado de analizar desde hace varias décadas los factores determinantes de la salud, mostrando que aspectos no médicos como nivel socioeconómico, estilos de vida, medio ambiente, entre otros, tienen una incidencia sobre la salud <sup>(254,255)</sup>.

Varios estudios han documentado que los sesgos y las discrepancias que se producen en el autorreporte de la salud pueden ser imputables a características individuales como el nivel socioeconómico <sup>(256,257)</sup> sobre todo si éste imposibilita la satisfacción de necesidades esenciales para la vida. Esto concuerda con los resultados encontrados en nuestro estudio entre la percepción de salud y el indicador de habitabilidad. Un menor nivel de habitabilidad, variable construida a partir de la tenencia o no de recursos en una vivienda como la electricidad, letrina y material de construcción de la misma, se asocia a una peor percepción de salud. A su vez, coincide con las estadísticas presentadas (Tabla 50) por organismos como la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Instituto de Estadística de Bolivia, para el año 2005. Las comunidades presentes en la región de no exposición, municipios de Huacareta y Muyupampa

tienen menor acceso a electricidad y agua potable frente a las comunidades presentes en el municipio del Gran Chaco o región de exposición. El acceso a estos recursos básicos está directamente relacionado con el Índice de Salud<sup>7</sup>.

**TABLA 50.** Porcentaje de población con acceso a distintos recursos y el Índice de Salud para las regiones de estudio

	Municipio	Acceso a electricidad (%)	Acceso a agua potable (%)	Índice de Salud
<b>Región no expuesta</b>	Huacareta	8	30	0,51
	Muyupampa	26	51	0,56
<b>Región expuesta</b>	Gran Chaco	63	81	0,76

Fuente: OPS-OMS y FAM Bolivia, 2005 <sup>(258)</sup>

A pesar de que el aspecto socioeconómico se ha documentado como una de las variables clave dentro de la percepción del estado de salud, en nuestro estudio la inclusión de las variables socioeconómicas –indicador de habitabilidad y categoría del trabajo- en el modelo multivariante no debilita la asociación entre el tener peor percepción de salud y vivir en la región de no exposición.

Muchas variables influyen en la percepción de la salud, pero de entre ellas nos gustaría reseñar el papel de la educación, mas allá del nivel educativo alcanzado. Varios estudios sugieren que la educación, además de intervenir como un indicador socioeconómico <sup>(259)</sup>, actúa como una variable de eficiencia o rendimiento en el logro de un mejor nivel de salud <sup>(255,257)</sup>. Las personas con más estudios no solamente saben utilizar mejor los servicios sanitarios, sino que también conocen mejor cómo prevenir la enfermedad, administrarse correctamente los medicamentos y tener una continuidad en los cuidados de salud. Efectivamente en nuestro estudio encontramos que existe una asociación significativa entre un menor nivel educativo y peor percepción de la salud. También se hallaron diferencias estadísticamente significativas en el nivel educativo entre los grupos, siendo los residentes en el área de no exposición los que tenían un menor nivel educativo.

No obstante, otros estudios indican que la relación entre educación y salud no es tan simple. Y es que la educación parece tener poca relación con el estado de salud entre las personas en hogares con ingresos por debajo de los umbrales de la pobreza. Este podría ser el caso de las poblaciones del estudio en las que más del 80% es

<sup>7</sup> Índice de Salud referido al índice Municipal de Salud de los municipios de Bolivia. Para informaciones metodológicas: <http://www.ops.org.bo/textocompleto/hsp17172.pdf>

pobre y tiene necesidades básicas insatisfechas <sup>(260)</sup>. Este hallazgo sugiere que los efectos de la privación material absoluta no pueden ser amortiguados por la educación, por lo que este indicador puede no explicar parte de los resultados encontrados en nuestro estudio respecto a la peor percepción de la salud. Quizás este hecho explique en parte por qué esta variable no modifica la asociación entre tener peor percepción de salud y vivir en la región de no exposición al incluirse en el modelo multivariante.

Dado que estas variables potencialmente confusoras no han reducido la asociación inversa encontrada en este estudio, cabe pensar que pueden existir otros posibles factores socioculturales que intervengan directamente en la percepción del estado de salud y que no han sido tenidos en cuenta. Un estudio reciente <sup>(261)</sup>, indica que se pueden establecer cinco mecanismos explicativos de las influencias del entorno físico y social en la percepción de la salud: las condiciones físicas del medio ambiente, disponibilidad de ambientes saludables, servicios públicos o privados que prestan apoyo a las actividades cotidianas, características socio-culturales de la localidad y la reputación de la zona.

Dada la inexistencia de estudios sociológicos y antropológicos en la zona de estudio no tenemos conocimiento de que posibles factores pueden estar influyendo en la auto-percepción de la salud, ni cuanto pesan (en importancia) estas posibles variables en relación a la percepción de salud de los individuos estudiados.

En lo concerniente a los síntomas reportados para las dos últimas semanas y los doce últimos meses, la población situada en la región no expuesta fue la que presentó mayor prevalencia de síntomas.

En las dos semanas anteriores a la realización de la encuesta, la población no expuesta presentó prevalencias significativamente superiores en 28 de los 32 síntomas estudiados. Estos resultados concuerdan con lo reportado en el apartado “Resultados” en la percepción del estado de salud de la población no expuesta en relación con los residentes expuestos. De nuevo, y como sucedía con la percepción de salud, el aumento de síntomas encontrados en la zona no expuesta no se corresponde con lo que se esperaba en base a la multitud de efectos recogidos en la bibliografía de personas expuestas a los contaminantes del petróleo.

No obstante, está cada vez más documentado que las diferencias en el nivel económico causan un exceso de mortalidad y de morbilidad superior al que causan la mayoría de factores de riesgo conocidos <sup>(262)</sup>. Numerosos estudios sostienen que las clases sociales y la pobreza son determinantes fundamentales que influyen en la aparición de enfermedades y en las desigualdades en salud. Las clases sociales más

desfavorecidas y las personas o áreas geográficas más pobres tienen peores indicadores de salud que la población de clases sociales más privilegiadas, o que las personas o zonas geográficas con mayor riqueza <sup>(263)</sup> como ya se observaba en la tabla 50. Esto es coherente con las asociaciones encontradas en nuestro estudio en las que se advierte que cuanto mejor es el indicador de habitabilidad, menos frecuentes son los síntomas reportados. De igual manera se ha encontrado que las personas con menor nivel educativo reportaron más número de síntomas. Sin embargo, la inclusión de las variables como el indicador de habitabilidad y el nivel de educación en análisis multivariante no modificó la asociación encontrada entre el aumento de distintos síntomas y la no exposición. Solamente se atenuó la asociación encontrada para el síntoma “tos” que dejó de ser significativa tras el ajuste.

Otro factor que en bibliografía se ha visto que produce alguno de los síntomas analizados en este estudio es el consumo abusivo y continuado de alcohol. Síntomas relacionados con el sistema endocrino, cardiovascular, hematopoyético, gastrointestinal y sistema nervioso (Ej.: náuseas, vómitos, ojos rojos, insomnio, ansiedad, entre otros) pueden estar vinculados al consumo continuado de bebidas alcohólicas <sup>(264)</sup>.

A pesar de que esta relación fue encontrada en muchas investigaciones, en nuestro estudio el alcohol no reveló ninguna relación significativa con los síntomas considerados.

Por otro lado, existen otros factores no considerados en este estudio que repercuten directamente sobre el nivel de salud y la aparición de síntomas similares a los que se han estudiado.

La dieta es un factor clave y las relaciones entre la dieta y los estados de salud fueron ya reconocidas en la medicina hipocrática <sup>(265)</sup>. Varios estudios señalan que la dieta afecta negativamente a la salud de la gente con un nivel socioeconómico bajo. Asimismo, una dieta de mala calidad, frecuente entre las clases sociales más bajas, conduce a una espiral de enfermedad y deterioro <sup>(266)</sup>. Esta asociación también fue hallada en un estudio realizado en Bolivia sobre las preferencias alimenticias de la población boliviana en sus diferentes estratos socioeconómicos <sup>(267)</sup>. Dicho estudio sugiere que existen diferencias en el consumo de alimentos según el nivel socioeconómico de los hogares, siendo los hogares con un bajo nivel socioeconómico los que consumen alimentos más baratos y ricos en alimentos energéticamente densos y pobres en micronutrientes. Con todo, este estudio no contempló aspectos

nutricionales por lo que no es posible comprobar si las diferencias observadas entre las poblaciones estudiadas tienen relación con su dieta.

También la exposición a otros contaminantes químicos o microbiológicos pueden generar síntomas similares a los considerados en este estudio. Así, la ausencia de un adecuado sistema de potabilización hace posible la presencia de microorganismos patógenos en el agua para consumo humano <sup>(67)</sup>. El acceso al agua potable es una piedra angular de la salud pública, pero sigue siendo insuficiente en muchas regiones del mundo <sup>(268)</sup>. La presencia de *Pseudomonas* y *Staphylococcus aureus* son los principales agentes de infecciones cutáneas, mientras que *Cryptosporidium*, norovirus y cepas de *Escherichia coli* enteropatógenas son las causas más importantes de síntomas gastrointestinales <sup>(269)</sup>. En las municipalidades de la región de no exposición (Huacareta y Muyupampa) sólo el 30% y el 51% respectivamente tienen acceso a agua potable, frente al 81% de la región expuesta (Tabla 50). Para la reducción de este tipo de microorganismos en zonas con falta de accesibilidad a fuentes de agua potable existe la posibilidad de medidas de desinfección a nivel doméstico, sin embargo, como queda recogido en el epígrafe 5.2.2 del apartado “Resultados” (pág.139), el 86,69% de la población no realiza ningún tipo de tratamiento al agua por lo que la probabilidad de que exista contaminación microbiológica en estas comunidades puede ser elevada. Sin embargo, estas suposiciones no pueden ser verificadas al no disponer de información sobre la carga microbiana del agua de consumo de estas comunidades.

Otro aspecto que pudiera estar influyendo en los resultados encontrados en este estudio es la exposición a pesticidas asociados a las actividades agrícolas. Como queda recogido en el apartado de “Resultados” (pág.139), la inmensa mayoría de la población no expuesta, 80,43% (75,76-84,39), se dedica a la agricultura, ganadería, caza y silvicultura frente al 42,38% (36,91-42,38) en la región de exposición. La exposición a pesticidas y sus efectos en la salud está bien documentados en la literatura <sup>(270)</sup>. Uno de los efectos más comunes suele ser la dermatitis por el contacto directo durante la fumigación <sup>(271)</sup>. Otros efectos de la exposición a pesticidas son los relacionados con el sistema nervioso, para los cuales se ha descubierto una notable consistencia en estudios clínicos <sup>(270)</sup>. A pesar de poder ser una explicación más a los resultados hallados, el objeto de este estudio no fue analizar la repercusión de la exposición a pesticidas en la salud de las poblaciones, por lo que de nuevo abre una hipótesis de trabajo a verificar en estudios posteriores.

En los síntomas presentados por la población de estudio en los doce últimos meses se hallaron diferencias estadísticamente significativas con aumento de varios

síntomas en la población expuesta. Los síntomas encontrados fueron fiebre, polaquiuria, tos, dolor de garganta, diarrea y dolor de estómago (Tabla 27). Este hallazgo no concuerda con lo encontrado anteriormente en el estado de salud y los síntomas reportados para las dos últimas semanas, aunque es consistente con lo encontrado en otros estudios relacionados con los efectos de la exposición a petróleo. Entre ellos, los encontrados en estudios sobre exposición ocupacional a largo plazo donde se hallaron problemas respiratorios <sup>(119,123)</sup> y digestivos <sup>(119,123)</sup>. En el estudio realizado por San Sebastián et al. <sup>(146)</sup> se consideraron síntomas similares con el mismo periodo de recuerdo, pero sólo resultó coincidente el síntoma dolor de garganta. Para los restantes síntomas el estudio de San Sebastián no encontró relación alguna con la exposición a petróleo.

En relación con el historial médico, se hallaron diferencias en el uso de medicamentos, siendo mayor su consumo en la población expuesta. Aunque sería esperable un mayor consumo de medicamentos entre la población expuesta, esperaríamos que éste fuera unido a una peor auto-percepción del estado de salud y un mayor reporte de síntomas. Una posible explicación a esta incongruencia es que el uso de medicación fuese un mejor indicador que los autorreportes. Sin embargo, nos inclinamos a pensar que es más debido a la dificultad para acceder a los medicamentos en la zona no expuesta, bien por la baja presencia de establecimientos de farmacia y/o por el nivel socioeconómico de la población. Según la Organización Panamericana de la Salud entre el 20% y 25% de la población boliviana no tiene acceso a servicios sanitarios y el grupo con peor acceso corresponde al de la población rural dispersa. Una encuesta realizada en 2005 por el Observatorio farmacéutico, unidad de medicamentos y tecnología en salud del Ministerio de Salud <sup>(272)</sup>, muestra que en Bolivia, cerca del 58,6% de la población vive con menos de 2 dólares americanos al día y como consecuencia de los altos precios de los medicamentos muchas personas no pueden obtener los medicamentos esenciales.

Para el apartado de salud reproductiva, en la tabla 32 del apartado “Resultados”, se pone de manifiesto diferencias significativas en relación con un aumento de bebés con defectos o malformaciones en mujeres con residencia en la región de no exposición. Estas diferencias encontradas no coinciden con lo esperado dada la capacidad teratogénica encontrada para algunos de los HAPs <sup>(36)</sup>. Sin embargo, la presencia de malformaciones puede ser debida a la presencia de multitud de otros factores, entre los que se encuentran el consumo de ciertos fármacos durante el

embarazo <sup>(273-275)</sup>, el consumo de alcohol durante la gestación <sup>(276)</sup>, antecedentes familiares de defectos genéticos, alteraciones del líquido amniótico, bajos niveles de ácido fólico <sup>(277)</sup>. De estos factores, solamente fue objeto de estudio en este trabajo la ingesta de fármacos y alcohol durante el embarazo. Los resultados de este estudio indicaron que no hubo diferencias significativas en cuanto al consumo de fármacos o alcohol durante el embarazo en las mujeres que tuvieron bebés con malformaciones. La inclusión de estas dos variables en el análisis multivariante no modificó la asociación.

Poca información se tiene respecto a las malformaciones en los registros nacionales de Bolivia, que frecuentemente recoge el diagnóstico de malformación congénita sin especificar tipo. Según la OPS esta situación deriva en la existencia de un subregistro de este tipo de anomalías <sup>(278)</sup>.

El único estudio publicado en Bolivia respecto a la incidencia de malformaciones fue el estudio Colaborativo Latinoamericano de Malformaciones Congénitas (ECLAMC) cuyo objetivo fue recoger las frecuencias de las malformaciones en sus variaciones espacio-temporales y los factores genéticos y ambientales involucrados en la causalidad de defectos congénitos. Este estudio únicamente contempló la ciudad de Sucre (Bolivia), en el Hospital Gineco-Obstetricia y el Centro Materno-infantil 'San José', Pockonas, y no reporta información sobre otras áreas del país. Los resultados obtenidos en dos artículos publicados sugieren que no existen diferencias significativas en la prevalencia de labio leporino <sup>(279)</sup> y microtia (anomalía congénita del oído externo) entre los diferentes hospitales comparados en los diferentes años estudiados <sup>(280)</sup>.

Uno de los posibles factores causantes del aumento encontrado entre las mujeres no expuestas en nuestro estudio, pudiera ser los bajos niveles de ácido fólico como consecuencia de la malnutrición. Varias décadas de investigación señalaron a la malnutrición como una de las causas de los defectos del tubo neural, sobre la base de ensayos con animales y estudios epidemiológicos. Existe amplia evidencia científica sobre la relación entre bajos niveles de ácido fólico antes de la concepción y un mayor riesgo de anomalías congénitas múltiples <sup>(277)</sup>, y en las sociedades occidentales está ampliamente extendido el uso de los suplementos de ácido fólico en el período periconcepcional. A su vez, varios estudios epidemiológicos relacionan nivel socioeconómico con dieta más pobre en folato y encuentran mayor riesgo de tener un embarazo afectado por defectos de tubo neural <sup>(281)</sup>. Según los datos de Instituto Nacional de Estadística boliviano el 5,9% de las mujeres residentes en el departamento de Chuquisaca tienen anemia. Varios estudios advierten que la deficiencia de ácido fólico es la causa más frecuente de anemia <sup>(282)</sup>. Del mismo modo,



una de las causas más frecuentes de la anemia megaloblástica es el consumo crónico de bebidas alcohólicas <sup>(283)</sup>. Quizás la malnutrición derivada del bajo nivel socioeconómico ayude a explicar la mayor frecuencia de malformaciones encontrada entre las mujeres de la zona de no exposición. Sin embargo, y como se ha mencionado anteriormente, no se obtuvo información nutricional durante este estudio, por lo que nos es imposible comprobar esta hipótesis.

### **6.1.2 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LAS DISTINTAS FUENTES DE CONSUMO:**

Los análisis de agua realizados en las fuentes de agua de consumo de las comunidades cercanas a campos petrolíferos (<30 km) muestran altas concentraciones de HTP, HAPs y metales principalmente en muestras de grifo.

Existen muy pocos estudios que hayan realizado análisis de compuestos químicos derivados de petróleo en muestras de agua potable o potencialmente consumible y no existe ninguno en la actualidad que haya tenido en cuenta varios componentes simultáneamente.

Para los hidrocarburos totales de petróleo se ha encontrado una mediana y un rango de concentración en las muestras analizadas de 50 [0-21.010] µg/L (Tabla 35). La mitad de las muestras analizadas presentan concentraciones superiores a lo permitido por la legislación boliviana <sup>(284)</sup> y 5 de ellas tienen valores 500 veces superiores al límite establecido por dicha normativa. La muestra de río de Quebrachal alcanza una concentración de HTP 2000 veces por encima de lo permitido en dicha ley. Sin embargo, otras legislaciones como la Europea <sup>(285)</sup>, U.S-EPA <sup>(286)</sup> o recomendaciones de la OMS <sup>(287)</sup> no contemplan este compuesto dentro del listado de sustancias a analizar en el agua de consumo humano. El límite de HTP regulado por la normativa canadiense <sup>(288)</sup> en relación a las aguas de descarga de las plataformas petrolíferas en el Mar del Norte es de 40 mg/L, concentración que se encuentra por encima de las halladas en este estudio. No obstante, cabe destacar que estas descargas se realizan directamente sobre el mar y no sobre una fuente de consumo humano.

Las concentraciones halladas son ligeramente superiores en algunos puntos de muestreo a las encontradas tres años antes por Mamani et al. <sup>(9,10)</sup> en varios ríos contemplados en este estudio. La mediana y rangos de concentración hallados en ese estudio fueron de 1,3 [0-2.880] µg/L, lo que permite probar que siguen produciéndose contaminaciones continuadas sobre las fuentes acuáticas. De manera puntual, el

estudio de Mamani encontró concentraciones por encima de las recogidas en este estudio en los ríos de las comunidades de Ipa, Caigua, Camatindi, Tahiguati y San Antonio. Las diferencias halladas creemos que se deben fundamentalmente al periodo de toma de muestras, puesto que las muestras que presentaron mayores concentraciones en ese estudio fueron tomadas al final de la época de estiaje (octubre), y aunque en nuestro estudio también se consideró este periodo, hay una diferencia de casi un mes entre ellas que en estas zonas puede ser suficiente para la existencia de estas desigualdades. A esto hay que añadir el condicionante que suponen las diferencias interanuales en la pluviosidad, pero no contamos con información pública oficial al respecto.

