

## **Distribución geográfica de la epidemia de cólera en Perú durante el evento climático de El Niño, 1997-1998: determinación de áreas de riesgo**

**René Borroto.**  
**Departamento de Medio Ambiente.**  
**Instituto de Geografía Tropical, Cuba.**  
**Calle 11 número 514 entre D y E,**  
**Vedado, CP 10400, La Habana, Cuba.**  
**Fax: (537 333109)**  
**Correo: reneborroto@yahoo.com**  
**Ramon Martinez-Piedra.**  
**Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí.**  
**Carretera Novia del Mediodía, La Habana, Cuba**

### **Resumen.**

El evento climático El Niño de 1997-1998 afectó severamente al Perú y causó una gran epidemia de cólera. El objetivo de este trabajo fue conocer los patrones de distribución geográfica de los brotes de cólera reportados durante 1998, con el propósito de definir territorios de alto riesgo de incidencia de esta enfermedad. Se realizó una investigación con diseño ecológico basada en la cartografía de la incidencia. Los 24 departamentos del Perú fueron agrupados en tres niveles de acuerdo con el valor de la tasa de incidencia acumulada del cólera durante 1998. Se realizaron análisis de doble estratificación para computar las razones de tasas a nivel de estratos departamentales clasificados según ubicación geográfica y nivel de pobreza. La incidencia fue 2.56 veces mayor en departamentos costeros que en departamentos interiores (Intervalo de confianza del 95 % = 2.5 - 2.62). Sorprende el hecho de que el estrato de departamentos más pobres, formado por la población residente en territorios montañosos andinos mostró la más baja tasa de incidencia, un 37 % inferior a la tasa del estrato de departamentos menos pobres (Razón de tasas = 0.63; I.C. del 95 % = 0.58-0.68). Dentro del estrato de departamentos costeros, se detectó un gradiente geográfico, con tasas de incidencia más altas en los departamentos norteños, los que fueron más afectados por las lluvias e inundaciones provocadas por El Niño (Chi - cuadrado del tendencia lineal = 11 866, P = 0.000001). También se detectó auto-correlación espacial positiva y con significación estadística (I de Moran = .183; z = 1.87; p = .03), lo que prueba la existencia de un cluster de tasas altas en departamentos costeros. Estas regularidades son similares a las reportadas durante las epidemias de cólera de los años 1991 y 1992, también asociadas al fenómeno El Niño. Se concluye que los residentes de departamentos costeros del Perú enfrentan el mayor riesgo de incidencia de esta enfermedad, Este riesgo incluye no solo a los más pobres, sino también aquellos clasificados como no pobres cuyos sistemas de disposición de excretas y de distribución de agua potable son afectados por las inundaciones causadas por El Niño. Se argumenta la hipótesis de que el ambiente natural de llanuras costeras ha desempeñado un importante papel en la incidencia del cólera en Perú. Se recomienda que las comunidades costeras, especialmente en los departamentos norteños de Tumbes y Piura, así como en Lima-Callao, deberían recibir la máxima prioridad de las inversiones en sistemas para el abasto de agua y la disposición adecuada de excretas y de las acciones dirigidas a la vigilancia del *Vibrio cholerae* serogrupo O1 en ambientes acuáticos y la búsqueda activa de casos de cólera.

Presentación oral

Tópico: Geografía Médica o de la Salud

## Introducción

América Latina ha sido afectada por la séptima pandemia del cólera desde enero de 1991, cuando se notificó un brote en Chimbote, un importante puerto del Perú. La epidemia se difundió rápidamente, primero en la costa peruana y posteriormente en la región montañosa andina y en la jungla amazónica. La incidencia del cólera alcanzó un máximo en 1991, cuando se notificaron 322 562 casos,<sup>1</sup> y posteriormente comenzó a descender, alcanzando un mínimo de 4 518 casos en 1996 y 4 700 en 1997.<sup>1</sup> La enfermedad re-emergió en 1998, con un incremento del 800 % en el número de casos con respecto a 1997.

Se ha planteado que el evento climático El Niño influyó significativamente en los brotes de cólera de 1991.<sup>2</sup> Las cálidas temperaturas del mar generadas por El Niño en la costa son responsables de los brotes del plancton, especialmente en aguas con altos niveles de nutrientes procedentes del drenaje natural y de los vertimientos de alcantarillado. Estos brotes de plancton pueden favorecer la multiplicación de *Vibrio cholerae* O1 toxígeno en el ambiente, en asociación con especies de plancton.<sup>3</sup> El agente patógeno es ingerido por peces, moluscos y crustáceos que se alimentan del plancton, entrando de esa forma en la cadena alimentaria de la población peruana que consume alimentos marinos capturados en su extensa región costera.

La re-emergencia del cólera en Perú en 1998 también ha sido asociada al evento El Niño.<sup>4</sup> Intensas precipitaciones ocurrieron desde diciembre de 1997 hasta mayo de 1998, causando severas inundaciones que destruyeron carreteras y puentes. Muchos asentamientos quedaron aislados. En varias ciudades, los sistemas de abasto de agua y de alcantarillado fueron dañados, lo que elevó la probabilidad de ocurrencia de enfermedades debido a que la población tuvo que acudir a fuentes de abasto de agua contaminadas. En estas circunstancias estallaron brotes de cólera.

El evento El Niño de 1998 mostró un claro patrón geográfico, con mayor incidencia en territorios costeros del norte del país.<sup>5</sup> Sin embargo, se conoce muy poco acerca del patrón de distribución geográfica del cólera durante esa epidemia. Este trabajo presenta una investigación con diseño ecológico basada en la cartografía de la incidencia del cólera.<sup>6</sup> El objetivo es conocer los patrones de distribución geográfica del cólera en 1998. Este conocimiento es necesario dado el carácter cíclico de esta anomalía climática, que reaparece con una frecuencia de entre 3 y 7 años. También es esencial identificar territorios con alto riesgo de incidencia del cólera para establecer las prioridades de inversión de recursos humanos, materiales y financieros dirigidos a la prevención y mitigación de los efectos de estos desastres.<sup>5</sup> De hecho, la determinación de áreas de riesgo de cólera es un importante objetivo de las autoridades sanitarias del Perú.

## Métodos

### *Definición de caso de cólera*

La vigilancia del cólera en Perú se ha basado en el reconocimiento clínico. Un caso de cólera es una persona que se presenta a un centro asistencial con un brote súbito de diarrea líquida.

### *Análisis geográfico y estadístico*

Se calcularon tasas de incidencia acumulada de cólera para cada departamento del Perú, tomando en cuenta todos los casos reportados en 1998. La fuente de datos de incidencia fue el Ministerio de Salud. La base de datos poblacional se obtuvo del Instituto Nacional de Estadísticas e Informática.

Los departamentos fueron clasificados en tres intervalos de tasas de incidencia utilizando el método de rompimiento natural disponible en el Sistema de Información Geográfica (SIG) *Mapinfo*

versión 5.5. Las tasas de incidencia fueron cartografiadas utilizando ese SIG, utilizando el método del cartograma.

Se calculó el estadígrafo de auto-correlación espacial I de Moran<sup>7</sup> utilizando el programa *SIGePi* versión 2.0. El objetivo fue verificar la presencia de clusters de departamentos con tasas de incidencia similares. Para el cálculo de la I de Moran la función de peso espacial utilizada se basó en el peso de la longitud del borde común entre departamentos con relación a la longitud de su frontera total, bajo el supuesto de que los departamentos que comparten mayor longitud de frontera común están más interconectados.<sup>7</sup>

Se calcularon tasas de incidencia de cólera según estratos de departamentos costeros o interiores (Anexo 1) y la razón de tasas entre ambos, tomando como referencia al estrato de departamentos interiores.