Otros resultados encontrados en este estudio son coherentes con algunas informaciones recogidas en el informe Mamami, especialmente en lo referente a los derrames reportados por las comunidades y que creemos pueden explicar los altos niveles de HTP. Por ejemplo, en la muestra de grifo de la comunidad de Ipa los niveles encontrados pueden deberse a la filtración de lodos del pozo Camatindi X-1000 situado a las cercanías de la cabecera del río. A pesar de ello, no se encontró HTP en las muestras de quebrada ni de río. Lo mismo ocurre con la comunidad de Caigua en la que sólo se encontró contaminación por HTP en la muestra de grifo aunque esta comunidad, tiene cerca del nacimiento de este río pozos abandonados con continuas filtraciones. Las posibles inconsistencias encontradas en los niveles de contaminación entre las muestras de agua de grifo y la zona de captación (quebrada) pueden ser debidas a la propia metodología del estudio en el que se extrajeron muestras puntuales que no tienen en cuenta las variaciones temporales, por lo que una contaminación puede aparecer días después en muestras de grifo y haberse eliminado en la zona de origen. Otra muestra que tampoco coincide con los resultados aportados por Mamani fue la ausencia de HTP en la muestra de agua de grifo de San Antonio que procede de la Quebrada Los Monos donde se encuentran pozos abandonados con emanaciones de petróleo y gas. Esto puede deberse a que las emanaciones no se producen de manera continua y es posible que la puntualidad de los vertidos no coincidiera con el periodo del muestreo.

Respecto a los datos de concentraciones de HTP, resultados superiores fueron encontrados en muestras realizadas tras un derrame de petróleo en la playa de Moonstone, California, con concentraciones de HTP 483 [46-3.940] µg/L <sup>(289)</sup>.

Datos similares a los nuestros fueron encontrados en varios ríos cercanos a pozos de extracción de petróleo en la amazonía ecuatoriana utilizados como fuentes de consumo de agua por las poblaciones cercanas <sup>(29)</sup>. Las concentraciones halladas por San Sebastián fueron de 60,4 [0-2.880] µg/L.

Otros estudios han encontrado concentraciones muy por debajo a las encontradas en este estudio. Moskovchenko et al. <sup>(290)</sup> halló en el río Vatinisky Egan (Siberia occidental) un rango de concentraciones [43-85] µg/L al paso por un campo petrolífero. Los autores mencionan el consiguiente peligro por ser agua utilizada potencialmente por los indígenas. Otras concentraciones en aguas no consumibles encontradas en el sur iraquí, (noroeste del golfo Árabe) desde 1980 hasta 2005 en distintos estudios fue de 0,99-87 µg/L <sup>(291)</sup>. Concentraciones similares fueron encontradas en otras partes del mundo: agua marina de UK, 24,0-74,0 µg/L; agua marina en Canadá, 1,0-90,0 µg/L; río Corella, 2,2-200 µg/L; puerto de Halifax, 1,2-71,7 µg/l <sup>(292)</sup>.

Como se mencionaba en el epígrafe 5.2 “Análisis de las muestras de agua” del apartado “Resultados”, la mediana y los rangos de concentración encontradas para los 16 HAPs analizados fueron de 4,05 [0,20-32,08] µg/L. Las concentraciones halladas en este estudio, superan el valor límite establecido por la normativa europea de 0,11 µg/L para la suma de los 16 HAPs <sup>(285)</sup>.

Los HAPs pueden provenir de diferentes fuentes, principalmente de la combustión incompleta de combustibles fósiles. Un informe realizado por la OMS <sup>(293)</sup> expone que en las zonas urbanas, debido a la contaminación industrial, al tráfico rodado o a calefacciones, el rango de concentración para la suma de los 16 HAPs en agua potable se encuentra en torno a los 0,001 µg/L y en el peor de los casos en 0,011 µg/L. En zonas rurales como las estudiadas aquí, este tipo de contaminación no suele darse debido a la inexistencia de los focos emisores, por lo que las concentraciones halladas en este estudio no provienen de la combustión. Estudios realizados en zonas con industria petrolífera, han documentado rangos similares a los de nuestro estudio. Es el caso de la región del York River situada en las proximidades de una refinería de petróleo en el que las concentraciones encontradas están entorno a los [2,09-122,85] µg/L <sup>(294)</sup>. O bien, las encontradas en Uruguay y en el río de la Plata, en la región con actividades de extracción de petróleo con un rango de 8 a 41 µg/L <sup>(295)</sup>. Por ello, que es bastante probable que las concentraciones encontradas en nuestros análisis tengan su origen en las descargas o derrames de actividades petrolíferas. Cabe destacar que ninguno de los estudios mencionados anteriormente analizó agua de consumo humano, por lo que los niveles obtenidos en nuestro estudio alertan sobre la peligrosidad para la salud de los potenciales consumidores.

Las concentraciones de BTEX en las muestras analizadas están por debajo de lo exigido por la normativa boliviana así como por otras legislaciones como la europea, U.S-EPA y las recomendaciones de la OMS. La volatilidad de estos compuestos

puede ser la razón por la que no suelen ser encontrados en concentraciones superiores a unos pocos  $\mu\text{g/L}$  en la superficie de las aguas <sup>(296)</sup>, como se mencionó en el apartado de “Introducción”.

Las concentraciones encontradas de metales varían en función del elemento analizado. Las mayores concentraciones son las de manganeso, magnesio, hierro y calcio, con valores superiores a los 10.000  $\mu\text{g/L}$ , como se exponía en la tabla 35 del apartado “Resultados”.

El aluminio, arsénico, cromo, hierro, manganeso, sodio y níquel se encuentran en concentraciones superiores a las permitidas por la legislación boliviana, así como en otras legislaciones (europea <sup>(285)</sup>, U.S-EPA <sup>(286)</sup> o recomendaciones de la OMS <sup>(297)</sup>).

La contaminación por metales puede ser debida, bien a causas naturales por las características edafológicas del terreno o bien a actividades antrópicas. En la zona de estudio se han encontrado depósitos de baja magnitud de minerales metálicos como zinc, plomo, plata, antimonio y cobre situados en la zona de la cordillera oriental de Tarija. Sin embargo, dichos depósitos no han sido explotados hasta la fecha. Varios estudios han acreditado la contaminación del río Pilcomayo por metales pesados derivados de las operaciones mineras en las minas de Potosí (suroeste de Bolivia) <sup>(298-302)</sup>. A pesar de ello, el estudio de Hudson-Edwards et al. <sup>(299)</sup> en 2001 mostró que las concentraciones de estos metales se iban reduciendo aguas abajo. Asimismo, este estudio encontró en la zona de Villamontes bajas concentraciones de Cu, Zn y Pb similares a las encontradas en la zona preminera y no se detectaron concentraciones de Ag, Cd, Sb y Tl. Estos datos concuerdan con los que se han encontrado en nuestro estudio. Las muestras del río Pilcomayo no reportan concentraciones de metales excepto para la comunidad de Quebrachal situada unos 5-10km de Villamontes, en la que se halló Cu, Cd y Zn en concentraciones por debajo de los límites exigidos por la legislación boliviana. Por ello, creemos que en el tramo analizado, a más de 300 km de la zona minera, la posible influencia que estas actividades pudieran tener es poco significativa. Es importante mencionar que a pesar de que las bajas concentraciones de metales encontrados en el río Pilcomayo pudiesen ser debidas a las actividades mineras, esto sólo explicaría parte de las concentraciones halladas en las comunidades cercanas al río Pilcomayo para esos metales. El resto de los metales encontrados como Al, As, Fe, Mn y Ni así como las concentraciones encontradas en la comunidad de Lagunita para Cr, Fe y Ni en la muestra de grifo situada en la Serranía del Aguaragüe no los explicaría la influencia minera.

Respecto a las concentraciones de metales en zonas con actividades petroleras los resultados hallados concuerdan con las encontradas en otros estudios. En

muestras de agua potencialmente consumible por las comunidades cercanas del Vatinsky Egan River a su paso por los campos petroleros de Samotlor se hallaron concentraciones de Mg: [2400-13400] µg/L, Ca: [6000-180000] µg/L y Fe: [100-6800] µg/L <sup>(290)</sup>. Otro estudio realizado en Egipto por Shimy <sup>(303)</sup> encontró en agua no consumible vanadio, níquel, magnesio, cobre y zinc en unos rangos de concentración V: [3,62-8,89] µg/L, Ni: [1,30-3,72] µg/L, Mn: [78-153] µg/L, Fe: [1,40-4,93] µg/L, Cu:[0,01-0,04] µg/L y Zn:[0,09-0,13] µg/L muy por encima a las halladas en el Chaco Boliviano. Por tanto, las actividades petroleras también pueden ser una fuente importante de emisión de metales a las aguas.

Es importante señalar que las concentraciones registradas tanto de HTP como de HAPs y metales en las fuentes de agua de consumo humano no son admisibles y que pueden derivar en efectos perjudiciales para la salud de las poblaciones que la consumen según varios organismos internacionales <sup>(71,297,304)</sup>.

### **6.1.3 MODELO B: EXPOSICIÓN EN FUNCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

En este modelo se han analizado las diferencias de salud entre dos grupos en función del consumo de agua contaminada por compuestos del petróleo. La población de estudio corresponde a aquella con residencia en la región de exposición (<30 km de los campos petrolíferos) del modelo anterior.

Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en la auto-percepción del estado de salud, principalmente en las mujeres del grupo expuesto. En relación con los síntomas, hubo diferencias reportadas en síntomas generales, musculoesqueléticos y del sistema nervioso para las dos últimas semanas y cambios de humor y síntomas dérmicos para los doce últimos meses también en el grupo de los/as expuestos/as. No se han encontrado diferencias en el apartado “salud reproductiva de la mujer”.

En relación con la auto-percepción del estado de salud, la salud emocional ha sido aquella que ha presentado diferencias significativas. Las mujeres expuestas a los contaminantes del petróleo en el agua de consumo perciben que han realizado menos o han dejado de hacer las tareas cotidianas en las últimas cuatro semanas a causa de su salud emocional. Estos resultados concuerdan con efectos psicológicos encontrados en otros estudios como los desórdenes psiconeuróticos derivados de la exposición a compuestos del petróleo <sup>(86)</sup>. Sin embargo, los efectos encontrados en varios estudios relacionados con catástrofes ambientales se deben, más allá de los

posibles efectos directos de los compuestos contaminantes, a la percepción de un riesgo por parte de la población expuesta a los compuestos del petróleo, entendido riesgo como medida de “amenaza” o “daño” <sup>(305)</sup>. La percepción no se puede considerar como una capacidad previa en la construcción mental de toda visión del mundo, sino como un producto sociocultural complejo y, por lo tanto, antes de ser un hecho aislado, en términos de sensaciones, es en su totalidad una variedad de las características de la personalidad y de la conformación histórica de ésta última en relación a un determinado contexto ambiental, económico, político, social o cultural donde se plasma toda la vida humana <sup>(306)</sup>. Muestra de ello, se vio en estudios en los que se hallaron efectos psicológicos como estrés, depresión, reducción de la expectativa de vida, peor percepción de la salud, entre otros, derivados de la percepción del riesgo de actividades potencialmente dañinas para la salud. Algunos ejemplos en los que se ha estudiado estos trastornos psicológicos serían los ocurridos tras el vertido de crudo en las costas gallegas <sup>(307)</sup>, explosión en una refinería de petróleo en Texas <sup>(308)</sup>, zona de catástrofe de huracanes <sup>(309)</sup>, víctimas del desastre de Chernobyl <sup>(310)</sup>, etc. Asimismo, estas percepciones sobre la preocupación de riesgo y temor por la contaminación por pozos petrolíferos fueron documentadas por Mamani et al. en el estudio socioambiental de la contaminación del agua por la actividad hidrocarburífera en la Serranía Aguaragüe. Los líderes comunitarios de las comunidades de Ipa y Caigua pronunciaron dicha preocupación <sup>(10)</sup>.

A la hora de analizar específicamente la zona de exposición, cabría esperar que todas las personas residentes cerca de los campos petrolíferos tuviesen percepciones similares del riesgo de la actividad petrolera, puesto que las comunidades no tienen información específica sobre el estado de sus aguas. A este respecto, estudios más recientes en los que se analizaron más factores relacionados con la percepción de los riesgos, encontraron diferencias en cuanto a la étnia, grupos minoritarios y estatus social <sup>(308,311)</sup>. Esto pudiera concordar con los resultados hallados en este estudio en los que se une una peor percepción del estado de salud y un menor estatus social – económico- entre el que se incluye la étnia de los Weenhayek.

En relación con estos resultados, se han encontrado diferencias de género. Las mujeres fueron las que reportaron peor percepción de salud. Estas diferencias concuerdan con lo encontrado en numerosos estudios de carácter sociológico en los que se ha podido constatar que el género es un factor a tener en cuenta en cualquier estudio de salud. En concreto, las investigaciones relacionadas con la percepción de riesgos entre hombres y mujeres, han indicado que los hombres tienden a minimizar los riesgos y a considerarlos menos problemáticos <sup>(307)</sup>. Varios estudios han documentado diferencias de género a la hora de apreciar el riesgo en situaciones de

catástrofes ambientales <sup>(312-314)</sup>. Otros estudios, realizados tras vertidos de petróleo marítimos, encontraron diferencias de género, siendo las mujeres las que presentaron mayor prevalencia de síntomas <sup>(97,99)</sup>. También la salud de la mujer puede incorporar prejuicios basados en el género <sup>(315)</sup>. Varios estudios han documentado que las mujeres tienen peor salud física y mental y padecen trastornos psicoafectivos con mayor frecuencia que los hombres <sup>(316)</sup>. Los factores que explican y determinan esa situación pueden estar relacionados con aspectos biológicos y sociales, o el sistema sexo-género que atribuye roles diferentes. Estos últimos son los modelos y roles sociales de género, construidos por cada sociedad, -lo social-, y las vivencias subjetivas debidas a las identidades culturales, influidas por los ideales de feminidad y masculinidad, -lo psíquico- <sup>(317)</sup>. Entre estos roles es importante mencionar el rol que se les suele otorgar a las mujeres sobre los cuidados de la salud de la familia <sup>(318,319)</sup> y su rol dominante como cuidadora tiene consecuencias en su salud <sup>(320)</sup>.

Junto con la parte de percepción de riesgos por la cercanía a la industria petrolera hay otros factores que pudieran estar afectando negativamente a la salud emocional de las mujeres del estudio, en concreto la violencia machista. Datos reportados por el Instituto Nacional de Estadística de Bolivia, en el departamento de Tarija el 58,5% de las mujeres sufren violencia emocional y el 55% violencia física por parte de sus parejas. En menor medida también sufren agresiones por parte de otras personas diferentes a sus parejas. Diversos autores han señalado el impacto de la violencia machista y cualquiera de sus expresiones en la salud mental <sup>(321)</sup> y la mayoría de las sobrevivientes a este tipo de violencia pueden desarrollar patrones sintomáticos crónicos y de larga duración, consistentes en diferentes trastornos emocionales tales como el del estrés postraumático, la depresión, los problemas psicosomáticos y los trastornos de ansiedad, entre otros <sup>(322-324)</sup>.

Por todo ello, es plausible pensar que los efectos emocionales encontrados en este estudio puedan deberse a la subjetivación de carácter multidimensional que las mujeres expuestas consideran a la hora de juzgar el riesgo derivado de las actividades petroleras cercanas a lugar de residencia, junto con otros factores como los roles de cuidadora y las agresiones machistas.

A pesar de todo lo expuesto anteriormente, la información recogida en esta tesis no puede comprobar si los problemas emocionales derivan de la percepción de riesgo por la existencia de los campos petrolíferos potencialmente contaminantes. Esto se debe, por una parte, al propio diseño transversal del estudio y, por otro lado, a la metodología cuantitativa utilizada en la que no se incluyen opiniones sobre cuestiones

colectivas complejas, como son las de carácter ambiental en la que se necesitaría complementariamente el uso de mediciones cualitativas <sup>(325)</sup>.

En los síntomas reportados por la población de estudio para este modelo, en las dos semanas anteriores a la realización de la encuesta, se encontraron diferencias significativas para síntomas generales y musculoesqueléticos en el estudio de los síntomas disgregados, y síntomas del sistema nervioso en mujeres en el análisis agregado.

Los resultados encontrados concuerdan con los hallados en otros estudios en personas expuestas al petróleo y a sus derivados. Los síntomas generales hallados fueron: dolor de cabeza, dolor de ojos y mareos. No obstante, cabe destacar que estos síntomas solo se han documentado para el caso de los estudios realizados después de un vertido marítimo – dolor de cabeza <sup>(83,86,90,92,97,106,108)</sup>, dolor de ojos <sup>(90,92,97)</sup> y mareos <sup>(92)</sup> pero no se han encontrado en exposición ocupacional o residencial. Los síntomas relativos al dolor de cabeza y mareos han sido documentados principalmente para la exposición a los BTEX y cadmio fundamentalmente por vía inhalatoria <sup>(55,60,62,63)</sup>. En este estudio no se realizaron analíticas en aire por lo que no podemos valorar su presencia en este medio y la posible inhalación por parte de las personas cercanas a las fuentes contaminadas. Los resultados encontrados respecto a estos compuestos en agua, para la exposición oral o dérmica reportan concentraciones por debajo del límite de detección en el caso de los BTEX y valores de 0,6 a 2,4 µg/L para el cadmio, por debajo de lo exigido por la normativa boliviana.

Los síntomas musculoesqueléticos hallados concuerdan con los reportados por otros estudios en trabajadores/as que se encargaron de la recogida de petróleo tras un vertido <sup>(86,92,99,105)</sup> así como en la exposición ocupacional en la industria de petróleo <sup>(110,112,114,116,119,123)</sup>. Cabe destacar, que todos los estudios en los que se encontró dicha asociación, utilizaron como población de estudio aquellas que estaban o habían realizado actividades físicas junto con la exposición –recogida del vertido, trabajo en plataforma petrolífera o planta petroquímica, etc. Por ello, los propios autores aconsejan una interpretación cautelosa de los resultados en relación con los síntomas musculoesqueléticos, ya que, estos síntomas pueden ser debidos al esfuerzo físico propio del trabajo.

En el historial médico reportado por los/as encuestados/as se han encontrado diferencias significativas en relación con haber estado enfermo/a en la cama durante las cuatro últimas semanas. Estas diferencias también se hallaron entre hombres y



mujeres. La población no expuesta a contaminación del agua fue la que presentó mayor proporción de enfermos y concretamente los hombres. Estos datos no concuerdan con los resultados expuestos anteriormente en relación con la percepción del estado de salud y sintomatología. Esto puede ser debido a que los encuestados que reportaron haber estado enfermos presentaron síntomas diferentes a los considerados en este estudio. También cabe señalar que en este estudio no se recogieron detalles sobre la enfermedad padecida en esas últimas cuatro semanas por lo que no podemos saber la etiología de la misma. Sin embargo, la amplia distribución geográfica de los casos que auto-reportaron haber estado enfermos, descartan la existencia de cluster y por ende la posibilidad de una epidemia con causa común.