Se definió un índice compuesto de pobreza (ICP) para cada departamento, basado en tres variables: (1) la tasa de analfabetismo entre personas de 15 y más años de edad (en %); (2) viviendas sin conexión al servicio de acueducto (en % del total de viviendas); (3) viviendas sin conexión al alcantarillado o a foso séptico (en % del total de viviendas). Esta información se refiere al año 1998 y se obtuvo de las bases de datos del Instituto Nacional de Estadísticas e Informática del Perú. Cada una de estas variables fue estandarizada, tomando media cero y desviación standard igual a la unidad. El ICP de cada departamento se obtuvo mediante la suma algebraica de los valores estandarizados de las tres variables. Los valores del ICP fueron graficados en un histograma de frecuencia para clasificar los departamentos en cuatro niveles de pobreza: I. muy alta, II. alta, III. Media, y IV. baja (Anexo 2). Se computaron razones de tasas para los estratos I, II y III, tomando como referencia al estrato IV, el de menor pobreza.

Mediante análisis de doble estratificación se determinaron razones de tasas para departamentos costero con relación a la tasa de los departamentos interiores en cada uno de los estratos de pobreza. El objetivo de este análisis fue explorar si permanecía la asociación entre la incidencia y la situación geográfica de los departamentos controlando el efecto de la variable pobreza.

Se calcularon intervalos de confianza del 95 % para las razones de tasas así como el estadígrafo de la chi cuadrado de tendencia lineal, utilizando el programa *Epilnfo* versión 6.03.

## Resultados

Se detecta auto-correlación espacial positiva con significación ( I de Moran = .183,  $z = 1.87$ ,  $P = .03$ ). Ello refleja la presencia de un cluster de departamentos costeros con mayores tasa de incidencia, particularmente hacia el norte (Figura 1).

La incidencia del cólera fue 2.5 veces mayor en el estrato de departamentos costeros que en el de los interiores (tabla 1). El estrato medio de pobreza mostró la mayor tasa de incidencia, mientras que el estrato de muy alta pobreza mostró la tasas más baja (tabla 2). Dicho estrato esta integrado por departamentos interiores situados en la región andina (Huancavelica, Ayacucho, Apurimac, Cajamarca, Huanuco y Puno).

En los estratos de pobreza media y alta, la tasa de incidencia fue mayor en los departamentos costeros que en los interiores (tabla 3). No fue posible realizar análisis de doble estratificación en los estratos de pobreza I y IV, debido a que ningún departamento costero clasifica entre los de mayor pobreza y ninguno interior en el estrato de menor pobreza. Sin embargo, resalta que la tasa de incidencia en el estrato de departamentos costeros con bajo nivel de pobreza fue 3.9 veces mayor que la tasa del estrato de departamentos interiores con muy alto nivel de pobreza (139.1 casos/100 000 en el primero y 35 casos/100 000 en el segundo) (tabla 3). Se observó un gradiente geográfico

en el estrato de departamentos costeros, con mayor incidencia en el norte y menor en el sur (chi cuadrado de tendencia lineal = 11 866, P= .000001).

Tabla 1 Tasa de incidencia de cólera y razón de tasas según estratos de departamentos clasificados por su situación geográfica, Perú, 1998.

| Situación geográfica | Casos de cólera <sup>a</sup> | Población <sup>b</sup> | Tasa (por 100 000) | Razón de tasas (I.C. 95%) |
|----------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|---------------------------|
| Costero              | 33 341                       | 14 664 573             | 227                | 2.56 (2.5-2.62)           |
| Interior             | 8 472                        | 8 840 814              | 86.1               | Referencia                |

<sup>a</sup>Fuente de datos sobre casos de cólera: Ministerio de Salud, Perú

<sup>b</sup>Fuente de datos sobre población departamental: Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, Perú

Tabla 2 Tasa de incidencia de cólera y razón de tasas según estratos de departamentos clasificados por su nivel de pobreza, Perú, 1998.

| Estrato de Pobreza              | Casos de cólera <sup>a</sup> | Población <sup>b</sup> | Tasa (por 100 000) | Razón de tasas (I.C. 95%) |
|---------------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|---------------------------|
| Muy alta-I<br>(-4.94<ICP<-3.46) | 839                          | 2 396 611              | 35                 | .25 (.23 - .27)           |
| Alta-II<br>(-2.86<ICP<-1.97)    | 4 665                        | 3 260 290              | 143.1              | 1.03 (.99 - 1.06)         |
| Media-III<br>(-1.61<ICP<.71)    | 21 440                       | 6 645 277              | 322.6              | 2.32 (2.27 - 2.37)        |
| Baja-IV<br>(1.74<ICP<3.26)      | 13 370                       | 9 608 477              | 139.1              | Referencia                |

<sup>a</sup>Fuente de datos sobre casos de cólera: Ministerio de Salud, Perú

<sup>b</sup>Fuente de datos sobre población departamental: Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, Perú

Tabla 3 Tasa de incidencia de cólera y razón de tasas según estratos de departamentos clasificados por su situación geográfica y nivel de pobreza, Perú, 1998.

| Estrato de Pobreza              | Situación geográfica | Casos de cólera <sup>a</sup> | Población <sup>b</sup> | Tasa (por 100 000) | Razón de tasas (I.C.95% ) |
|---------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|---------------------------|
| Muy alta-I<br>(-4.94<ICP<-3.46) | Costero              | 0                            | 0                      | 0                  | ----                      |
|                                 | Interior             | 839                          | 2 396 611              | 35                 | Referencia                |
| Alta-II<br>(-2.86<ICP<-1.97)    | Costero              | 2444                         | 1 015 454              | 240.7              | 2.43 (2.3 - 2.58)         |
|                                 | Interior             | 2221                         | 2 244 836              | 98.9               | Referencia                |
| Medio-III<br>(-1.61<ICP<.71)    | Costero              | 17 527                       | 4 040 642              | 433.8              | 2.89 (2.79 - 2.99)        |
|                                 | Interior             | 3913                         | 2 604 585              | 150.2              | Referencia                |
| Bajo-IV<br>(1.74<ICP<3.26)      | Costero              | 13 370                       | 9 608 477              | 139.1              | ----                      |
|                                 | Interior             | 0                            | 0                      | 0                  | Referencia                |

<sup>a</sup>Fuente de datos sobre casos de cólera: Ministerio de Salud, Perú

<sup>b</sup>Fuente de datos sobre población departamental: Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, Perú

## Discusión

Los brotes de cólera de 1998 se extendieron a todos los departamentos peruanos, aunque los costeros fueron los más afectados. La epidemia de 1991, que también estuvo asociada a un evento El Niño, mostró un patrón geográfico similar.<sup>8</sup> El cólera también ha predominado en áreas costeras de muchas naciones, tanto en vías de desarrollo como desarrolladas. Se ha reportado cólera endémico en los deltas de los ríos Ganges y Meghna en Bangladesh,<sup>9</sup> e Irrawaddy y Salween en Myanmar,<sup>10</sup> así como en zonas costeras de África<sup>11</sup> e Indonesia.<sup>12</sup> También han sido notificados focos endémicos en la isla de Cerdeña, Italia,<sup>13</sup> y en los Estados Unidos de América en la costa del Golfo de México.<sup>14</sup> Las tasas de incidencia han sido más altas en territorios administrativos costeros que en territorios interiores de Filipinas,<sup>15-17</sup> Malasia,<sup>18</sup> Indonesia (provincia de Aceh),<sup>19</sup> Taiwan,<sup>20</sup> Italia,<sup>21</sup> Portugal,<sup>22</sup> Ecuador,<sup>23</sup> Colombia,<sup>24</sup> México,<sup>25</sup> Brasil,<sup>26</sup> y Guatemala.<sup>26</sup> Este patrón geográfico del cólera depende notablemente de factores ecológicos que desempeñan un significativo papel en la supervivencia de *V. cholerae* O1 toxígeno en ambientes acuáticos de llanuras costeras bajas.<sup>3,12</sup> Sin embargo, el cólera también ha golpeado a países sin costas Chad,<sup>27</sup> Mali,<sup>28</sup> Burundi,<sup>29</sup> y Bolivia.<sup>1</sup>