En relación con el historial reproductivo, no se encontraron diferencias en ninguno de los desenlaces estudiados. Los resultados encontrados pueden ser debidos en parte a lo indicado por Feichtinger, W. <sup>(326)</sup> en 1991, en relación a que los desórdenes de fertilidad causados por sustancias tóxicas se exteriorizan principalmente cuando los niveles de las sustancias son muy elevados, como es el caso de los HAPs para los que se indica un mayor potencial teratogénico.

Sin embargo, los resultados de este estudio no son aislados y coinciden con los obtenidos en otras investigaciones en las que no se pudo demostrar asociación entre la exposición a petróleo y desórdenes reproductivos. En Suecia, no se halló aumento del riesgo de aborto espontáneo en mujeres residentes cerca de una planta petroquímica<sup>(327)</sup>. Tampoco halló relación para ese mismo efecto la investigación realizada por Oliveira et al. <sup>(170)</sup> en el sur de Brasil en mujeres residentes en el área colindante a una planta petroquímica. Bhopal et al. <sup>(168)</sup> en su estudio sobre anomalías fetales no obtuvo evidencias que soportaran un aumento de estos efectos adversos en mujeres cercanas a la industria petroquímica en Teesside, UK, como tampoco se encontraron en el estudio de Oliveria et al. <sup>(170)</sup>.

Por otro lado, existen otros estudios en los que se consideraron efectos reproductivos en los que si se encontró una relación positiva con la exposición a petróleo. En Taiwán, se halló un aumento de abortos espontáneos en mujeres expuestas a los contaminantes atmosféricos procedentes de una petroquímica <sup>(133)</sup> y San Sebastián <sup>(157)</sup> obtuvo resultados similares en mujeres residentes cerca de pozos de extracción en la amazonía ecuatoriana.

Los resultados encontrados no pueden ser comparados con ninguna investigación previa en la zona de estudio y tampoco existen estadísticas públicas que contengan información al respecto.

#### 6.1.4 COMPARACIÓN DE LOS DOS MODELOS

En este estudio como medidas de exposición se han utilizado dos aproximaciones diferentes. Por una parte, la consideración de exposición en función de la distancia a los campos petrolíferos, y por otra, la contaminación del agua de consumo a través de análisis químicos de diferentes compuestos del petróleo de muestras puntuales en zonas cercanas a los pozos y estaciones de petróleo. Se utilizaron estos dos modelos independientes de evaluación de exposición para poder comparar la idoneidad de cada modelo a la hora de establecer las consiguientes hipótesis sobre los posibles efectos que las actividades petroleras tienen en la salud de las poblaciones cercanas.

La aproximación de la exposición en función de la distancia es un método utilizado habitualmente en los análisis de evaluación ambiental y se parte de la premisa del decrecimiento de la contaminación en función de la distancia del foco emisor. La aplicación de los análisis espaciales en la evaluación del impacto de diversas formas de contaminación comienza a surgir en 1976 con Starkiem quien estudia el impacto espacial de diversas formas de contaminación y Lakshmanan y Chatterjee (1977) quienes evalúan la naturaleza del impacto y forma de medirlo <sup>(234)</sup>. La elección de la distancia para la designación de la zonificación según la exposición a los contaminantes del petróleo, fue elegida utilizando como principio de precaución la máxima distancia encontrada en la bibliografía consultada <sup>(157,170)</sup>. Somos conscientes de que esta metodología se sustenta en aproximaciones y no en datos empíricos sobre el transporte real de los contaminantes estudiados y por ello, no tenemos una evidencia experimental de que la región considerada como no expuesta carezca de contaminantes procedentes de la industria del petróleo. Sin embargo, creemos que una distancia como la considerada, y teniendo en cuenta la naturaleza de los contaminantes analizados, puede ser una aproximación real de estado de baja o nula contaminación en la región no expuesta.

Los resultados obtenidos bajo el modelo de exposición según la distancia nos llevan a afirmar que otros factores diferentes de la contaminación influyen de manera determinante en los desenlaces estudiados. La visión cuantitativa no ha permitido considerar aspectos culturales que están inmersos en la visión subjetiva de la salud y que probablemente pesen más que los hallazgos encontrados en otros estudios de evaluación de exposición a los contaminantes provenientes de la industria del petróleo. Asimismo, a partir de los resultados hallados tras el análisis se ha considerado que los estudios basados en la distancia pueden ser muy útiles para el estudio de derrames puntuales pero son menos ventajosos a la hora de analizar efectos por vertidos crónicos de poca intensidad.

Por cuestiones logísticas las encuestas sobre percepción de salud en ambos grupos del modelo A se realizaron con una diferencia de un año. Si se hubiesen producido brotes epidémicos, desastres naturales, crisis económica, o cualquier otro factor capaz de producir cambios importantes a nivel poblacional en dicha percepción, las conclusiones podrían estar sesgadas. Sin embargo, no tenemos constancia de que a lo largo de ese periodo se hubiese producido ningún de los eventos mencionados en ninguno de los dos grupos, y por lo tanto asumimos que dicha percepción no ha tenido por qué cambiar de un año a otro.

La otra medida de exposición utilizada fue la asignación de la exposición individual de los sujetos de cada comunidad, en función de mediciones de contaminantes en el agua de consumo en la región de exposición del modelo anterior. Este modelo si se basa en mediciones reales sobre el estado de la contaminación en zonas con actividad petrolera bajo datos de consumo de agua y por tanto son más aproximados a la exposición real.

Es por ello, que consideramos que los resultados obtenidos con este modelo nos dan información más fiable, sobre la hipotética relación entre la contaminación y el estado de salud, que el modelo anterior. Asimismo, en este modelo se encuentran diferencias en la salud de la población expuesta coherentes con otros estudios realizados para la exposición de petróleo, aunque con las limitaciones propias de la comparación de estudios metodológicamente diferentes. Cabe señalar, que este modelo a su vez tiene las limitaciones propias de un estudio de muestreo por fuente de consumo y no por exposición individual. Para la asignación final de las exposiciones orales y dérmicas de los individuos de la comunidad, se utilizó los datos correspondientes a la muestra de agua analizada y que a su vez correspondiera con el reporte en la encuesta relativa a las fuentes de consumo de agua.

El muestreo puntual de las fuentes de consumo de agua puede influir en la subestimación de la contaminación de un muestreo puntual que no considera las variaciones estacionales de los compuestos del petróleo en las fuentes hídricas. Por ello y para reducir en lo posible esta subestimación, el muestreo se realizó en el periodo de época seca, donde se dan los niveles máximos de contaminación.

#### **6.1.5 EVALUACIÓN DEL RIESGO CÁNCERÍGENO PARA HAPs**

La evaluación del riesgo cancerígeno por exposición crónica a HAPs, muestra unos niveles de riesgo muy por encima de los valores tolerables para la salud humana.

Los resultados hallados en esta evaluación del riesgo, se relacionan directamente con lo expuesto en el apartado “Análisis de las muestras de agua”. En este apartado, ya se señalaba que las concentraciones encontradas de HAPs no eran admisibles desde el punto de vista de las legislaciones contempladas y según la bibliografía consultada, dichas concentraciones pueden suponer un riesgo potencial para la salud de las poblaciones que la consumen.

Hasta el momento, no se ha encontrado en la bibliografía examinada ninguna evaluación de riesgos cancerígenos en poblaciones residentes cerca de campos petrolíferos, por lo que no es posible realizar comparaciones directas con estudios similares. Es por ello, que en esta discusión nos basaremos en comentar y citar investigaciones epidemiológicas o evaluaciones de riesgo relativas al cáncer en situaciones de contacto directo con petróleo o derivados. Los resultados aportados con esta evaluación, sólo reportan estimaciones de probabilidad de daños derivada de la variabilidad que existe en la respuesta de los diferentes individuos y especies a la agresión química, en lugar de la estimación cuantitativa de datos reales de cáncer <sup>(241)</sup>. Del mismo modo, ha sido imposible comparar o analizar el posible aumento de casos de cáncer en zonas cercanas a las actividades de petróleo como se ha realizado en otros estudios <sup>(204,212,214,215)</sup> dado que el estado boliviano no dispone de un registro nacional de cáncer.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, existen claras limitaciones para poder vincular efectos cancerígenos con la exposición a las actividades de petróleo diferentes a las consideradas en la herramienta de predicción cuantitativa. Esto supone que los resultados obtenidos deben considerarse como probabilidades de que las personas expuestas puedan desarrollar cáncer y no de la existencia de un aumento de la incidencia de cáncer en la zona de estudio.

Para la ingesta oral, los resultados obtenidos advierten que 6 comunidades de 21 tienen un riesgo por encima de 1/10.000 de aparición de algún tipo de cáncer. Estos resultados concuerdan con la amplia bibliografía sobre la carcinogenicidad de los HAPs en agua de bebida <sup>(328)</sup>. Asimismo, los valores encontrados en nuestro estudio están muy por encima de los encontrados en las evaluaciones de riesgo realizadas tras los derrames de petróleo en costas marítimas -derrame del tanque ‘Erika’ en el noroeste francés o el derrame del ‘Haven’ en Italia <sup>(37,38)</sup>. En principio, esto puede ser debido a que dichos estudios evalúan la ingesta oral de agua de mar como exposición accidental en bañistas y nadadores en situaciones puntuales. El volumen de agua considerada en estos estudios para la ingesta, es sensiblemente inferior a la estimada

en el nuestro estudio, para la que se utilizó un promedio de ingesta de dos litros de agua diaria.

Sin embargo, nuestros resultados no difieren de los hallados en otros estudios epidemiológicos con estimaciones de tasas de cáncer en personas expuestas a los componentes del petróleo. En las investigaciones epidemiológicas, revisadas y mencionadas en el apartado de "Introducción", advertían del incremento de cáncer por exposición a petróleo. Ciertamente es, que para las investigaciones en el ámbito ocupacional la principal vía de exposición analizada suele ser la inhalatoria. Sin embargo, es importante mencionar que varios tipos de tumores, como los de vejiga <sup>(113,187,192)</sup> y los renales <sup>(128,193)</sup>, pueden ser debidos a la exposición oral a los HAPs. Cabe señalar, que en ninguno de estos estudios se mencionan valores de exposición en los distintos ambientes físicos del medio ocupacional, por lo que tampoco podemos saber a partir de que niveles han aparecido los casos de cáncer ni que niveles de ingestión oral suelen ser los comunes para este tipo de exposiciones. La Agencia de protección medioambiental de los Estados Unidos U.S-EPA, sugiere valores inferiores de BaP oral de  $2,1 \times 10^{-4}$  µg/L, muy inferiores a los encontrados en varias de las muestras de este estudio.

Los estudios sobre exposición residencial, también se centraron en la vía inhalatoria como la vía principal de exposición, ya que la inmensa mayoría de los estudios examinan la contaminación atmosférica proveniente de las industrias de refino. Sólo cinco de ellos encontraron cáncer relacionado con la exposición dérmica, por lo que no es posible realizar comparación para el caso de ingesta oral.

En relación con la exposición dérmica, los resultados hallados indican un mayor exceso de riesgo cancerígeno para esta vía. En este caso 14 de las 21 comunidades, 8 más que en el caso de la exposición oral, tienen un riesgo de aparición de cáncer de piel por encima de los valores tolerables (1/10.000). La literatura referente a estudios en animales indica que la exposición a BaP y otros HAP actúan como promotores en el desarrollo de tumores <sup>(329)</sup>. Igualmente la Concawe (Conservation of Clean Air and Water in Europe), en un informe reciente sobre la investigación de los factores que influyen en la carcinogénesis de piel, concluyó que concentraciones significativas de HAPs, entre los que destaca el BaP pueden producir tumores de piel <sup>(136)</sup>.

En evaluaciones de riesgo realizadas tras un vertido de petróleo no se obtuvieron resultados de riesgo significativo. La evaluación realizada por Baars <sup>(38)</sup> tras el derrame del 'Erika', en turistas que se bañan durante cuatro horas al día en agua marina posiblemente contaminada por crudo no encontró riesgo significativo. Otra evaluación de riesgos realizada tras la descontaminación de las playas después del desastre del 'Erika', concluyó que en niños/as, este exceso de cáncer de piel tenía probabilidades

de 1/100.000 por exposición durante las horas de baño <sup>(39)</sup>. Como ya se mencionó anteriormente para la vía oral, los resultados de nuestro estudio y los hallados en otras evaluaciones de riesgo con exposición a petróleo no son comparables debido a la propia naturaleza de la exposición tanto en relación con el periodo de exposición como en las dosis a las que la población estuvo o está expuesta.

En base a las investigaciones epidemiológicas realizadas en el ámbito ocupacional con exposición directa al petróleo o derivados, se encontró relación con la aparición de eritemas, tumores <sup>(137)</sup>, alergias <sup>(135)</sup> y enfermedades dérmicas <sup>(121)</sup>. Estudios en residentes cercanos a zonas de explotación petrolera <sup>(146)</sup> y en trabajadores/as de la recogida de crudo después de un vertido marítimo <sup>(90,105)</sup>, hallaron un incremento de la prevalencia de enfermedades de piel.

Otros estudios epidemiológicos encontraron igualmente tanto en exposición ocupacional como en residencial un aumento de melanoma <sup>(113,121,189,191,214)</sup>. Sin embargo, este tipo de estudios no relacionan los aumentos con una única vía de exposición y tampoco distinguen en función de que componentes del petróleo.

Dentro de este análisis cualitativo, es importante señalar una serie de limitaciones. Varios de los datos considerados para la evaluación de la exposición parten del manual de factores de exposición realizado por la U.S-EPA y fueron realizados en base a población estadounidense. Esto es debido, a que no existe ninguna investigación realizada en población boliviana por lo que se ha considerado preferible el uso de datos validados. El único dato que representa a la población de estudio fue el correspondiente al peso corporal, extraído de la media ponderada de las medidas tomadas durante la realización de la encuesta.

Los resultados obtenidos de la evaluación de riesgo corresponden a las concentraciones de las muestras de agua analizadas en cada punto de muestreo, por lo que, como se ha mencionado anteriormente, a la hora de poder asignar los valores a cada sujeto residente en esas comunidades hubo que tener en cuenta la fuente de consumo de agua que cada individuo utilizaba habitualmente. Presuponer que todo individuo utiliza siempre la misma fuente de consumo de agua, conlleva un posible error en la asignación de la exposición. Esta aproximación parece plausible ya que los resultados obtenidos en la encuesta advierten que cerca del 99% de la población utiliza la misma agua para beber que para el uso en la cocina, por lo que parece que la población de estudio suele usar de manera individual una fuente concreta de abastecimiento de agua de consumo.

Por otro lado, el uso de las concentraciones halladas en las muestras puntuales para la estimación de la exposición, supone que no se tiene en cuenta la naturaleza

estacional de la concentración de los contaminantes en las fuentes hídricas. Como se mencionó anteriormente, para reducir la subestimación de la posible contaminación, se decidió muestrear en el periodo estival, en el que se dan los niveles máximos de contaminación.

Finalmente, es importante señalar que en este estudio no se ha tenido en cuenta la interacción toxicológica de los HAPs con otros contaminantes como los metales. Aunque parece lógico esperar que la presencia de ciertos contaminantes pueda afectar a la toxicidad de otros, desgraciadamente existe muy poca bibliografía sobre interacciones biológicamente plausibles para ser exploradas.

La mayor parte de las limitaciones han sido mencionadas a lo largo de la discusión, sin embargo existen otras relacionadas con la metodología empleada y otras propias del tipo de estudio epidemiológico del que se trata. A continuación citaremos las que consideramos más relevantes:

- El estudio, tal como se ha descrito en el “Material y métodos”, corresponde a un estudio epidemiológico descriptivo transversal. Las características de este tipo de estudio suponen una serie de ventajas e inconvenientes respecto a otros tipos de diseño:
  - Como en cualquier estudio epidemiológico transversal no podemos establecer relaciones causales entre los efectos hallados y la exposición a los contaminantes potenciales del petróleo, y sólo permite establecer hipótesis de trabajo.
  - Por la misma razón no podemos estimar incidencias de síntomas y/o enfermedades. No obstante, esta primera fase de investigación tenía como uno de sus objetivos construir una visión inicial del estado de salud de la población residente en la región del Chaco Boliviano. Con frecuencia, la comunidad científica <sup>(330-332)</sup> hace hincapié en la necesidad de realizar estudios epidemiológicos en el ámbito ambiental y en particular para aquellas áreas de conocimiento en los que exista poca información sobre los efectos potencialmente dañinos para la salud. A su vez, este tipo de estudios pueden ser muy útiles para las comunidades locales a la hora de tener un primer acercamiento a la situación ante la que se hallan, de manera que puedan comenzar a promover estudios de seguimiento que permitan evaluar relaciones causales entre la exposición y su repercusión sobre la salud, así como realizar

monitoreos periódicos sobre el estado del agua de consumo o intervenciones para evitar o paliar los efectos derivados de su mala calidad.

- Del mismo modo, existen limitaciones de la herramienta utilizada para la evaluación de la percepción de la salud. Las encuestas de salud son el procedimiento de elección para obtener información en la población de una determinada zona sobre fenómenos subjetivos relacionados con la salud tales como la existencia de síntomas actuales o pasados, limitaciones o incapacidades generadas por problemas de salud, hábitos personales, exposiciones a situaciones de riesgo, etc. Habitualmente también se obtiene información sobre condiciones de vida, de la vivienda, del trabajo remunerado y no remunerado. Por lo tanto, mediante una encuesta de salud dirigida a la población se pretende obtener datos de un número suficiente de personas de un modo sistemático y estructurado para el conocimiento y la monitorización del estado de salud y de sus determinantes<sup>(333)</sup>.
  - La encuesta utilizada no fue validada, sin embargo se realizó una prueba del cuestionario durante el estudio piloto donde se evaluó la comprensión de la misma. La prueba del cuestionario se realizó con la finalidad de conocer la factibilidad de la encuesta: la comprensión de las preguntas del cuestionario, la duración del cuestionario, etc. Esta prueba piloto se llevó a cabo con personal de la zona quien notificó abiertamente las posibles modificaciones sobre ella. Una vez finalizada la prueba piloto se efectuaron los cambios oportunos en el cuestionario.
  - A pesar de que la auto-percepción de los individuos puede estar sujeta a sesgos y a errores de medida, se aprecia que es una variable adecuada para predecir el estado de salud<sup>(334,335)</sup>. Para evitar posibles sesgos de información, el rellenado de las encuestas se realizó en todos los casos por personal sanitario de la zona, capacitado y en quienes confiaban las personas del estudio. Seleccionando personal de la zona, se trataron de reducir las barreras interculturales y de comunicación con los grupos indígenas con dialectos propios, como el caso de los Weenhayek. Los/as encuestadores/as recibieron capacitación durante una jornada en la que se les explicó los objetivos, dudas, etc<sup>(336)</sup>. Asimismo, se les dio un protocolo de actuación para que lo tuviesen en cuenta durante la realización de las mismas.
- Por la manera en la que se han seleccionado los grupos en el Modelo A, consideramos que podría existir sesgo de memoria si por alguna razón los que viven cerca de los pozos están más preocupados por su estado de salud, y por



tanto recuerden mejor los síntomas pasados. En el caso del Modelo B, los sujetos no sabían a que grupo de consumo habían sido asignados para este estudio y todos vivían a <30 km de pozos, haciendo esperable una percepción similar del riesgo.