Se conoce que el cólera afecta fundamentalmente a los estratos más pobres de la población, particularmente aquellos sin acceso a servicios de abasto de agua y de disposición adecuada de excretas. Por tanto, es de esperar que los territorios con mayores niveles de pobreza sean los más afectados por este flagelo. Sin embargo, la epidemia inducida por El Niño en Perú durante 1998 es una excepción. Las tasas de incidencia tendieron a ser más altas en los departamentos costeros menos afectados por la pobreza y en el departamento amazónico de Loreto que en los muy pobres departamentos andinos.

Son varias las razones que pudieran explicar este patrón geográfico. Las intensas precipitaciones causadas por El Niño fueron más copiosas y severas en las regiones costeras, particularmente en el norte, lo que parece haberse reflejado en el gradiente norte/sur de la tasa de incidencia en departamentos costeros. Como resultado de las precipitaciones y de los deslizamientos de tierra, muchos ríos que fluyen desde Los Andes incrementaron su caudal, generando crecidas, desbordamientos e inundaciones en diferentes ciudades y pueblos de la región costera. Las crecidas dañaron o destruyeron muchos acueductos y plantas de tratamiento de aguas. Muchos pozos cuyas aguas eran extraídas para beber fueron contaminados por aguas que podrían albergar vibriones coléricos.<sup>30</sup> La propagación del agente patógeno por vía hídrica había sido identificada como la más importante ruta de transmisión de esta enfermedad en Perú durante las epidemias de 1991 y 1992.<sup>31,32</sup> Los desastres de 1998 golpearon, no solo a la población más empobrecida, sino también a muchos que no clasifican como pobres pero que estuvieron masivamente expuestos a las aguas contaminadas por el vibrión en departamentos costeros y amazónicos. Además, en Perú, las aguas albañales no tratadas son descargadas usualmente en ríos que transportan los contaminantes hacia territorios situados en cotas más bajas. Por consiguiente, la población que reside en esos territorios y que dependen de esas aguas para beber y otros propósitos (y que usualmente no pueden o no quieren hervir el agua) están probablemente expuestos a mayores dosis del agente que los residentes en cotas más altas.

Existen otros factores ecológicos que pudieran haber favorecido la supervivencia y multiplicación de *V. cholerae* O1 toxígeno en ambientes acuáticos de la región costera peruana. La temperatura óptima para la multiplicación de *V. cholerae* O1 fluctúa entre 30 y 37 grados Celsius.<sup>33,34</sup> El crecimiento se inhibe por debajo de los 15 grados. Las aguas de ríos, lagos y embalses situados en llanuras bajas costeras son más cálidas que en similares cuerpos de agua situados en la región montañosa de Los Andes. En busca de reservorios acuáticos de *V. cholerae* O1 en 1991, Tamplin y Carrillo tomaron muestras en cuerpos de agua de cuatro sitios: la costa del océano Pacífico, el río Rimac, cercano a la ciudad de Lima, capital del país, a pocos metros sobre el nivel del mar, el río Amazonas en la región del bosque tropical lluvioso, y el lago Titicaca en Los Andes, a más de 3 000 metros sobre el nivel del mar.<sup>35</sup> *V. cholerae* O1 fue aislado más frecuentemente y en mayor número de las aguas más cálidas de los ríos Rimac y Amazonas que de las más frías del lago Titicaca (12°C).

Los nutrientes y la materia orgánica que requiere el patógeno para su metabolismo están más disponibles en cuerpos de agua de la región costera, debido a que esas sustancias son transportadas corriente abajo. Además, *V. cholerae* es altamente susceptible a la radiación ultravioleta.<sup>36</sup> La menor turbidez atmosférica prevaleciente a mayor altitud permite el arribo de mayores niveles de radiación ultravioleta a la superficie en regiones montañosas que en llanuras bajas.

Las aguas más cálidas que predominan durante el evento El Niño frente a las costas peruanas proporcionan mejores condiciones ecológicas para el crecimiento de cianofíceas y clorofíceas en aguas costeras, debido a que la temperatura óptima para estas microalgas oscila entre 25 y 35 grados Celsius.<sup>37</sup> *V. cholerae* O1 toxígeno puede sobrevivir y multiplicarse en asociación con estas especies de fitoplancton<sup>38</sup> y copépodos zooplanctónicos<sup>39</sup> en aguas con o sin contaminación fecal. *V. cholerae* también puede mantener altas dosis infectantes en ambientes de agua dulce asociándose a especies planctónicas. Por ejemplo, en un experimento en el laboratorio, Huq et al. observaron que *V. cholerae* O1 toxígeno puede alcanzar dosis infectantes en asociación con especies de copépodos planctónicos.<sup>39</sup> Esto sugiere la hipótesis de que el consumo de agua dulce superficial no tratada, no necesariamente contaminada con heces fecales humanas, pero que contienen dosis infectantes de *V. cholerae* O1 toxígeno asociado al plancton pudo haber sido una importante ruta de transmisión del cólera en departamentos costeros del Perú.

*V. cholerae* O1 requiere ión sodio (Na<sup>+</sup>) para propósitos metabólicos. El nivel óptimo de salinidad para la supervivencia de este microbio es de 20 partes por 1 000,<sup>34</sup> valor típico en ambientes

estuarinos. Actualmente se afirma que este patógeno es un miembro autóctono de la flora microbiana de estuarios y humedales costeros.<sup>3</sup> En los ambientes estuarinos de las costas del Perú abundan las especies de peces, moluscos y crustáceos.<sup>40</sup> Muchas de estas especies podrían haber sido contaminadas con vibriones coléricos presentes en el plancton que es un elemento esencial en la cadena alimentaria de la macrofauna acuática. Los productos marinos son importantes fuentes de ingresos para muchas comunidades que residen en zonas costeras, además de ser componentes esenciales de su dieta nutricional. El consumo de peces, moluscos y crustáceos –ya sea crudos o insuficientemente cocidos- pudieron ser importantes fuentes de infección y rutas de transmisión del cólera en ese país. Se sugiere la hipótesis de que los residentes en territorios costeros, quienes tienden a consumir mayor cantidad de productos de origen marino que los residentes en territorios montañosos e interiores, son los más afectados por esta ruta de transmisión, contribuyendo así a la mayor incidencia observada en departamentos costeros.