- A pesar de que el tamaño muestral es importante, no es suficiente para ciertos análisis estratificados, en los que la pérdida de poder <sup>(336)</sup> hace difícil obtener estimaciones precisas. En estos casos se ha preferido no dar los estimadores de las medidas de riesgo. Ejemplos al respecto podemos encontrarlos en las tablas 40 y 41 de sintomatología Modelo B del apartado “Resultados”.

### 6.1.6 PROPUESTAS FUTURAS - FURTHER RESEARCH-

1. Uno de los principales handicap con los que nos hemos encontrado a la hora de realizar la investigación fue la escasa e inexacta información geográfica de la zona de estudio. Fueron pocos los mapas donde quedaba reflejada la georeferenciación de comunidades, centros o postas de salud, servicios básicos, recursos, etc. Los únicos mapas existentes en relación con las actividades petroleras representaban los campos petrolíferos y en ningún caso información exacta de la ubicación real de los pozos petrolíferos.

Por ello, se propone un estudio para la georeferenciación de base sobre ubicación, estado e importancia relativa de los recursos naturales del Chaco Boliviano. Así como, una base documental de información georeferenciada de las áreas impactadas a lo largo de toda la historia de actividad petrolera en sus territorios.

Este tipo de información puede ser útil posteriormente para otros estudios que tengan objetivos similares al nuestro o inclusive para la vigilancia de las actividades de la industria petrolera en la zona.

2. Dada la inexistencia de estudios sociológicos y antropológicos en la zona de estudio, sería bueno fomentar la realización de los mismos con el objetivo de tener mejor conocimiento sociodemográfico y socioeconómico de las comunidades y que permitan así, incluir factores que este estudio no pudieron ser tenidos en cuenta. También creemos necesarios estudios dentro del subcampo de la antropología médica que elaboren teorías sobre los procesos sociales y las representaciones culturales de la salud y la enfermedad en las comunidades indígenas.

Asimismo, sería muy positiva la inclusión dentro de los estudios epidemiológicos, sobre exposición a contaminantes, de herramientas cualitativas que permitan una mejor comprensión de la percepción de la salud. Dichas herramientas contribuirían a obtener mayor información sobre la subjetivación de carácter multidimensional de las distintas variables que intervienen a la hora de percibir el estado de salud de cada uno de los individuos de estudio.

3. Se propone que futuros estudios traten de modelizar el transporte de los contaminantes presentes en el petróleo en los diferentes medios (agua, aire y suelo) existentes en la zona. Un modelo del transporte de contaminantes es una herramienta que reproduce el funcionamiento de un sistema natural cuyo objetivo es el estudio y el análisis del mismo bajo diferentes condiciones.

Estos modelos permiten obtener una visión de conjunto de los procesos naturales sobre los que actuar, y analizar la incidencia de cada uno de los factores o variables presentes, pudiendo predecir su comportamiento ante posibles cambios o actuaciones que sobre él se realicen o produzcan.

Un buen modelo de transporte de contaminantes puede servir posteriormente para hacer una adecuada caracterización de la exposición de las comunidades cercanas a las fuentes de emisión así como prever los posibles impactos que sobre dichas poblaciones puedan darse.

4. En los estudios sobre exposición a derivados del petróleo, creemos necesario complementar la información procedente de los análisis de aguas, con datos sobre la calidad del aire dado que una de las principales vías de exposición es la inhalatoria. Esta caracterización de la calidad del aire puede realizarse a través de muestreadores pasivos, reactivos o monitores automáticos. En la siguiente tabla se muestran las ventajas y desventajas de cada uno de ellos a tener en cuenta para una adecuada selección:

<b>Metodología de muestreo</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Muestreadores pasivos	Bajo costo. Simples. Útiles para cribado y estudios de base.	No han sido probados para varios contaminantes. En general sólo proveen de promedios semanales y mensuales. Requieren análisis de laboratorio.
Muestreadores reactivos	Bajo costo. Fáciles de operar. Confiables en operación y funcionamiento. Útiles para historia de base de datos.	Proporcionan concentraciones pico o alerta. Trabajo intensivo. Requieren análisis de laboratorio.
Monitores automáticos	Alto funcionamiento comprobado. Datos horarios. Información on-line. Bajos costos directos.	Complejo. Caros. Requieren técnicos cualificados. Altos costos periódicos de operación.

Fuente: Instituto de investigación de Ingeniería Industrial<sup>(337)</sup>

5. Se recomienda la realización de estudios longitudinales que sirvan para establecer relaciones causales entre la exposición a los distintos compuestos del crudo y los efectos sobre la salud.

Dada la escasa información existente en lo relativo a la exposición a petróleo en la zona de estudio a lo largo del tiempo, son necesarios estudios de cohortes prospectivos que sean capaces de evaluar el efecto de la exposición a múltiples contaminantes, teniendo en cuenta las variaciones temporales de la exposición al petróleo y su efecto sobre la incidencia de efectos sobre la salud de las poblaciones expuestas.

6. Proponemos incluir en lo posible el uso de biomarcadores de dosis interna, de dosis biológicamente efectiva y de efecto biológico precoz para conocer la presencia real de los componentes del petróleo, así como, los posibles daños en el organismo en las poblaciones cercanas a las actividades de extracción.

Algunos de los posibles biomarcadores a utilizar serían:

Biomarcador de efecto biológico precoz	Medio biológico	Tiempo de vida media	Técnica de análisis	Observaciones	Referencias
Mutagenicidad en Orina	Orina		Test de Ames		
Micronúcleos (MN)	- Células uroteliales, - Células de mucosa bucal o nasal exfoliadas, - Linfocitos...	Medida de exposiciones prolongadas	Cultivo celular y tinción de la preparación	Más sencillo que el ensayo de AC. No está claro el significado en la salud de elevados niveles de MN.	Karahall, 1998 Kyrtopoulos, 2000
Intercambio de cromátidas hermanas (Sister chromatid exchange) (SCE)	Células sanguíneas		Fluorescencia y plus técnica Giemsa	Relacionado con la exposición intensa a tabaco. No está claro el significado en la salud de elevados niveles de SCE. Asociación inconsistente con niveles bajos-moderados de exposición a HAPs	
Alteraciones cromosómicas (AC)	Células sanguíneas		CGH (Comparative Genomic Hybridization), "Chromosome painting" y otras	Posibilidad de predecir el riesgo de cáncer. Asociación inconsistente con niveles bajos-moderados de exposición a HAPs	
Mutaciones en el gen HPRT (Hypoxanthine-guanine phosphoribosyltransferase)	Linfocitos		Varias	Asociación inconsistente con niveles bajos-moderados de exposición a HAPs	

Fuente: Porta et al. <sup>(330)</sup>

Biomarcador de dosis interna	Medio biológico	Exposición	Tiempo de vida media	Técnica de análisis	Observaciones	Referencias
<b>Benzo(a)pireno</b>	Orina	Benzo(a)pireno		Espectrofluorescencia		
<b>1-hidroxi pireno (1-OHP)</b>	Orina	Pireno	18-20 horas (rango 6-35 h) por inhalación 4-12 horas por ingestión 12 h por absorción dérmica	HPLC/FD (Detección por fluorescencia)	Representa el 90% de los metabolitos del pireno. Generalmente se encuentra ligado a la glucoronida. La concentración urinaria de 1-OHP es 2500 veces superior a la del 1-OHBaP (metabolito principal del Benzo(a)pireno)	Buckley 1992, Viau 1995, Brzeznicki 1997
<b>Hidroxi fenantrenos y dihidrodioles de fenantreno</b>	Orina	Exposición a fenantreno	Varias horas	HPLC/FD (Fluorescence Detection)		
<b>Metabolitos del Benzo(a)pireno, como el 1-OHBaP</b>	Orina	Benzo(a)pireno	2 h por absorción dérmica	HPLC/FD o GC-MS	Se alcanzan los niveles máximos después de 3 horas de la inhalación (ratas)	ATSDR 1995
<b>1-Naftol y 2-Naftol</b>	Orina	Naftaleno	Desde 1-4 días hasta 13 días por ingestión 4 h por inhalación	HPLC	Generalmente se encuentran conjugados con glucoronida o sulfato. Posibles biomarcadores de exposición por inhalación a naftaleno. Los niveles de 2-naftol pueden verse afectados por polimorfismos como CYP2E1, CYP1A1 y GSTM1	ATSDR 1995
<b>Fenol</b>	Orina	Benceno	5,7 h	HPLC		Schulte & Perera 1993
<b>Compuestos volátiles</b>	Aire exhalado	Compuestos volátiles	Muy reciente	Método Single Breath Canister (SBC)		

Fuente: Porta et al. <sup>(330)</sup>

Biomarcador de dosis biológicamente efectiva	Medio biológico	Exposición	Tiempo de vida media	Técnica de análisis	Observaciones	Referencias
<b>Aductos voluminosos de ADN (bulky DNA adducts)</b>	- Linfocitos - Lavado bronquio-alveolar - Células de mucosa bucal	Compuestos aromáticos (ej. HAPs)	Linfocitos: 3-5 meses	Radioetiquetaje con fósforo-32 (32P-Postlabeling) o Inmunoensayo	Hay que tener buena información sobre otros factores como dieta, tabaco, ocupación, etc.	Peluso 1998

Fuente: Porta et al. <sup>(330)</sup>

7. A raíz de los resultados en este estudio y a la vista de que la nutrición es un factor clave a la hora de evaluar la salud de las personas, sería muy positivo introducir estudios nutricionales paralelos a la investigación sobre la contaminación por los compuestos del petróleo que proporcionen información sobre los hábitos alimenticios, aportes, deficiencias, etc., así como de las posibles interacciones entre los mismos.
  
8. En la región estudiada puede existir una interacción entre diferentes contaminantes, como son los derivados de las actividades petrolíferas y los pesticidas utilizados por las poblaciones dedicadas a la agricultura. Dada la escasa bibliografía encontrada y la problemática existente entre las posibles interacciones entre diferentes contaminantes, se propone la realización de un estudio en el que se evalúen simultáneamente diferentes contaminantes para analizar los efectos conjuntos que puedan ejercer sobre la salud de las poblaciones expuestas.

# Conclusiones





## 7. CONCLUSIONES

### Modelo A:

1. La población que vive a más de 30 km de los campos petrolíferos manifiesta peor percepción de su estado de salud y presenta un mayor riesgo de padecer más número de síntomas para los dos periodos estudiados (las dos últimas semanas y los doce últimos meses) frente a la población que vive cerca de los campos petrolíferos.
2. Las mujeres residentes en la región no expuesta presentaron un incremento del riesgo de tener bebés con defectos o malformaciones al nacer en los tres primeros embarazos. No se encontraron diferencias respecto a los restantes problemas reproductivos estudiados.
3. Las diferencias socioeconómicas encontradas en este modelo sugieren que la influencia de los factores socioeconómicos en la percepción de la salud puede ser mayor que los efectos derivados de la contaminación.
4. Aunque es plausible que a más de 30 km la exposición a los contaminantes estudiados sea nula, esta distancia puede ser suficiente para que otros factores determinantes de salud resten importancia al peso de la contaminación.

### Análisis de agua:

5. Los análisis de agua realizados en las fuentes de consumo de las comunidades cercanas a campos petrolíferos (<30 km), muestran altas concentraciones de HTP, HAPs y metales, en valores muy por encima de lo permitido por la legislación boliviana. Las concentraciones halladas ponen de manifiesto el elevado riesgo potencial que su consumo tiene sobre la salud.

### Modelo B:

6. La auto-percepción de salud es peor en personas que consumen agua con presencia de contaminantes de petróleo por encima de los valores límite permitidos por la legislación boliviana y dentro de los/as expuestos/as a dichos contaminantes son las mujeres las que presentan peor percepción de salud.

7. La población expuesta a la contaminación del agua por compuestos del petróleo manifiesta un incremento de síntomas generales, musculoesqueléticos y del sistema nervioso para las dos últimas semanas y cambios de humor y síntomas dérmicos para los 12 últimos meses.

**Evaluación del riesgo cancerígeno:**

8. La evaluación del riesgo cancerígeno por exposición crónica a HAPs, muestra unos niveles de riesgo muy por encima de los valores tolerables para la salud humana.
9. Las poblaciones que viven a menos de 30 km de los pozos de petróleo y que tienen un contacto dérmico continuado con este tipo de compuestos tienen alta probabilidad de padecer cáncer de piel y en menor medida la ingesta oral del agua contaminada puede desembocar en la aparición de otro tipo de cánceres.

## Bibliografía



## 8. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Instituto Nacional de Estadística de Bolivia. Inversión Extranjera Directa (1996-2003). [Consultado 2004 Sep 27]. Disponible en: <http://www.ine.gov.bo/PDF/IED/IED.PDF>
- (2) Philip G. Petróleo y política en América Latina movimientos nacionalistas y compañías estatales. México: Fondo de Cultura Económica; 1989.
- (3) Ortiz P, Varea A. La explotación petrolera en el Ecuador: historia e impactos socioambientales. Marea negra en la Amazonía: conflictos socioambientales vinculados a la actividad petrolera en el Ecuador. Quito: Abya-Yala; 1995. p. 71-88.
- (4) Rights Violations in the Ecuadorian Amazon: The Human Consequences of Oil Development. Health Hum Rights 1994;1(1):82-100.
- (5) Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano. Estocolmo; 1972 Jun 16.
- (6) Repsol y el Pacto Mundial. Repsol. [Consultado 2007 Abr 17]. Disponible en: [http://www.repsol.com/es\\_es/todo\\_sobre\\_repsol\\_ypf/responsabilidad\\_corporativa/nue\\_stros\\_principios/derechos\\_humanos/pacto\\_mundial/](http://www.repsol.com/es_es/todo_sobre_repsol_ypf/responsabilidad_corporativa/nue_stros_principios/derechos_humanos/pacto_mundial/)
- (7) Pacto Mundial, Naciones Unidas, (2000).
- (8) O'Rourke D, Connolly S. Just Oil? The Distribution of Environmental and Social Impacts of Oil Production and Consumption. Annu Rev Environ Resour 2003;28(1):587-617.
- (9) Mamani Q, Suárez N, García C. Estudio socioambiental de la contaminación del agua por actividad hidrocarburífera en la Serranía Aguaragüe. Zona de influencia Villa Montes. Tarija. Tarija: Fundación PIEB / Programa de Investigación Estratégica en Bolivia; 2002.
- (10) Mamani Q, Suárez N, García C. Contaminación del agua e impactos por la actividad hidrocarburífera en Aguaragüe. Tarija: Fundación PIEB, Dirección de Investigación Científica y Tecnológica U.A.J.M.S., Centro Eclesial de Documentación, Centro de Estudios Regionales para el Desarrollo de Tarija (La Paz); 2003.
- (11) Mediano C. El impacto de la extracción petrolera en la salud: Una experiencia en Bolivia. Madrid: medicusmundi; 2004.
- (12) Hawley G. The Condensed Chemical Dictionary. 10th ed. New York: 1981.
- (13) Ramos MA. Refino de petróleo, gas natural y petroquímica. Madrid: Fundación Fomento Innovación Industrial; 1997.
- (14) Roussel J-C, Boulet R. Composición de los petróleos crudos y de los productos petrolíferos. In: Díaz de Santos, editor. El refino del petróleo. 2004. p. 1-15.

- (15) Parra E. Naturaleza y utilizad del petróleo y del gas natural. *Petróleo y Gas Natural: Industria, mercados y precios*. 1 ed. Madrid: AKAL; 2003. p. 31-47.
- (16) Peterson DR. Calculating the aquatic toxicity of hydrocarbon mixtures. *Chemosphere* 1994;29(12):2493-506.
- (17) Shiu WY. The water solubility of crude oils and petroleum products. *Oil & Chemical Pollution* 1990;7:57-84.
- (18) Wauquier J-P. El refino del petróleo petróleo crudo, productos petrolíferos, esquemas de fabricación. 2004.
- (19) Bossert I, Bartha R. Structure-biodegradability relationships of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil. *Bull Environ Contam Toxicol* 1986;37(4):490-5.
- (20) ATSDR. Toxicological profile for Total Petroleum Hydrocarbons (TPH). Atlanta, Georgia. US: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 1999.
- (21) king D, Bradfield M, Falkenback P, Parkerton T, Peterson D, Remy E, et al. Environmental classification of petroleum substances - summary data and rationale. *Ingenieria Quimica* 2002;34(390):113-26.
- (22) Lehto K-M, Puhakka JA, Lemmetyinen H. Photodegradation products of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in water and their amenability to biodegradation. *Polycyclic Aromatic Compounds* 2003;23(4):401-16.
- (23) Edoigiawerie C, Spickett J. The environmental impact of petroleum on the environment. *Afr J Health Sci* 1995;2(2):269-76.
- (24) Pelley J. Will drilling for oil disrupt the Arctic National Wildlife Refuge? *Environ Sci Technol* 2001;35(11):240-47.
- (25) Gavaldá M. *Las Manchas del Petroleo Boliviano*. Cochabamba, Bolivia: CEDIB; 1999.
- (26) Neff JM. *Bioaccumulation in Marine Organisms. Effects of Contaminants from Oil Well Produced Water*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers; 2002.
- (27) Doyle J. *Crude Awakenings: The Oil Mess in America: Wasting Energy Jobs and the Environment*. Washington, DC: Friends Earth; 1994.
- (28) Caswell M. Balancing energy and the environment. In *The Environment of Oil*, ed. RJ. Gilbert, pp. 179-214. Boston:Kluwer Acad. 1993.
- (29) San Sebastián M. *Informe Yana Curi: Impacto de la actividad petrolera en la salud de poblaciones rurales de la Amazonía ecuatoriana*. Barcelona: Icaria Editorial; 2000.
- (30) Roldán R. Aproximación histórica a la explotación de petróleo en territorios indígenas. "Tierra Profanada: Grandes Proyectos en Territorios Indígenas de Colombia". Santa Fe de Bogotá: 1995.
- (31) Gavaldá M. Los conflictos ambientales del gas boliviano. *Revista de Ciencias Sociales* 2005;21:57-66.