### *Limitaciones de esta investigación*

1. En Perú, la definición de caso clínico de cólera no ha sido 100 % específica,<sup>31,32,41</sup> particularmente entre niños menores de cinco años de edad, quienes sufren de diarrea producidas por otros patógenos. Sin embargo, los muestreos microbiológicos realizados durante las epidemias de 1991 y 1992 sugieren que el gran número de casos de cólera reportados en Perú fueron representativos de la magnitud de la epidemia.<sup>31,32,41</sup> Una muestra de pacientes hospitalizados por padecer diarreas y cuyas heces fecales fueron tomadas para buscar la presencia de vibriones coléricos comprobó que en el 79 % de los adultos y el 86 % de los niños menores de cinco años de edad estaba presente *V. cholerae* O1 toxígeno.<sup>32</sup> Otra investigación encontró que de 197 pacientes que solicitaron tratamiento en centros asistenciales en Trujillo, la segunda ciudad más populosa del Perú, 174 (88%) presentaba *V. cholerae* O1 en sus heces.<sup>41</sup> Los autores concluyeron que la definición de caso clínico era altamente predictiva. El número de personas enfermas de cólera pudo haber sido incluso mayor que lo notificado, debido a que muchas personas con síntomas moderados usualmente no acudían a los centros asistenciales a buscar tratamientos. En un muestreo probabilístico realizado durante 1991 en la ciudad de Lima y en la sub-región de Luciano Castillo, situada en la región de Grau se determinó que el 54.5 y el 24.1 % respectivamente de las personas que respondieron y que tenían síntomas que hacían sospechar a los médicos que estaban siendo afectados por el cólera rechazaban la idea de que estaban enfermos.<sup>42</sup> Los autores sugirieron que estas personas se negaban a reconocerse a sí mismas como enfermos de cólera, probablemente porque asociaban la enfermedad con el estigma de ser pobre y sucio, idea transmitida por los medios masivos de comunicación.

2. Los resultados del análisis de auto-correlación espacial deben ser interpretados con cautela por las razones siguientes. Primero, los departamentos peruanos tienen diferente extensión y perímetro, lo cual limita la escala de los patrones espaciales que pueden ser detectados. Segundo, el número de unidades espaciales incluidas en esta investigación fue 24, cifra relativamente pequeña para este tipo de análisis.<sup>7</sup>

3. Algunas regiones interiores montañosas de departamentos costeros tienen paisajes geográficos típicos de las regiones montañosas que de llanuras costeras. Por otra parte, la variable pobreza no presenta a nivel intra-departamental un comportamiento homogéneo. Por tanto, las correlaciones ecológicas observadas entre niveles de pobreza, situación geográfica de los departamentos y tasas de incidencia del cólera pudieran estar afectadas por problemas de falacia ecológica.<sup>43,44</sup>

4. Las áreas de alto riesgo de incidencia del cólera identificada en este estudio son territorios extensos definidos por límites político-administrativos, es decir, los departamentos. En futuros estudios la resolución espacial debería mejorarse la resolución espacial, incluyendo variables del ambiente natural que permitirían la estratificación de los departamentos según paisajes geográficos, cada uno de los cuales puede representar un nivel diferente de riesgo (por ejemplo, montañas y

alturas, llanuras pre-montañas, llanuras bajas costeras). Los Sistemas de Información Geográfica pueden ser herramientas útiles para estas investigaciones.<sup>45</sup>

Los modelos de pronósticos disponibles actualmente permiten pronosticar el inicio de un fenómeno El Niño con varios meses de antelación,<sup>5</sup> lo que posibilita disponer de más tiempo para ejecutar tareas de prevención y mitigación de desastres. Sin embargo, el monitoreo ambiental de este agente patógeno es también esencial. Se deben establecer estaciones de monitoreo en áreas costeras para la vigilancia de la frecuencia y densidad de *V. cholerae* utilizando las técnicas clásicas de cultivo, sino también métodos más sofisticados (por ejemplo, la epifluorescencia) que permitiría detectar al patógeno en estado viable no cultivable que este adopta para enfrentar situaciones de estrés ambiental.<sup>3</sup> Los sitios de las estaciones de monitoreo deberían localizarse en la costa del océano Pacífico, principalmente en el puerto del Callao (cercano a la ciudad de Lima, donde residen más de seis millones de personas) y en el área estuarina de la desembocadura de los ríos Tumbes y Piura en los departamentos más norteños del mismo nombre, que son los más afectados por el fenómeno El Niño. Las imágenes obtenidas por sensores remotos pueden ser utilizadas para medir las temperaturas de la superficie del mar y los brotes de plancton a los cuales se asocia *V. cholerae*.<sup>46</sup>

Una posible respuesta a las inundaciones sería la construcción de estructuras de protección y contención, como diques y muros, especialmente en llanuras costeras bajas. La construcción de sistemas de drenaje también mitigaría los efectos de las inundaciones.