- (32) Quiroga RH. Estudio etnobotánico en el pueblo weenhayek de la provincia del Gran Chaco de Tarija, Bolivia. Cochabamba, Bolivia: 2007.
- (33) Kretzmann S, Wright S. Drilling to the Ends of the Earth: The Ecological, Social and Climate Imperative for Ending Oil Exploration. Berkeley, CA: Rainfor. Action. Netw. Proj. Undergr.:1998.
- (34) IARC. Crude oil. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. 1989. p. 119-58.
- (35) Stefanova M, Marinov S, Mastral A, Callen M, Garci T. Emission of oxygen, sulphur and nitrogen containing heterocyclic polyaromatic compounds from lignite combustion. . Fuel Processing Technology 2002;77-78:89-94.
- (36) IARC. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to man: Polinuclear Aromatic Hydrocarbons. Lyon: International Agency for Research on Cáncer; 1983.
- (37) Attias L, Bucchi AR, Maranghi F, Holt S, Marcello I, Zapponi GA. Crude oil spill in sea water: an assessment of the risk for bathers correlated to benzo(a)pyrene exposure. Cent Eur J Public Health 1995 Aug;3(3):142-5.
- (38) Baars BJ. The wreckage of the oil tanker 'Erika'-human health risk assessment of beach cleaning, sunbathing and swimming. Toxicol Lett 2002 Mar 10;128(1-3):55-68.
- (39) Dor F, Bonnard R, Gourier-Frery C, Cicoella A, Dujardin R, Zmirou D. Health risk assessment after decontamination of the beaches polluted by the wrecked ERIKA tanker. Risk Anal 2003 Dec;23(6):1199-208.
- (40) Knuckles M, Inyang F, Ramesh A. Acute and subchronic oral toxicity of fluoranthene in F-344 rats. Ecotoxicol Environ Saf 2004;59:102-8.
- (41) Romero DL, Mounho BJ, Lauer FT, Born JL, Burchiel SW. Depletion of glutathione by benzo(a)pyrene metabolites, ionomycin, thapsigargin, and phorbol myristate in human peripheral blood mononuclear cells. Toxicol Appl Pharmacol 1997;144:62-9.
- (42) Miller KP, Ramos KS. Impact of cellular metabolism on the biological effects of benzo(a)pyrene and related hydrocarbons. Drug MetabRev 2001;33:1-35.
- (43) Parrish AR, Alejandro NF, Bral CM, Kerzee JK, Bowes RC, Ramos KS. Characterization of glomerular cell phenotypes following repeated cycles of benzo(a)pyrene injury in vitro. Biochem Pharmacol 2002;64:31-9.
- (44) Saunders CR, Ramesh A, Shockley DC. Modulation of neurotoxic behavior in F-344 rats by temporal disposition of benzo(a)pyrene. Toxicol Lett 2002;129:33-45.
- (45) Wormley D, Ramesh A, Hood DB. Environmental contaminantmixture effects on CNS development, plasticity, and behavior. Toxicol Appl Pharmacol 2004;197:49-65.
- (46) Mounho BJ, Davila DR, Burchiel SW. Characterization of intracellular calcium responses produced by polycyclic aromatic hydrocarbons in surface marker-

- defined human peripheral blood mononuclear cells. *Toxicol Appl Pharmacol* 1997;145:323-30.
- (47) Inyang F, Ramesh A, Kopsombut P, Niaz MS, Hood DB, Nyanda AM, et al. Disruption of testicular steroidogenesis and epididymal function by inhaled benzo(a)pyrene. *Reprod Toxicol* 2009;17:527-37.
- (48) Sram RJ, Binkova B, Rössner PR, Rubeš J, Topinka J, Dejmek J. Adverse reproductive outcomes from exposure to environmental mutagens. *Mutat Res* 1999;428:203-215:203-15.
- (49) Archibong AE, Inyang F, Ramesh A, Greenwood M, Nayyar T, Kopsombut P, et al. Alteration of pregnancy related hormones and fetal survival in F-344 rats exposed by inhalation to benzo(a)pyrene. *Reprod Toxicol* 2002;16:801-8.
- (50) Perera FP, Whyatt RM, Jedrychowski W, Rauh V, Manchester D, Santella R, et al. A study of the effects of environmental polycyclic aromatic hydrocarbons on birth outcomes in Poland. *Am J Epidemiol* 1998;147:309-14.
- (51) Wu J, Ramesh A, Nayyar T, Hood DB. Assessment of metabolites and Ahr and CYP1A1 mRNA expression subsequent to prenatal exposure to inhaled benzo(a)pyrene. *Int J Devl Neurosci* 2003;21:333-46.
- (52) Ramesh A, Walker SA, Hood DB, Guillen MD, Schneider K, Weyand EH. Bioavailability and risk assessment of orally ingested polycyclic aromatic hydrocarbons. *Int J Toxicol* 2004;23(5):301-33.
- (53) Yunker MB, Macdonald RW, Vingarzan R, Mitchell HR, Goyette D, Sylvestre S. PAHs In the Fraser River basin: A critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. *Organic Geochem* 2002;33:489-515.
- (54) Eleventh report on carcinogens. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Toxicology Program. 2009. [Consultado 2009 Apr 6]. Disponible en: <http://ntp.niehs.nih.gov/index.cfm?objectid=32BA9724-F1F6-975E-7FCE50709CB4C932>
- (55) IRIS. 2008. Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes. Integrated Risk Information System, U.S. Environmental Protection Agency. 2008. [Consultado 2008 May 2008]. Disponible en: <http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/index.cfm?fuseaction=iris.showSubstanceList>
- (56) IARC. Benzene Group 1: A. Evidence for carcinogenicity to humans (sufficient). In: IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 1987.
- (57) IARC. Some industrial chemicals. Ethylbenzene. Volume 77. In: IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2000.
- (58) IARC. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Toluene. Part Two. Re-evaluation of some organic chemicals, hydrazine, and hydrogen peroxide. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 1989.



- (59) IARC. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Xylenes. Part Three. Re-evaluation of some organic chemicals, hydrazine, and hydrogen peroxide. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. 1989. p. 1189-208.
- (60) ATSDR. Toxicological profile for Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes (BTEX). Atlanta, Georgia. US: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2004.
- (61) Bukowski JA. Review of the Epidemiological Evidence Relating Toluene to Reproductive Outcomes. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 2001;33:147-56.
- (62) NIOSH. Pocket Guide to Chemical Hazards. 3rd ed. Department of Health and Human Services. Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health; 2007.
- (63) IARC. Overall Evaluations of Carcinogenicity: an Updating of IARC Monographs. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 1987.
- (64) Domingo J. Metal-induced developmental toxicity in mammals: A review. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 1994;42:123-41.
- (65) ATSDR. Toxicological profile for Lead. Atlanta, Georgia. US: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2005. [Consultado 2008 May 13]. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf>
- (66) ATSDR. Toxicological Profile for Cadmium. 2008. Atlanta, GA, US, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. [Consultado 2008 May 13]. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.pdf>
- (67) ATSDR. Toxicological profile for Arsenic. 2005. Atlanta, GA, US, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. [Consultado 2008 May 13]. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2-p.pdf>
- (68) Rossman T, Uddin A, Burns F. Evidence that arsenite acts as a cocarcinogen in skin cancer. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2004;198:394-404.
- (69) Huff J, Chan P, Nyska A. Is the human carcinogen arsenic carcinogenic to laboratory animals? *Toxicological Sciences* 2000;55:17-23.
- (70) Moreno M. Toxicología ambiental. Evaluación de riesgo para la salud humana. Madrid: Mc Graw-Hill Profesional; 2003.
- (71) US-EPA (IRIS). US Environmental Protection Agency [Consultado 2009 Ene 15]. Disponible en: <http://www.epa.gov/iris/>
- (72) Llobet J, Granero S, Schuhmacher M, Corbella J, Domingo J. Biological monitoring of environmental pollution and human exposure to metals in Tarragona, Spain. IV. Estimation of the dietary intake. *Trace Elements and Electrocytes* 1998;15:136-41.

- (73) ATSDR. Toxicological Profile for Chromium. 2008. Atlanta, GA, US, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. [Consultado 2008 May 13]. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7.pdf>
- (74) ATSDR. Toxicological Profile for Manganese. 2008. Atlanta, GA, US, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. [Consultado 2008 May 13]. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp151.pdf>
- (75) Touyz RM. Magnesium in clinical medicine. *Front Biosci* 2004 May 1;9:1278-93.
- (76) Zatta P, Lucchini R, Van Rensburg S, Taylor A. The role of metals in neurodegenerative processes: Aluminum, manganese, and zinc. *Brain Research Bulletin* 2003;62:15-28.
- (77) Toscano CD, Guilarte TR. Lead neurotoxicity: from exposure to molecular effects. *Brain Res Brain Res Rev* 2005 Nov;49(3):529-54.
- (78) Gordon JN, Taylor A, Bennett PN. Lead poisoning: case studies. *Br J Clin Pharmacol* 2002 May;53(5):451-8.
- (79) ATSDR. Toxicological profile for Vanadium and Compounds. Atlanta, Georgia. US: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 1992.
- (80) WHO working group. Vanadium. *Environmental Health Criteria*; 1988.
- (81) Domingo J. Vanadium: A review of the reproductive and developmental toxicity. *Reproductive Toxicology* 1996;10:175-82.
- (82) Roshchin A, Ordzhonikidze E, Shalганova I. Vanadium--toxicity, metabolism, carrier state. *Journal of Hygiene Epidemiology Microbiology and Immunology* 1980;24:337-83.
- (83) Lyons RA, Temple JM, Evans D, Fone DL, Palmer SR. Acute health effects of the Sea Empress oil spill. *J Epidemiol Community Health* 1999 May;53(5):306-10.
- (84) Palinkas LA, Russell J, Downs MA, Petterson JS. Ethnic differences in stress, coping, and depressive symptoms after the Exxon Valdez oil spill. *J Nerv Ment Dis* 1992;180(5):287-95.
- (85) Palinkas LA, Petterson JS, Russell J, Downs MA. Community patterns of psychiatric disorders after the Exxon Valdez oil spill. *Am J Psychiatry* 1993 Oct;150(10):1517-23.
- (86) Gestal JJ, Smith E, Figueiras A, Montes A. *Avaliación da exposición e danos a saúde en voluntarios e trabaxadores*. 1 ed. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela; 2004.
- (87) Parkes KR. Psychosocial aspects of stress, health and safety on North Sea installations. *Scand J Work Environ Health* 1998 Oct;24(5):321-33.

- (88) Chen W, Wong T, Yu IT-S. Association of occupational stress and social support with health-related behaviours among Chinese offshore oil workers. *J Occup Health* 2008;50:262-9.
- (89) Ayoub Meo S, Majeed Al-Drees A, Imran MU, Meo B, Muslim M, Al-Saadi C, et al. Lung function in subjects exposed to crude oil spill into sea water. *Mar Pollut Bull* 2008;56:88-49.
- (90) Campbell D, Cox D, Crum J, Foster K, Christie P, Brewster D. Initial Effects of the Grounding of the Tanker Braer on Health in Shetland. *BMJ* 1993 Nov 13;307(6914):1251-5.
- (91) Campbell D, Cox D, Crum J, Foster K, Riley A. Later effects of grounding of tanker Braer on health in Shetland. *BMJ* 1994 Sep 24;309(6957):773-4.
- (92) Carrasco JM, Lope V, Perez-Gomez B, Aragonés N, Suarez B, Lopez-Abente G, et al. Association between health information, use of protective devices and occurrence of acute health problems in the Prestige oil spill clean-up in Asturias and Cantabria (Spain): a cross-sectional study. *BMC Public Health* 2006;6:1.
- (93) Carrasco JM, Pérez-Gómez B, García-Mendizábal M, Lope V, Aragonés N, Forjaz M, et al. Health-related quality of life and mental health in the medium-term aftermath of the Prestige oil spill in Galiza (Spain): a cross-sectional study. *BMC Public Health* 2007;7:245.
- (94) Cole J, Beare DM, Waugh AP, Capulas E, Aldridge KE, Arlett CF, et al. Biomonitoring of possible human exposure to environmental genotoxic chemicals: lessons from a study following the wreck of the oil tanker Braer. *Environ Mol Mutagen* 1997;30(2):97-111.
- (95) Crum JE. Peak expiratory flow rate in schoolchildren living close to Braer oil spill. *BMJ* 1993 Jul 3;307(6895):23-4.
- (96) Gallacher J, Bronstering K, Palmer S, Fone D, Lyons R. Symptomatology attributable to psychological exposure to a chemical incident: a natural experiment. *J Epidemiol Community Health* 2007 Jun;61(6):506-12.
- (97) Janjua NZ, Kasi PM, Nawaz H, Farooqui SZ, Khuwaja UB, Najam uH, et al. Acute health effects of the Tasman Spirit oil spill on residents of Karachi, Pakistan. *BMC Public Health* 2006;6:84.
- (98) Khurshid R, Sheikh MA, Sheikh MA. Health of people working/living in the vicinity of an oil-polluted beach near Karachi, Pakistan. *Eastern Mediterranean Health Journal* 2008;14(1):179-82.
- (99) Morita A, Kusaka Y, Deguchi Y, Moriuchi A, Nakanaga Y, Iki M, et al. Acute health problems among the people engaged in the cleanup of the Nakhodka oil spill. *Environ Res* 1999 Oct;81(3):185-94.
- (100) Palinkas LA, Petterson JS, Russell JC, Downs MA. Ethnic differences in symptoms of post-traumatic stress after the Exxon Valdez oil spill. *Prehospital Disaster Med* 2004 Jan;19(1):102-12.

- (101) Pérez-Cadahía B, Laffon B, Pásaro E, Méndez J. Genetic damage induced by accidental environmental pollutants. *Scientific World Journal* 2006;25(6):1221-37.
- (102) Pérez-Cadahía B, Lafuente A, Cabaleiro T, Pásaro E, Méndez J, Laffon B. Initial study on the effects of Prestige oil on human health. *Environ Int* 2007;33(2):176-85.
- (103) Pérez-Cadahía B, Laffon B, Porta M, Lafuente A, Cabaleiro T, López T, et al. Relationship between blood concentrations of heavy metals and cytogenetic and endocrine parameters among subjects involved in cleaning coastal areas affected by the 'Prestige' tanker oil spill. *Chemosphere* 2008;71:447-55.
- (104) Pérez-Cadahía B, Laffon B, Valdiglesias V, Pásaro E, Méndez J. Cytogenetic effects induced by Prestige oil on human populations: The role of polymorphisms in genes involved in metabolism and DNA repair. *Mutation Research* 2008;653:117-23.
- (105) Schvoerer C, Derrien J, Prat M, Guillaumont P, Marzin M. Etude épidémiologique des troubles de santé survenus à court terme chez les personnes ayant participé au nettoyage des sites pollués par le fioul de l'Erika. Francia: Institut de Veille Sanitaire. (I.N.V.S.); 2000.
- (106) Suarez B, Lope V, Perez-Gomez B, Aragonés N, Rodríguez-Artalejo F, Marques F, et al. Acute health problems among subjects involved in the cleanup operation following the Prestige oil spill in Asturias and Cantabria (Spain). *Environ Res* 2005 Nov;99(3):413-24.
- (107) Zock JP, Rodríguez-Trigo G, Pozo-Rodríguez F, Barbera JA, Bouso L, Torralba Y, et al. Prolonged Respiratory Symptoms in Clean-Up Workers of the Prestige Oil Spill. *Am J Respir Crit Care Med* 2007 Jun 7;176:610-6.
- (108) Servicio Galego de Saúde. Consultas atendidas polo plan sanitario combinado. Consellería de Sanidade . 2004. [Consultado 2004 Mar 9]. Disponible en: <http://www.sergas.es/>
- (109) Chen WQ, Wong TW, Yu IT-S. Association of occupational stress and social support with health-related behaviors among chinese offshore oil workers. *J Occup Health* 2008;50(3):262-9.
- (110) Morken T, Sivesind-Mehlum I, Moen B. Work-related musculoskeletal disorders in Norway's offshore petroleum industry. *J Occup Med* 2007;57:112-7.
- (111) Barberino JL, Carvalho FM, Silvany-Neto AM, Cotrim HP, Goes RC, Rosa H, et al. Alterações hepáticas em trabalhadores de uma refinaria de petróleo e em uma população de referência no Estado da Bahia, Brasil. *Rev Panam Salud Publica* 2005 Jan;17(1):30-7.
- (112) Chen WQ, Yu IT-S, Wong TW. Impact of occupational stress and other psychosocial factors on musculoskeletal pain among Chinese offshore oil installation workers. *Occup Environ Med* 2005;62:251-6.

- (113) Gun RT, Pratt NL, Griffith EC, Adams GG, Bisby JA, Robinson KL. Update of a prospective study of mortality and cancer incidence in the Australian petroleum industry. *Occup Environ Med* 2004 Feb;61(2):150-6.
- (114) Morken T, Tveito T, Torp S, Bakke A. Musculoskeletal disorders in the offshore oil industry. *Tidsskr Nor Laegeforen* 2004;124(20):2623-6.
- (115) Chen JD, Tsai JY. Hearing loss among workers at an oil refinery in Taiwan. *Arch Environ Health* 2003 Jan;58(1):55-8.
- (116) Gardner R. Overview and Characteristics of Some Occupational Exposures and Health Risks on Offshore Oil and Gas Installations. *Ann Occup Hyg* 2003;3:201-10.
- (117) Arnetz BB, Raymond LW, Nicolich MJ, Vargo L. Mortality among petrochemical science and engineering employees. *Arch Environ Health* 1991 Jul;46(4):237-48.
- (118) Lewis RJ, Schnatter AR, Drummond I, Murray N, Thompson FS, Katz AM, et al. Mortality and cancer morbidity in a cohort of Canadian petroleum workers. *Occup Environ Med* 2003 Dec;60(12):918-28.
- (119) Tsai SP, Wendt JK, Cardarelli KM, Fraser AE. A mortality and morbidity study of refinery and petrochemical employees in Louisiana. *Occup Environ Med* 2003 Sep;60(9):627-33.
- (120) Satin KP, Bailey WJ, Newton KL, Ross AY, Wong O. Updated epidemiological study of workers at two California petroleum refineries, 1950-95. *Occup Environ Med* 2002 Apr;59(4):248-56.
- (121) Sorahan T, Nichols L, Harrington JM. Mortality of United Kingdom oil refinery and petroleum distribution workers, 1951-1998. *Occup Med (Lond)* 2002 Sep;52(6):333-9.
- (122) Rodu B, Delzell E, Beall C, Sathiakumar N. Mortality among employees at a petrochemical research facility. *Am J Ind Med* 2001 Jan;39(1):29-41.
- (123) Tsai SP, Wendt JK. Health findings from a mortality and morbidity surveillance of refinery employees. *Ann Epidemiol* 2001 Oct;11(7):466-76.
- (124) Wong O, Harris F, Rosamilia K, Raabe GK. Updated mortality study of workers at a petroleum refinery in Torrance, California, 1959 to 1997. *J Occup Environ Med* 2001 Dec;43(12):1089-102.
- (125) Wong O, Harris F, Rosamilia K, Raabe GK. An updated mortality study of workers at a petroleum refinery in Beaumont, Texas, 1945 to 1996. *J Occup Environ Med* 2001 Apr;43(4):384-401.
- (126) Divine BJ, Hartman CM. Update of a study of crude oil production workers 1946-94. *Occup Environ Med* 2000 Jun;57(6):411-7.
- (127) Gamble JF, Lewis RJ, Jorgensen G. Mortality among three refinery/petrochemical plant cohorts. II. Retirees. *J Occup Environ Med* 2000 Jul;42(7):730-6.

- (128) Lewis RJ, Gamble JF, Jorgensen G. Mortality among three refinery/petrochemical plant cohorts. I. 1970 to 1982 active/terminated workers. *J Occup Environ Med* 2000 Jul;42(7):721-9.
- (129) Lewis RJ, Schnatter AR, Katz AM, Thompson FS, Murray N, Jorgensen G, et al. Updated mortality among diverse operating segments of a petroleum company. *Occup Environ Med* 2000 Sep;57(9):595-604.
- (130) Thurston SW, Ryan L, Christiani DC, Snow R, Carlson J, You L, et al. Petrochemical exposure and menstrual disturbances. *Am J Ind Med* 2000 Nov;38(5):555-64.
- (131) Consonni D, Pesatori AC, Tironi A, Bernucci I, Zocchetti C, Bertazzi PA. Mortality study in an Italian oil refinery: extension of the follow-up. *Am J Ind Med* 1999 Mar;35(3):287-94.
- (132) Dement JM, Hensley L, Kieding S, Lipscomb H. Proportionate mortality among union members employed at three Texas refineries. *Am J Ind Med* 1998 Apr;33(4):327-40.
- (133) Xu X, Cho SI, Sammel M, You L, Cui S, Huang Y, et al. Association of petrochemical exposure with spontaneous abortion. *Occup Environ Med* 1998 Jan;55(1):31-6.
- (134) Raabe GK, Collingwood KW, Wong O. An updated mortality study of workers at a petroleum refinery in Beaumont, Texas. *Am J Ind Med* 1998 Jan;33(1):61-81.
- (135) Meyer JD, Chen Y, Holt DL, Beck MH, Cherry NM. Occupational contact dermatitis in the UK: a surveillance report from EPIDERM and OPRA. *Occup Med (Lond)* 2000 May;50(4):265-73.
- (136) Henry JA. Composition and toxicity of petroleum products and their additives. *Hum Exp Toxicol* 1998 Feb;17(2):111-23.
- (137) White RP. *The Dermatogoses or Occupational Affections of the Skin*. 4<sup>a</sup> ed. London: H.K. Lewis & Co.; 1934.
- (138) Birmingham DJ. Contact dermatitis and related dermatoses associated with petroleum recovery and use. *Occup Med* 1988 Jul;3(3):511-23.
- (139) Collingwood KW, Raabe GK, Wong O. An updated cohort mortality study of workers at a northeastern United States petroleum refinery. *Int Arch Occup Environ Health* 1996;68(5):277-88.
- (140) Satin KP, Wong O, Yuan LA, Bailey WJ, Newton KL, Wen CP, et al. A 50-year mortality follow-up of a large cohort of oil refinery workers in Texas. *J Occup Environ Med* 1996 May;38(5):492-506.
- (141) Tsai SP, Waddell LC, Gilstrap EL, Ransdell JD, Ross CE. Mortality among maintenance employees potentially exposed to asbestos in a refinery and petrochemical plant. *Am J Ind Med* 1996 Jan;29(1):89-98.
- (142) Tsai SP, Gilstrap EL, Colangelo TA, Menard AK, Ross CE. A mortality study of oil refinery and petrochemical employees. *J Occup Environ Med* 1997 May;39(5):448-54.

- (143) Tsai SP, Gilstrap EL, Cowles SR, Snyder PJ, Ross CE. Long-term follow-up mortality study of petroleum refinery and chemical plant employees. *Am J Ind Med* 1996 Jan;29(1):75-87.
- (144) Divine BJ, Barron V. Texaco mortality study: III. A cohort study of producing and pipeline workers. *Am J Ind Med* 1987;11(2):189-202.
- (145) Tomas T, Waxweiler RJ, Moure-Eraso R, Itaya S, Fraumeni JF, Jr. Mortality patterns among workers in three Texas oil refineries. *J Occup Med* 1992;24:135-41.
- (146) San Sebastián M, Armstrong B, Stephens C. La salud de mujeres que viven cerca de pozos y estaciones de petróleo en la Amazonía ecuatoriana. *Rev Panam Salud Publica* 2001 Jun;9(6):375-84.
- (147) Maldonado A, Narváez A. Ecuador ni es, ni será ya, país amazónico. Quito: Acción Ecológica; 2003.
- (148) Yang CY, Wang JD, Chan CC, Chen PC, Huang JS, Cheng MF. Respiratory and irritant health effects of a population living in a petrochemical-polluted area in Taiwan. *Environ Res* 1997;74(2):145-9.
- (149) Yang CY, Wang JD, Chan CC, Hwang JS, Chen PC. Respiratory symptoms of primary school children living in a petrochemical polluted area in Taiwan. *Pediatr Pulmonol* 1998 May;25(5):299-303.
- (150) Wichmann FA, Muller A, Busi LE, Cianni N, Massolo L, Schlink U, et al. Increased asthma and respiratory symptoms in children exposed to petrochemical pollution. *J Allergy Clin Immunol* 2009 Mar;123(3):632-8.
- (151) Harvey S, Sharp PJ, Phillips JG. Influence of ingested petroleum on the reproductive performance and pituitary-gonadal axis of domestic ducks (*Anas platyrhynchos*). *Comp Biochem Physiol C* 1982;72(1):83-9.
- (152) Peakall DB, Tremblay J, Kinter WB, Miller DS. Endocrine dysfunction in seabirds caused by ingested oil. *Environ Res* 1981 Feb;24(1):6-14.
- (153) Lee YZ, O'Brien PJ, Payne JF, Rahimtula AD. Toxicity of petroleum crude oils and their effect on xenobiotic metabolizing enzyme activities in the chicken embryo in ovo. *Environ Res* 1986 Feb;39(1):153-63.
- (154) Cronin MA, Bickham JW. A population genetic analysis of the potential for a crude oil spill to induce heritable mutations and impact natural populations. *Ecotoxicology* 1998;7(5).
- (155) Geraci J, Aubin DJ. Study of the Effects of Oil on Cetaceans. Washington, DC: Bureau of Land Management; 1982.
- (156) Hayes MO, Hoff R, Michel J, Scholz D, Shigenaka G. Introduction to Coastal Habitats and Biological Resources for Oil Spill Response. Seattle, US: National Oceanic and Atmospheric Administration; 1992. Report No.: HMRAD 92-4.
- (157) San Sebastián M, Armstrong B, Stephens C. Outcomes of pregnancy among women living in the proximity of oil fields in the Amazon basin of Ecuador. *Int J Occup Environ Health* 2002 Oct;8(4):312-9.

- (158) Sram RJ, Binkova B, Dejmek J, Bobak M. Ambient air pollution and pregnancy outcomes: a review of the literature. *Environ Health Perspect* 2005 Apr;113(4):375-82.
- (159) Lin MC, Chiu HF, Yu HS, Tsai SS, Cheng BH, Wu TN, et al. Increased risk of preterm delivery in areas with air pollution from a petroleum refinery plant in Taiwan. *J Toxicol Environ Health A* 2001 Dec 21;64(8):637-44.
- (160) Yang CY, Chiu HF, Tsai SS, Chang CC, Chuang HY. Increased risk of preterm delivery in areas with cancer mortality problems from petrochemical complexes. *Environ Res* 2002 Jul;89(3):195-200.
- (161) Tsai SS, Yu HS, Liu CC, Yang CY. Increased incidence of preterm delivery in mothers residing in an industrialized area in Taiwan. *J Toxicol Environ Health A* 2003 Jun 13;66(11):987-94.
- (162) Yang CY, Chang CC, Chuang HY, Ho CK, Wu TN, Chang PY. Increased risk of preterm delivery among people living near the three oil refineries in Taiwan. *Environ Int* 2004 May;30(3):337-42.
- (163) Lin MC, Yu HS, Tsai SS, Cheng BH, Hsu TY, Wu TN, et al. Adverse pregnancy outcome in a petrochemical polluted area in Taiwan. *J Toxicol Environ Health A* 2001 Aug 24;63(8):565-74.
- (164) Lin CM, Lin CY, Mao IF. Increased risk of term low-birth-weight infants in a petrochemical industrial city with high air pollution. *Arch Environ Health* 2004;59(12):663-8.
- (165) James WH. Sex ratio at birth and exposure to petrochemicals. *Occup Environ Med* 2003 Sep;60(9):704.
- (166) James WH. Further evidence that mammalian sex ratios at birth are partially controlled by parental hormone levels around the time of conception. *Hum Reprod* 2004 Jun;19(6):1250-6.
- (167) Yang CY, Tsai SS, Cheng BH, Hsu TY, Wu TN. Sex ratio at birth associated with petrochemical air pollution in Taiwan. *Bull Environ Contam Toxicol* 2000 Jul;65(1):126-31.
- (168) Bhopal RS, Tate JA, Foy C, Moffatt S, Phillimore PR. Residential proximity to industry and adverse birth outcomes. *Lancet* 1999 Sep 11;354(9182):920-1.
- (169) Yang CY, Cheng BH, Hsu TY, Tsai SS, Hung CF, Wu TN. Female lung cancer mortality and sex ratios at birth near a petroleum refinery plant. *Environ Res* 2000 May;83(1):33-40.
- (170) Oliveira LM, Stein N, Sanseverino MT, Vargas VM, Fachel JM, Schuler L. Reproductive outcomes in an area adjacent to a petrochemical plant in southern Brazil. *Rev Saude Publica* 2002 Feb;36(1):81-7.
- (171) Yang CY, Cheng BH, Hsu TY, Chuang HY, Wu TN, Chen PC. Association between petrochemical air pollution and adverse pregnancy outcomes in Taiwan. *Arch Environ Health* 2002 Sep;57(5):461-5.
- (172) Yosie TF. The petroleum industry and the public health debate over petroleum products. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 1992 Jan;2(1):1-3.



- (173) IARC. Agents reviewed by the IARC monographs. Lyon: International Agency for Research on Cáncer; 2006.
- (174) Bingham E, Trosset RP, Warshawsky D. Carcinogenic potential of petroleum hydrocarbons: a critical review of the literature. *J Environ Pathol Toxicol* 1979 Dec;3(1-2):483-563.
- (175) Boudet C, Chemin F, Bois F. Evaluation du risque sanitaire de la marée noire consécutive au naufrage de l'ERIKA. L'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques; 2000. Report No.: 6.
- (176) Beall C, Delzell E, Rodu B, Sathiakumar N, Lees PS, Breyse PN, et al. Case-control study of intracranial tumors among employees at a petrochemical research facility. *J Occup Environ Med* 2001 Dec;43(12):1103-13.
- (177) Buffler PA, Kelsh M, Chapman P, Wood S, Lau E, Golembesky A, et al. Primary brain tumor mortality at a petroleum exploration and extraction research facility. *J Occup Environ Med* 2004 Mar;46(3):257-70.
- (178) Buffler P, Kelsh M, Kalmes R, Lau E, Chapman P, Wood S, et al. A nested case-control study of brain tumors among employees at a petroleum exploration and extraction research facility. *J Occup Environ Med* 2007;49(7):791-802.
- (179) Delzell E, Beall C, Rodu B, Lees PS, Breyse PN, Cole P. Case-series investigation of intracranial neoplasms at a petrochemical research facility. *Am J Ind Med* 1999 Oct;36(4):450-8.
- (180) Divine BJ, Hartman CM, Wendt JK. Update of the Texaco mortality study 1947-93: Part II. Analyses of specific causes of death for white men employed in refining, research, and petrochemicals. *Occup Environ Med* 1999 Mar;56(3):174-80.
- (181) Huebner WW, Chen VW, Friedlander BR, Wu XC, Jorgensen G, Bhojani FA, et al. Incidence of lymphohaematopoietic malignancies in a petrochemical industry cohort: 1983-94 follow up. *Occup Environ Med* 2000 Sep;57(9):605-14.
- (182) Huebner WW, Wojcik NC, Rosamilia K, Jorgensen G, Milano CA. Mortality updates (1970-1997) of two refinery/petrochemical plant cohorts at Baton Rouge, Louisiana, and Baytown, Texas. *J Occup Environ Med* 2004 Dec;46(12):1229-45.
- (183) Lewis RJ, Yarborough CM, Nicolich MJ, Friedlander BR. Lymphopoietic cáncer and other major causes of death among petrochemical researchers: an update. *Occup Med (Lond)* 1999 Feb;49(2):71-7.
- (184) Rosamilia K, Wong O, Raabe GK. A case-control study of lung cáncer among refinery workers. *J Occup Environ Med* 1999 Dec;41(12):1091-103.
- (185) Sathiakumar N, Delzell E, Rodu B, Beall C, Myers S. Cáncer incidence among employees at a petrochemical research facility. *J Occup Environ Med* 2001 Feb;43(2):166-74.

- (186) Tsai SP, Chen VW, Fox EE, Wendt JK, Cheng W, X, Foster DE, et al. Cáncer incidence among refinery and petrochemical employees in Louisiana, 1983-1999. *Ann Epidemiol* 2004 Oct;14(9):722-30.
- (187) Ugnat AM, Luo W, Semenciw R, Mao Y. Occupational exposure to chemical and petrochemical industries and bladder cancer risk in four western Canadian provinces. *Chronic Dis Can* 2004;25(2):7-15.
- (188) Kirkeleit J, Riise T, Bråtveit M, Moen B. Increased risk of acute myelogenous leukemia and multiple myeloma in a historical cohort of upstream petroleum workers exposed to crude oil. *Cáncer Causes Control* 2008;19(1):13-23.
- (189) Gun RT, Pratt NL, Ryan P, Roder D. Update of mortality and cancer incidence in the Australian petroleum industry cohort. *Occup Environ Med* 2006;63:476-81.
- (190) Glass DC, Gray CN, Jolley DJ, Gibbons C, Sim MR, Fritschi L, et al. Leukemia risk associated with low-level benzene exposure. *Epidemiology* 2003 Sep;14(5):569-77.
- (191) Wong O, Raabe GK. 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* 2000 Aug;32(1):78-98.
- (192) Baena AV, Allam MF, az-Molina C, Del Castillo AS, bdel-Rahman AG, Navajas RF. Urinary bladder cancer and the petroleum industry: a quantitative review. *Eur J Cáncer Prev* 2006 Dec;15(6):493-7.
- (193) Pukkala E. Cancer incidence among Finnish oil refinery workers, 1971-1994. *J Occup Environ Med* 1998 Aug;40(8):675-9.
- (194) Rushton L. A 39-year follow-up of the U.K. oil refinery and distribution center studies: results for kidney cancer and leukemia. *Environ Health Perspect* 1993 Dec;101 Suppl 6:77-84.
- (195) Wong O, Raabe GK. Non-Hodgkin's lymphoma and exposure to benzene in a multinational cohort of more than 308,000 petroleum workers, 1937 to 1996. *J Occup Environ Med* 2000 May;42(5):554-68.
- (196) Bosetti C, Boffetta P, La VC. Occupational exposures to polycyclic aromatic hydrocarbons, and respiratory and urinary tract cancers: a quantitative review to 2005. *Ann Oncol* 2007 Mar;18(3):431-46.
- (197) Jarvholm B, Mellblom B, Norrman R, Nilsson R, Nordlinder R. Cancer incidence of workers in the Swedish petroleum industry. *Occup Environ Med* 1997 Sep;54(9):686-91.
- (198) Schnatter AR, Armstrong TW, Thompson LS, Nicolich MJ, Katz AM, Huebner WW, et al. The relationship between low-level benzene exposure and leukemia in Canadian petroleum distribution workers. *Environ Health Perspect* 1996 Dec;104 Suppl 6:1375-9.
- (199) Tsai SP, Dowd CM, Cowles SR, Ross CE. Morbidity patterns among employees at a petroleum refinery. *J Occup Med* 1991 Oct;33(10):1076-80.

- (200) Tsai SP, Gilstrap EL, Cowles SR, Snyder PJ, Ross CE. A cohort mortality study of two California refinery and petrochemical plants. *J Occup Med* 1993 Apr;35(4):415-21.
- (201) Gamble JF, Pearlman ED, Nicolich MJ. A nested case-control study of kidney cancer among refinery/petrochemical workers. *Environ Health Perspect* 1996 Jun;104(6):642-50.
- (202) Pasetto R, Comba P, Pirastu R. Lung cancer mortality in a cohort of workers in a petrochemical plant: occupational or residential risk? *Int J Occup Environ Health* 2008 Apr;14(2):124-8.
- (203) Pasetto R, Biggeri A, Comba P, Pirastu R. [Mortality in the cohort of workers of the petrochemical plant in Gela (Sicily) 1960-2002]. *Epidemiol Prev* 2007 Jan;31(1):39-45.
- (204) Kelsh M, Morimoto L, Lau E. Cancer mortality and oil production in the Amazon Region of Ecuador, 1990-2005. *Int Arch Occup Environ Health* 2009;82:381-95.
- (205) Liu CC, Chen CC, Wu TN, Yang CY. Association of brain cancer with residential exposure to petrochemical air pollution in Taiwan. *J Toxicol Environ Health A* 2008;71(5):310-4.
- (206) Weng H, Tsai SS, Chiu HF, Yang CY, Yu CL. Association of childhood leukemia with residential exposure to petrochemical air pollution in Taiwan. *Inhal Toxicol* 2008;20(1):31-6.
- (207) Gazdek D, Strnad M, Mustajbegovic J, Nemet-Lojan Z. Lymphohematopoietic Malignancies and Oil Exploitation in Koprivnica-Krizevci County, Croatia. *Int J Occup Environ Health* 2007;13:258-67.
- (208) Omoti CE. Socio-demographic factors of adult malignant lymphomas in Benin City, Nigeria. *Niger Postgrad Med J* 2006 Sep;13(3):256-60.
- (209) Yu CL, Wang SF, Pan PC, Wu MT, Ho CK, Smith TJ, et al. Residential exposure to petrochemicals and the risk of leukemia: using geographic information system tools to estimate individual-level residential exposure. *Am J Epidemiol* 2006 Aug 1;164(3):200-7.
- (210) Yu CL, Wang SF, Pan PC, Wu MT, Ho CK, Smith TJ, et al. No association between residential exposure to petrochemicals and brain tumor risk. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2005 Dec;14(12):3007-9.
- (211) Belli S, Benedetti P, Comba P, Lagravinese V, Martucci M, Martuzzi D. Case-control study on cancer risk associated to residence in the neighbourhood of a petrochemical plant. *European Journal of Epidemiology* 2004;19:49-54.
- (212) Hurtig AK, San Sebastián M. Incidence of childhood leukemia and oil exploitation in the Amazon basin of Ecuador. *Int J Occup Environ Health* 2004 Jul;10(3):245-50.
- (213) Neuberger JS, Ward-Smith P, Morantz RA, Tian C, Schmelzle KH, Mayo MS, et al. Brain cancer in a residential area bordering on an oil refinery. *Neuroepidemiology* 2003 Jan;22(1):46-56.

- (214) Hurtig AK, San SM. Geographical differences in cáncer incidence in the Amazon basin of Ecuador in relation to residence near oil fields. *Int J Epidemiol* 2002 Oct;31(5):1021-7.
- (215) San Sebastián M, Armstrong B, Cordoba JA, Stephens C. Exposures and cáncer incidence near oil fields in the Amazon basin of Ecuador. *Occup Environ Med* 2001 Aug;58(8):517-22.
- (216) Yang CY, Cheng BH, Hsu TY, Tsai SS, Hung CF, Wu TN. Female Lung Cáncer Mortality and Sex Ratios at Birth near a Petroleum Refinery Plant. *Environmental Research Section* 2000;83:33-40.
- (217) Wilkinson P, Thakrar B, Walls P, Landon M, Falconer S, Grundy C, et al. Lymphohaematopoietic malignancy around all industrial complexes that include major oil refineries in Great Britain. *Occup Environ Med* 1999 Sep;56(9):577-80.
- (218) Yang CY, Cheng MF, Chiu JF, Tsai SS. Female lung cáncer and petrochemical air pollution in Taiwan. *Arch Environ Health* 1999 May;54(3):180-5.
- (219) Reservas de petróleo. Cámara Boliviana de Hidrocarburos. Estadísticas de 2005. [Consultado 2007 Abr 17]. Disponible en: <http://www.cbh.org.bo/web/includes/estadisticas/reservas.htm>
- (220) Repsol YPF en Bolivia: una isla de prosperidad en medio de la pobreza. Intermon Oxfam; 2004.
- (221) Cámara Boliviana de Hidrocarburos. Pago de Impuestos de hidrocarburos. Instituto Nacional de Estadística (INE); 2005.
- (222) Joint UNDP, World Bank, Energy Sector Management Assistance Programme (ESMAP). Programa Energía, Ambiente y Población (EAP) Estudio Comparativo sobre la Distribución de la Renta Petrolera. 2002.
- (223) Cámara boliviana de hidrocarburos. Historia de los hidrocarburos en Bolivia. [Consultado 2009 Abr 4]. Disponible en: <http://www.cbh.org.bo/es>
- (224) Hindery D. Social and environmental impacts of World Bank/IMF-funded economic restructuring in Bolivia: an analysis of Enron and Shell's hydrocarbons projects. *Singapore Journal of Tropical Geography* 2004;25(3):281-303.
- (225) González Alonso S, Valcárcel Y, Mediano C, Fuentenebro F, Esteban J, Hernández Barrera V, et al. Mbayeko Tekoronza: Petróleo y Salud en el Chaco Boliviano. Impacto de la extracción petrolera en la Salud y en el Medio Ambiente. Madrid: medicusmundi; 2008.
- (226) Foro Boliviano sobre Medio Ambiente y Desarrollo. 2007. [Consultado 2007 May 14]. Disponible en: <http://www.fobomade.org.bo>
- (227) Red de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (REDESMA). 2007. [Consultado 2007 May 14]. Disponible en: <http://www.redesma.org>
- (228) Oilwatch. 2007. [Consultado 2007 May 14]. Disponible en: <http://www.oilwatch.org>

- (229) Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA). 2007. [Consultado 2007 May 14]. Disponible en: <http://www.olca.cl>
- (230) FOBOMADE. El caso del gasoducto Bolivia-Brasil. [Consultado 2007 May 14]. Disponible en: <http://www.fobomade.org.bo/index1.php>
- (231) Molina P. Bolivia-Brasil: Relaciones energéticas, integración y medio ambiente. Relaciones Energéticas: Bolivia-Brasil. FOBOMADE; 2005. p. 27-40.
- (232) Herbas G. Explotación de Hidrocarburos y el Medio Ambiente en un escenario neoliberal. Derrame de Transredes (Enron/Shell) en el río Desaguadero. [Consultado 2007 May 10]. Disponible en: <http://www.fobomade.org.bo/index1.php>
- (233) Mariaca E. El derrame de petróleo en el río desaguadero no fue en un día. [Consultado 2007 May 10]. Disponible en: <http://www.fobomade.org.bo/index1.php>
- (234) Moreno A. La medición de las externalidades ambientales: un enfoque espacio-temporal. Anales de Geografía de la Universidad Complutense 1995;15:485-96.
- (235) Røe Utvik TI. Chemical characterization of produced water from four offshore oil production platforms in the North Sea. Chemosphere 1999;39:2593-606.
- (236) Terrens GW, Tait RD. Monitoring ocean concentrations of aromatic hydrocarbons from produced formation water discharges to Bass Strait, Australia. SPE 36033. In: Proceedings of the International Conference on Health, Safety & Environment. Society of Petroleum Engineers, Richardson. 1996.
- (237) Neff JM, Johnsen S, Frost TK, Røe Utvik TI, Durell GS. Oil well produced water discharges to the North Sea. Marine Environm Research 2006;62(3):224-46.
- (238) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edn., American Public Health Association, APHA/AWWA/WPCF, Washington, DC, 1998. 1998.
- (239) Pasig R, Villena H, Callizaya V, Bustamante M. Estudio Hidrológico del Chaco Tarijeño de Bolivia. [15]. 1998. La Paz, Bolivia, Servicio Nacional de Geología y Minería (SERGEOMIN).
- (240) Moreno M. Toxicología ambiental. Evaluación de riesgo para la salud humana. Madrid: Mc Graw-Hill Profesional; 2003.
- (241) Peña CE, Carter DE, Ayala-Fierro F. Toxicología ambiental: Evaluación de riesgos y restauración ambiental. Arizona, US: Southwest Hazardous Waste Program. A Superfund Basic Research and Training Program. At the College of Pharmacy. The University of Arizona; 2001.
- (242) Nisbet IC, LaGoy PK. Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Regul Toxicol Pharmacol 1992 Dec;16(3):290-300.

- (243) Malcolm HM, Dobson S. The Calculation of an Environmental Assessment Level (EAL) for Atmospheric PAHs Using Relative Potencies. London: Department of the Environment; 1994.
- (244) USEPA. Exposure Factor Handbook, vol. I-General Factor.EPA/600/P-95/002Fa. Washington, DC: Office of Emergency and Remedial Response, US Environmental Protection Agency; 1997.
- (245) USEPA. Risk Assessment Guidance for Superfund, vol. I, Human Health Evaluation Manual (Part E, supplemental guidance for dermal risk assessment).EPA/540/R/99/005. Washington, DC: Office of Emergency and Remedial Response, US Environmental Protection Agency; 2004.
- (246) Hussain M, Rae J, Gilman A, Kauss P. Lifetime health risk assessment from exposure of recreational users to polycyclic aromatic hydrocarbons. Arch Environ Contam Toxicol 1998 Oct;35(3):527-31.
- (247) Schneider K, Roller M, Kalberlah F, Schuhmacher-Wolz U. Cáncer risk assessment for oral exposure to PAH mixtures. J Appl Toxicol 2002 Jan;22(1):73-83.
- (248) Schmähl D, Schmidt KG, Habs M. Syncarcinogenic action of polycyclic hydrocarbons in automobile exhaust gas condensates. IARC Sci Publ 1977;(16):53-9.
- (249) Krewski D, Gaylor D, Szyszkowicz M. A model-free approach to low-dose extrapolation. Environ Health Perspect 1991 Jan;90:279-85.
- (250) Vilagut G, Ferrer M, Rajmil L, Rebollo P, Permanyer-Miralda G, Quintana JM, et al. El cuestionario de salud SF-36 español: una década de experiencia y nuevos desarrollos. Gac Sanit 2005 Mar;19(2):135-50.
- (251) Ware J, Kosinski M, Keller SD. A 12-Item Short-Form Health Survey: construction of scales and preliminary tests of reliability and validity. Med Care 1996 Mar;34(3):220-33.
- (252) Ware JE, Jr., Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. Med Care 1992 Jun;30(6):473-83.
- (253) Ross DA, Vaughan JP. Health interview surveys in developing countries: a methodological review. Stud Fam Plann 1986 Mar;17(2):78-94.
- (254) Lalonde M. A New perspective on the Health of Canadians. Ottawa, Ontario: Minister of Nacional Health and Welfare. Government of Canada; 1974.
- (255) Jewell TR, Rossi M, Triunfo P. El estado de salud del adulto mayor en américa latina. Cuadernos de economía 2007;46:147-67.
- (256) Sen A. Health: perception versus observation. BMJ 2002 Apr 13;324(7342):860-1.
- (257) Vargas-Palacios A, Econ de la S M, Gutiérrez J, Carreón-Rodríguez V. Identificación de estados de salud y su relación con características socioeconómicas y geográficas: análisis de una encuesta poblacional en México. Salud Pública Méx 2006;48(6):482-9.

- (258) Índice de Salud Municipal. La Paz: 2007.
- (259) Liberatos P, Link B, Kelsey J. The measurement of social class in epidemiology. *Epidemiologic Reviews* 1988;10:87-121.
- (260) Estadísticas e indicadores de pobreza según sección municipal, 2001. Instituto Nacional de Estadística de Bolivia . [Consultado 2009 May 15]. Disponible en: <http://www.ine.gov.bo/indice/visualizador.aspx?ah=PC3060204.HTM>
- (261) Santos S, Chor D, Werneck G, Silva E. Associação entre fatores contextuais e auto-avaliação de saúde: uma revisão sistemática de estudos multinível. *Cad Saúde Pública* 2007;23(11):2533-54.
- (262) Borrel C. Desigualdades y Servicios de Salud. *Saúde e Sociedade* 2006;15(2):9-22.
- (263) Benach J, Amable M. Las clases sociales y la pobreza. *Gac Sanit* 2004 May;18 Suppl 1:16-23.
- (264) West LJ, Maxwell DS, Noble EP, Solomon DH. Alcoholism. *Ann Intern Med* 1984 Mar;100(3):405-16.
- (265) Rosenberg IH. Nutrient requirements for optimal health: what does that mean? *J Nutr* 1994 Sep;124(9 Suppl):1777S-9S.
- (266) James WP, Nelson M, Ralph A, Leather S. Socioeconomic determinants of health. The contribution of nutrition to inequalities in health. *BMJ* 1997 May 24;314(7093):1545-9.
- (267) Perez-Cueto FJ, Naska A, Monterrey J, manza-Lopez M, Trichopoulou A, Kolsteren P. Monitoring food and nutrient availability in a nationally representative sample of Bolivian households. *Br J Nutr* 2006 Mar;95(3):555-67.
- (268) Water, sanitation and links to health. World Health Organization. [Consultado 2005 Ago 7]. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/facts2004/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/facts2004/en/)
- (269) Doménech-Sánchez A, Olea F, Berrocal CI. Infecciones relacionadas con agua de recreo. *Enferm Infecc Microbiol Clin* 2008;26(13):32-7.
- (270) Sanborn M, Cole D, Kerr K, Vakil C, Sanin LH, Bassil K. Systematic Review of Pesticide Human Health Effects. Toronto, Ontario (Canada): The Ontario College of Family Physicians; 2004.
- (271) Spiewak R. Pesticides as a Cause of Occupational Skin Diseases in Farmers. *Ann Agric Environ Med* 2001;8:1-5.
- (272) Observatorio farmaceutico unidad de medicamentos y tecnologia en salud. Ministerio de Salud y Deportes. [Consultado 2009 May 27]. Disponible en: <http://www.orasconhu.org/documentos/PRESENTACION%20EXPERIENCIA%20ACCESO%20A%20MEDICAMENTOS%20BOLIVIA.pdf>
- (273) Hill LM, Kleinberg F. Effects of drugs and chemicals on the fetus and newborn (1). *Mayo Clin Proc* 1984 Oct;59(10):707-16.

- (274) Palmisano PA, Polhill RB. Fetal pharmacology. *Pediatr Clin North Am* 1972 Feb;19(1):3-20.
- (275) Van Petten GR. Pharmacology and the fetus. *Br Med Bull* 1975 Jan;31(1):75-9.
- (276) Krulewitch CJ. Alcohol consumption during pregnancy. *Annu Rev Nurs Res* 2005;23:101-34.
- (277) Rasmussen SA, Erickson JD, Reef SE, Ross DS. Teratology: from science to birth defects prevention. *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol* 2009 Jan;85(1):82-92.
- (278) La Rubéola en Bolivia - Situación epidemiológica del Síndrome de Rubéola Congénita - SRC . Organización Panamericana de la Salud. [Consultado 2009 Abr 4]. Disponible en: <http://www.ops.org.bo/rubeola/?TE=20060127125406>
- (279) McLeod NM, Urioste ML, Saeed NR. Birth prevalence of cleft lip and palate in Sucre, Bolivia. *Cleft Palate Craniofac J* 2004 Mar;41(2):195-8.
- (280) McLeod N, Urioste MA. Birth prevalence of microtia in Sucre, Bolivia. *Acta Otolaryngol* 2007 Jul;127(7):784.
- (281) Elwood J, Little J, Elwood J. *Epidemiology and control of neural tube defects*. Oxford, England: Oxford University Press; 1992.
- (282) Paz R, Hernández-Navarro F. Manejo, prevención y control de la anemia megaloblástica secundaria a déficit de ácido fólico. *Nutr Hosp* 2006;21(1):113-9.
- (283) de Paz R, Hernández-Navarro F. Manejo, prevención y control de la anemia megaloblástica secundaria a déficit de ácido fólico. *Nutr Hosp* 2006;21(1):113-9.
- (284) *Calidad del agua potable para consumo humano, NB 512, Calidad del agua potable para consumo humano, (2004).*
- (285) *Council Directive of the quality of water intended for human consumption, 98/83/EC, Council Directive of the quality of water intended for human consumption, (1998).*
- (286) U.S. EPA. *Current Drinking Water Standards: National Primary and Secondary Drinking Water Regulations*. Washington, DC:U.S. Environmental Protection Agency, Office of Ground Water and Drinking Water, 1999., U.S. EPA. *Current Drinking Water Standards: National Primary and Secondary Drinking Water Regulations*. Washington, DC:U.S. Environmental Protection Agency, Office of Ground Water and Drinking Water, 1999., (1999).
- (287) *Guidelines for drinking-water quality. Third ed. World Health Organization (WHO); 2008.*
- (288) Ayres AC, Parker M. *Produced Water Waste Management* . Calgary, Alberta, Canada: Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP); 2001.



- (289) Reddy CM, Quinn JG. The North Cape oil spill: hydrocarbons in Rhode Island coastal waters and Point Judith Pond. *Mar Environ Res* 2001 Dec;52(5):445-61.
- (290) Moskovchenko DV, Babushkin AG, Artamonova GN. Surface water quality assessment of the Vatinsky Egan River catchment, West Siberia. *Environ Monit Assess* 2008 Feb 19.
- (291) Al-Imarah FJ. Petroleum hydrocarbons in water and sediments of northwest Arabian Gulf 1980-2005. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 2007;10(3):335-40.
- (292) DouAbul AAZ, A1-Saad HT. Seasonal variations of oil residues in water of Shatt al-Arab River, Iraq. *Water Air Soil Pollut* 1985;24:237-46.
- (293) Polynuclear aromatic hydrocarbons in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization; 2003. Report No.: WHO/SDE/WSH/03.04/59.
- (294) Countway RE, Dickhut RM, Canuel EA. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) distributions and associations with organic matter in surface waters of the York River, VA Estuary. *Estuary Org Geochem* 2003;34:209-24.
- (295) Barra R, Castillo C, Machado JP. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the South American Environmental. *Rev Environ Contam Toxicol* 2007;191:1-22.
- (296) Karaconji B, Skender L, Karacic V. Benzene, toluene, ethylbenzene, and isomeric xylenes in various water samples in Croatia. *Bull Environ Contam Toxicol* 2006 Mar;76(3):458-62.
- (297) World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva; 2004. Report No.: Volumen 1: Recommendations.
- (298) Garcia-Guinea J, Huascar M. Mining waste poisons river basin. *Nature* 1997 May 8;387(6629):118.
- (299) Hudson-Edwards K, Macklin M, Miller J, Lechler P. Sources, distribution and storage of heavy metals in the Río Pilcomayo, Bolivia. *J Geochem Explor* 2001;72:229-50.
- (300) Macklin M, Payne I, Preston D, Sedgwick C. Review of the Porco mine tailings dam burst and associated mining waste problems, Pilcomayo basin, Bolivia. UK: Report to the UK Overseas Development Agency; 1996.
- (301) Miller JR, Hudson-Edwards KA, Lechler PJ, Preston D, Macklin MG. Heavy metal contamination of water, soil and produce within riverine communities of the Río Pilcomayo basin, Bolivia. *Sci Total Environ* 2004 Mar 29;320(2-3):189-209.
- (302) Smolders A, Guerrero Hiza M, Van der Velde G, Roelfofs J. Dynamics of discharge, sediment transport, heavy metal pollution and sa'baló (*Prochilodus lineatus*) catches in the lower Pilcomayo river (Bolivia). *River Research and Applications* 2002;18(5):415-27.
- (303) Shimy TM. Distribution of selected trace metals and its relation with environmental pollution. *Energy Sources* 1997;19:851-60.

- (304) ATSDR. Toxicological Profile Information Sheet. Atlanta, Georgia. US: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2009.
- (305) Oppe S. The concept of risk: a decision theoretic approach. *Ergonomics* 1988;31(4):435-40.
- (306) Juan Pérez JI. Los riesgos ambientales. Manejo del ambiente y riesgos ambientales en la región fresera del Estado de México. Edición electrónica gratuita ed. available in: [www.eumed.net/libros/2007a/235/](http://www.eumed.net/libros/2007a/235/); 2007. p. 112-30.
- (307) Valcárcel Y, Herrero A, Gil A. Percepción de los riesgos ambientales y para la salud en población afectada por el vertido de fuel del Prestige. Madrid: Universidad Rey Juan Carlos. Servicio de Publicaciones; 2006.
- (308) Cutchin MP, Martin KR, Owen SV, Goodwin JS. Concern about petrochemical health risk before and after a refinery explosion. *Risk Anal* 2008 Jun;28(3):589-601.
- (309) Smith VK. Risk perceptions, optimism, and natural hazards. *Risk Anal* 2008 Dec;28(6):1763-7.
- (310) Havenaar JM, de Wilde EJ, van den BJ, Drottz-Sjoberg BM, van den BW. Perception of risk and subjective health among victims of the Chernobyl disaster. *Soc Sci Med* 2003 Feb;56(3):569-72.
- (311) Finucane ML, Slovic P, Mertz CK, Flynn J, Satterfield TA. Gender, race, and perceived risk: The "white male" effect. *Health, Risk & Society* 2000;2:159-72.
- (312) Greenberg MR, Schneider DF. Gender differences in risk perception: Effects differ in stressed vs. nonstressed environments. *Risk Analysis* 1995;15:503-11.
- (313) Gustafson PE. Gender differences in risk perception: Theoretical and methodological perspectives. *Risk Analysis* 1998;18:805-11.
- (314) Slovic P, Malmforms T, Mertz C, Neil N, Purchase I. Evaluating chemical risks: results of a survey of the British Toxicology Society. *Human and Experimental Toxicology* 1997;16:289-304.
- (315) Sen G, George A, Östlin P. Incorporar la perspectiva de género en la equidad en salud: un análisis de la investigación y las políticas. Organización Paramericana de la Salud y Harvard Center for Population and Development Studies; 2005.
- (316) Jornadas Andaluzas Mujeres y Salud: Mirando la Salud desde una perspectiva de Género. Málaga: Instituto Andaluz de la Mujer. Consejería para la Igualdad y Bienestar Social; 2006.
- (317) Velasco Arias S. Recomendaciones para la práctica del enfoque de género en programas de salud. Madrid: Observatorio de la salud de la mujer. Ministerio de Sanidad y Consumo; 2008.
- (318) Pezo M, de Souza N, Costa M. La mujer responsable de la salud de la familia. *Index Enferm* 2004;13(46):13-7.

- (319) Praça N, Gualda D. Cuidar da saúde da família: responsabilidade da mulher moradora em uma favela. *Fam Saúde Desenv* 2000;2(1):13-20.
- (320) Hernández-Tezoquipa I, Arenas-Monreal M, Valdez-Santiago R. "No dejarse caer en cama": las mujeres y los servicios de salud. *Cad Saúde Pública* 2005;21(4):1210-6.
- (321) Valdez-Santiago R, Juárez-Ramírez C, Salgado-de Snyder N, Agoff C, Avila-Burgos L, Híjar MC. Violencia de género y otros factores asociados a la salud emocional de las usuarias del sector salud en México. *Salud Pública de México* 2006;48(2):250-8.
- (322) Díaz-Olavarrieta C, Ellertson C, Paz F, De León S, Alarcón-Segovia D. Prevalence of battering among 1 780 outpatients at an internal medicine institution in Mexico . *Soc Sci Med* 2002;55:1589-602.
- (323) Koss M. The women's mental health research agenda: Violence against women . *Am Psychol* 1990;45:374-80.
- (324) Nurius P, Macy R, Bhuyan R, Holt V. Contextualizing depression and physical functioning in battered women . *J Interpers Violence* 2003;18(12):1411-31.
- (325) Peters E, Slovic P. The role of affect and worldviews as orienting dispositions in the perception and acceptance of nuclear power. *Journal of applied social Psychology* 1996;26(16):1427-53.
- (326) Feichtinger W. Environmental factors and fertility. *Hum Reprod* 1991 Sep;6(8):1170-5.
- (327) Axelsson G, Molin I. Outcome of pregnancy among women living near petrochemical industries in Sweden. *Int J Epidemiol* 1988 Jun;17(2):363-9.
- (328) Rugen PJ, Stern CD, Lamm SH. Comparative carcinogenicity of the PAHs as a basis for acceptable exposure levels (AELs) in drinking. *Regulatory toxicology and pharmacology* 1989;9(3):273-83.
- (329) Rugen PJ, Stern CD, Lamm SH. Comparative carcinogenicity of the PAHs as a basis for acceptable exposure levels (AELs) in drinking water. *Regul Toxicol Pharmacol* 1989 Jun;9(3):273-83.
- (330) Porta M, Castaño G, Codony M. El Prestige y las personas: El impacto del vertido sobre la salud de las poblaciones humanas, la salud pública. 2ª Edición. 2003. Madrid, Greenpeace.
- (331) Porta M, Castano-Vinyals G. El impacto sobre la salud humana de la catástrofe del Prestige: Propuestas para su estudio. *Arch Prev Riesgos Labor* 2003;6(2):52-4.
- (332) Bertazzi PA. Industrial disasters and epidemiology. A review of recent experiences. *Scand J Work Environ Health* 1989 Apr;15(2):85-100.
- (333) Orrell C, Rodríguez-Sanz M. Aspectos metodológicos de las encuestas de salud por entrevista: aportaciones de la Encuesta de Salud de Barcelona 2006. *Rev bras epidemiol* 2008;11(1):46-57.

## BILBIOGRAFÍA

- (334) Idler EL, Kasl S. Health perceptions and survival: do global evaluations of health status really predict mortality? *J Gerontol* 1991 Mar;46(2):S55-S65.
- (335) Mete C. Predictors of elderly mortality: health status, socioeconomic characteristics and social determinants of health. *Health Econ* 2005 Feb;14(2):135-48.
- (336) Hernandez B, Velasco-Mondragon H. Encuestas transversales. *Salud Pública Méx* 2000;42(5):447-55.
- (337) *Gestión de la Calidad del Aire: Causas, Efectos y Soluciones*. Perú: Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial - UNMSM; 2004.

**Anexos**



**ANEXO I****CUESTIONARIO DE SALUD  
Mujeres Mayores de 15 años**

FECHA DE LA ENTREVISTA: \_\_\_\_\_  
 NOMBRE DE LA COMUNIDAD: \_\_\_\_\_ COORDENADAS DE LA COMUNIDAD \_\_\_\_\_

**1ª PARTE: DATOS PERSONALES**

Con respecto a las siguientes preguntas, por favor indique la(s) respuesta(s) que mejor representen su opinión o indique con la mayor precisión posible los datos solicitados.

1. **¿Cuántos años cumplidos tiene usted?:** \_\_ \_\_
2. **Edad por grupos** (Marcar con una cruz el grupo al que corresponde)
 

<input type="checkbox"/> 15 a 19 años	<input type="checkbox"/> 20 a 24 años	<input type="checkbox"/> 25 a 29 años
<input type="checkbox"/> 30 a 34 años	<input type="checkbox"/> 35 a 39 años	<input type="checkbox"/> Más de 40 años
3. **¿Cuánto tiempo lleva viviendo en esta comunidad? (años):** \_\_ \_\_
 

↳ Para aquellos que han vivido menos de 3 años

3.1 **Antes de que usted viniera a vivir aquí ¿Dónde vivía habitualmente?**  
 \_\_\_\_\_  
 (Sección, Provincia y Departamento)
4. **¿Se considera perteneciente a algún pueblo indígena?**

<input type="checkbox"/> Quechua	<input type="checkbox"/> Aymara	<input type="checkbox"/> Guaraní
<input type="checkbox"/> Otro _____		<input type="checkbox"/> Ninguno
5. **Actualmente ¿Cuál es su estado civil?**

<input type="checkbox"/> Soltera	<input type="checkbox"/> Casada/ unida/ viviendo en pareja	<input type="checkbox"/> Viuda/divorciada/ separada
----------------------------------	--	---
6. **¿Cuál es el nivel de instrucción más alto que usted tiene?**

<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Primaria incompleta	<input type="checkbox"/> Primaria completa
<input type="checkbox"/> Secundaria incompleta	<input type="checkbox"/> Secundaria completa	<input type="checkbox"/> Educación Superior
7. **Además de los trabajos del hogar, actualmente ¿está usted trabajando?**

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
-----------------------------	-----------------------------

↳ Pasar a la pregunta 12.
8. **¿Cuál es el sector de su ocupación?**

<input type="checkbox"/> Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	<input type="checkbox"/> Pesca
<input type="checkbox"/> Explotación de minas y canteras	<input type="checkbox"/> Industria Manufacturera
<input type="checkbox"/> Suministro de electricidad, gas y agua	<input type="checkbox"/> Comercio ó reparaciones
<input type="checkbox"/> Hoteles o Restaurante	<input type="checkbox"/> Transporte, almacenamiento y comunicaciones
<input type="checkbox"/> Intermediación financiera	<input type="checkbox"/> Actividades inmobiliarias, empresariales y alquiler
<input type="checkbox"/> Administración Pública y defensa	<input type="checkbox"/> Enseñanza
<input type="checkbox"/> Servicios sociales y de salud	<input type="checkbox"/> Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales
<input type="checkbox"/> Hogares privados con servicio doméstico	<input type="checkbox"/> Organizaciones y órganos extraterritoriales
<input type="checkbox"/> Otro _____	
9. **¿Cuál es la categoría a la que pertenece?**

<input type="checkbox"/> Empleada	<input type="checkbox"/> Trabajadora por cuenta propia	<input type="checkbox"/> Trabajadora familiar auxiliar
<input type="checkbox"/> Miembro de cooperativa	<input type="checkbox"/> Empleador o Patrono	<input type="checkbox"/> Trabajadora que no se puede clasificar según la situación en el empleo
10. **¿Cuánto tiempo lleva trabajando en este empleo?**

<input type="checkbox"/> Menos de un mes	<input type="checkbox"/> De uno a seis meses	<input type="checkbox"/> De seis a doce meses
<input type="checkbox"/> Mas de doce meses		

## 11. El trabajo que usted realiza fuera de casa lo hace durante:

- Todo el año (trabajo regular)       Por épocas       De vez en cuando

## 12. ¿Cuál es el sector de ocupación de su marido? (Sólo responder en el caso de que en la pregunta 5 la respuesta sea Casada/ unida/ viviendo en pareja)

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Agricultura, ganadería, caza y silvicultura | <input type="checkbox"/> Pesca  |
| <input type="checkbox"/> Explotación de minas y canteras             | <input type="checkbox"/> Industria Manufacturera  |
| <input type="checkbox"/> Suministro de electricidad, gas y agua      | <input type="checkbox"/> Comercio ó reparaciones  |
| <input type="checkbox"/> Hoteles o Restaurante                       | <input type="checkbox"/> Transporte, almacenamiento y comunicaciones                        |
| <input type="checkbox"/> Intermediación financiera                   | <input type="checkbox"/> Actividades inmobiliarias, empresariales y alquiler                |
| <input type="checkbox"/> Administración Pública y defensa            | <input type="checkbox"/> Enseñanza  |
| <input type="checkbox"/> Servicios sociales y de salud               | <input type="checkbox"/> Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales |
| <input type="checkbox"/> Hogares privados con servicio doméstico     | <input type="checkbox"/> Organizaciones y órganos extraterritoriales                        |
| <input type="checkbox"/> Otro _____                                  |   |

## 13. ¿Cuántas personas viven en total en su casa (incluida la señora encuestada)? \_\_\_

## 14. ¿Cuál es el material de construcción más utilizado en las paredes de su vivienda?

- Adobe/Tapial       Tabique/Quinche       Piedra       Caña/Palmar/Tronco  
 Madera       Ladrillo/Bloque de cemento/Hormigón       Otro \_\_\_\_\_

## 15. ¿Tiene en su vivienda electricidad?

- Si       No

## 16. ¿Tiene letrina en su vivienda?

- Si       No

## 17. En su casa, ¿Dónde se toma el agua de beber?

- Red por cañería       Pileta pública       Pozo de la comunidad       Pozo propio  
 Lago, laguna o curiche       Río       Carro repartidor (aguatero)       Otros \_\_\_\_\_

## 18. ¿Se utiliza en su casa esa misma agua para el uso en la cocina (lavado y cocinado de alimentos)?

- Si       No

## 19. ¿En su casa se realiza algún tratamiento al agua que utiliza para beber o cocinar?

- Si       No  
 Hervirla       Usa gotas de lejía o clorante       pastillas       potabilizadoras

Otros \_\_\_\_\_

## 20. ¿Dónde se baña usted?

- Río       Grifo       Pileta publica       Otros \_\_\_\_\_

## 21. ¿Cuántas veces a la semana se baña usted?

- Ni una vez       Una vez       2 a 3 veces       Más de 3 veces

↳ 21.1 ¿Cuántas veces al mes?

- Ni una vez       Una vez       2 a 3 veces       Más de 3 veces



**22. Hábito tabáquico**

- Nunca ha fumado
- Ex-fumadora → Dejo de fumar hace \_\_\_ meses // \_\_\_ años
- Fuma actualmente

**23. ¿Consume habitualmente alcohol?**

- Sí  No

**2ª PARTE: ESTADO DE SALUD**

---

**EXPLORACIÓN FÍSICA:**

24. Peso \_\_\_\_\_ kg

24b. Talla \_\_\_\_\_ cm

**PERCEPCIÓN DEL ESTADO DE SALUD:****25. En general, usted diría que su salud es:**

- Excelente  Muy buena  Buena  Regular  Mala

**26. Las siguientes preguntas se refieren a actividades o cosas que usted podría hacer en un día normal. Su salud actual, ¿le limita para hacer esas actividades o cosas? Si es así, ¿cuánto?**

Esfuerzos moderados, como mover cosas, o caminar más de 1 hora

- Sí, me limita mucho  Sí, me limita un poco  No, no me limita nada

**27. Durante las 4 últimas semanas, ¿ha tenido alguno de los siguientes problemas en su trabajo o en sus actividades cotidianas, a causa de su salud física?**27.1 ¿Hizo menos de lo que hubiera querido hacer?  Sí  No27.2 ¿Tuvo que dejar de hacer algunas tareas en su trabajo o en sus actividades cotidianas?  Sí  No**28. Durante las 4 últimas semanas, ¿ha tenido alguno de los siguientes problemas en su trabajo o en sus actividades cotidianas, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimida, o nerviosa)?**28.1 ¿Hizo menos de lo que hubiera querido hacer, por algún problema emocional?  Sí  No28.2 ¿No hizo su trabajo o sus actividades cotidianas tan cuidadosamente que de costumbre, por algún problema emocional?  Sí  No**29. Durante las 4 últimas semanas ¿Hasta que punto el dolor le ha dificultado su trabajo habitual (Trabajo fuera de casa o tareas de la casa)**

- Nada  Un poco  Regular  Bastante  Mucho

30. Las preguntas que siguen se refieren a cómo se ha sentido y cómo le han ido las cosas durante las 4 últimas semanas. (En cada pregunta responda lo que se parezca más a cómo se ha sentido usted).

Durante las últimas 4 semanas ¿cuánto tiempo...

	Siempre	Casi siempre	Muchas veces	Algunas veces	Sólo alguna vez	Nunca
→ 30.1 ¿se sintió calmada y tranquila?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
→ 30.2 ¿Tuvo mucha energía?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
→ 30.3 ¿Se sintió desanimada y triste?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

31. Durante las 4 últimas semanas, ¿con qué frecuencia la salud física o los problemas emocionales le han dificultado sus actividades sociales (como visitar a los amigos o familiares)?

- Siempre                       Casi Siempre                       Algunas veces  
 Sólo alguna vez                       Nunca

**SINTOMATOLOGÍA:**

32. Ha tenido alguno de estos síntomas

Por favor indique SI en caso de haber sufrido alguno de los siguientes síntomas o indique NO en caso negativo.

	DOS ÚLTIMAS SEMANAS	DOCE ÚLTIMOS MESES
<b>Generales</b>		
Fiebre		
Dolor de Cabeza		
Ojos rojos		
Dolor de ojos		
Dolor de oídos		
Cansancio		
Orina con frecuencia		
Mareos		
Debilidad		
<b>Respiratorios</b>		
Escozor de la nariz		
Tos		
Asma		
Dolor de pecho		
Dificultad al respirar		
Dolor de garganta		
<b>Digestivos</b>		
Nauseas		
Vómito		
Diarrea		
Dolor de estomago		
Perdida de apetito		
<b>Piel</b>		
Piel roja		
Hongos		

Ampollas		
Picores		
Erupción		
<b>Muscoesqueléticos</b>		
Dolor de cuerpo		
Dolor de articulaciones		
Calambres		
<b>Sistema nervioso</b>		
Se siente mas nervioso de lo normal		
Problemas para dormir		
Depresión (Tristeza)		
Cambios de humor		
<b>Otros</b>		
Otros síntomas (especifique)		

**HISTORIAL MÉDICO:**

Por favor indique la respuesta que mejor represente su opinión. Las siguientes preguntas sobre su estado de salud tienen respuesta SI en caso afirmativo y No en caso negativo

33. ¿Ha estado usted enferma en la cama en las últimas cuatro semanas?

Si  No

34. ¿Ha sido atendida por un doctor/promotor de salud en las últimas cuatro semanas?

Si  No

35. ¿Ha sido atendida por un curandero en las últimas cuatro semanas?

Si  No

36. ¿Ha tomado algún medicamento recetado por algún doctor, promotor de salud o en la farmacia en las últimas cuatro semanas?

Si  No

37. ¿Ha estado hospitalizada en los últimos doce meses?

Si  No

38. ¿Ha habido alguna muerte en su casa en los últimos doce meses?

Si  No

↳ 38.1 ¿Qué edad tenía el fallecido/s? (Señalar el número de fallecidos en caso de haber más de uno?)

Menos de 5 años \_\_\_ De 6-15 años \_\_\_ Más de 15 años \_\_\_

**Causa de la muerte**

Menos de 5 años: \_\_\_\_\_

De 6 a 15 años: \_\_\_\_\_

Más de 15 años: \_\_\_\_\_

### 3a PARTE: EPISODIOS DE EMBARAZO

39. En total ¿Cuántas veces se ha quedado embarazada? \_\_ \_\_

→ Si la respuesta es 0. La encuesta ha finalizado.

→ Si la respuesta es 1 o más, pasar a la pregunta 40

40. ¿Qué edad tenía en su primer embarazo? \_\_ \_\_

41. En total ¿Cuántos hijos e hijas nacidos vivos ha tenido? \_\_ \_\_

42. ¿Está embarazada en este momento?

Sí  No

↳ 42.1 ¿De cuantos meses? \_\_ \_\_

43. ¿Ha tenido alguna vez problemas para quedarse embarazada?

Sí  No

↳ 43.1 ¿Consultó al doctor por ello?

Sí  No

↳ 43.2 ¿Recibió tratamiento para ese problema?

Sí  No

44. ¿Ha tenido alguna vez en su vida un embarazo en el cual tuvo una pérdida o aborto?

Sí  No

↳ 44.1 ¿Cuántos? \_\_ \_\_

↳ 44.2 ¿Qué número de bebé fue? \_\_ \_\_

↳ 44.3 ¿Cuántos años tenía usted cuando le ocurrió la pérdida? \_\_ \_\_

↳ 44.4 ¿Sabe cual fue la causa de la pérdida? \_\_\_\_\_

45. Responda las preguntas para los tres primeros embarazos:

RESULTADO DEL EMBARAZO	PRIMER EMBARAZO	SEGUNDO EMBARAZO	TERCER EMBARAZO
¿Cuál fue el resultado de su embarazo?	<input type="checkbox"/> Nacido vivo <input type="checkbox"/> Aborto (pérdida) <input type="checkbox"/> Nacido muerto <input type="checkbox"/> Otro _____	<input type="checkbox"/> Nacido vivo <input type="checkbox"/> Aborto (pérdida) <input type="checkbox"/> Nacido muerto <input type="checkbox"/> Otro _____	<input type="checkbox"/> Nacido vivo <input type="checkbox"/> Aborto (pérdida) <input type="checkbox"/> Nacido muerto <input type="checkbox"/> Otro _____
¿Cuál fue el sexo?	<input type="checkbox"/> Femenino <input type="checkbox"/> Masculino	<input type="checkbox"/> Femenino <input type="checkbox"/> Masculino	<input type="checkbox"/> Femenino <input type="checkbox"/> Masculino
¿Hace cuantos años nació?			
¿Está el niño/niña vivo?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿Fue el embarazo confirmado por un doctor?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿Dónde dio a luz?	<input type="checkbox"/> En casa <input type="checkbox"/> Centro privado <input type="checkbox"/> Centro/Posta de salud <input type="checkbox"/> Hospital <input type="checkbox"/> Otro _____	<input type="checkbox"/> En casa <input type="checkbox"/> Centro privado <input type="checkbox"/> Centro/Posta de salud <input type="checkbox"/> Hospital <input type="checkbox"/> Otro _____	<input type="checkbox"/> En casa <input type="checkbox"/> Centro privado <input type="checkbox"/> Centro/Posta de salud <input type="checkbox"/> Hospital <input type="checkbox"/> Otro _____
¿Quién le atendió el parto?	<input type="checkbox"/> Médico <input type="checkbox"/> Enfermera <input type="checkbox"/> Partera <input type="checkbox"/> Usted misma <input type="checkbox"/> Familiar <input type="checkbox"/> Otro _____	<input type="checkbox"/> Médico <input type="checkbox"/> Enfermera <input type="checkbox"/> Partera <input type="checkbox"/> Usted misma <input type="checkbox"/> Familiar <input type="checkbox"/> Otro _____	<input type="checkbox"/> Médico <input type="checkbox"/> Enfermera <input type="checkbox"/> Partera <input type="checkbox"/> Usted misma <input type="checkbox"/> Familiar <input type="checkbox"/> Otro _____

¿Tuvo el niño/a algún defecto al nacer?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NO SÉ	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NO SÉ	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NO SÉ
¿Fumó usted durante el embarazo?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿Bebió usted alcohol durante el embarazo?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿Tuvo alguna enfermedad durante el embarazo?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿Tomó alguna medicina durante el embarazo?	<input type="checkbox"/> SI ¿Cuál? _____ <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI ¿Cuál? _____ <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI ¿Cuál? _____ <input type="checkbox"/> NO
¿Estaba usted usando algún método de planificación familiar cuando quedó embarazada?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> T de cobre <input type="checkbox"/> Píldora <input type="checkbox"/> Otro _____ <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> T de cobre <input type="checkbox"/> Píldora <input type="checkbox"/> Otro _____ <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> T de cobre <input type="checkbox"/> Píldora <input type="checkbox"/> Otro _____ <input type="checkbox"/> NO

46. ¿Ha tenido alguna vez una interrupción del embarazo (terminación médica)?

Si                       No

FECHA DEL EMBARAZO	SEMANAS DEL EMBARAZO	RAZONES PARA LA TERMINACIÓN