Los asentamientos costeros deberán recibir la máxima prioridad de las inversiones de recursos humanos, materiales y financieros para la vigilancia, prevención y control de los brotes de cólera que puedan ser inducidos por este evento climático. Las inversiones deberían dirigirse a la reparación o construcción de plantas de tratamiento de aguas, acueductos, alcantarillados, tanques sépticos y letrinas sanitarias. La distribución centralizada de agua clorada pudiera garantizar una limitada protección contra la contaminación posterior del agua en las redes de acueductos, debido a que las roturas de las tuberías y las intermitencias del servicio de abasto pudieran favorecer el fenómeno de presión negativa que permitiría el ingreso al agua ya clorada de agentes patógenos procedentes de alcantarillados dañados o fosos sépticos desbordados. Por tanto, hasta que las redes de acueducto no sean reparadas se deberá garantizar la cloración por parte de la población en la propia vivienda donde reside y en el lugar donde labora. De no ser posible, sería recomendable que la población hierva el agua que va a beber.

## Referencias

<sup>1</sup> Organización Panamericana de la Salud. Situación del cólera en Las Américas. Reporte número 16. Washington D.C.: Organización Panamericana de la Salud, 1997 (Mimeo).

<sup>2</sup> Epstein P. Algal blooms in the spread and persistence of cholera. BioSystems. 1993; **31**: 209- 221.

<sup>3</sup> Colwell R R. Global climate and infectious disease: the cholera paradigm. Science 1996; **274** : 2025-2031.

<sup>4</sup> Speelman E C, Checkley W, Gilman R H, et al. Cholera incidence and El Niño-related higher ambient temperature. JAMA 2000; **283**: 338

<sup>5</sup> Centro Regional de Información de Desastres, Organización Panamericana de la Salud. What is El Niño? En: <http://www.disaster.info.desastres.net/crid/eng/index.htm>

<sup>6</sup> Morgenstern H. Uses of ecologic analysis in epidemiologic research. Am J Public Health 1982; **72**: 1336-1344.



- <sup>7</sup> Cliff A C, Ord J K. Spatial autocorrelation. London: Pion Limited, 1973.
- <sup>8</sup> Organización Panamericana de la Salud. Cólera en Las Américas. Actualización. Bol Epidemiol 1991; **12**: 1-4.
- <sup>9</sup> Glass R I, Becker S, Imdadul Huq M. Endemic cholera in rural Bangladesh, 1966-80. Am J Epidemiol 1982; **116**: 959-970.
- <sup>10</sup> Burrows W. Textbook of Microbiology. Philadelphia: Saunders, 1979.
- <sup>11</sup> World Health Organisation. Cholera today. A new look at an old disease. WHO Features 1987; **107**: 1-3.
- <sup>12</sup> Glass R I, Black R E. The epidemiology of cholera. En: Barua D, Greenough III W, eds. Cholera. New York: Plenum Medical Company; 1992: 129-154.
- <sup>13</sup> Salmaso S, Greco D, Bonglificio B, *et al*. Recurrence of pelecypod-associated cholera in Sardinia. Lancet 1980; **ii**: 1124-1127.
- <sup>14</sup> Blake P A. Cholera: a possible endemic focus in the United States. N Engl J Med 1980; **302**: 305-309.
- <sup>15</sup> Wallace C G, Fabie A E, Mangubat O, Velasco E, Junio C, Phillips R A. The 1961 cholera epidemic in Manila, Republic of the Philippines. Bull WHO 1964; **30**: 795-810.
- <sup>16</sup> Dizon J J, Alvero M G, Joseph P R, Tamayo J F, Mosley W H, Henderson D A. Studies of cholera El Tor in Negros Occidental Province, November 1961-September 1962. Bull WHO 1965; **33**: 627-36.
- <sup>17</sup> Joseph P R, Tamayo J F, Mosley W H, Alvero M G, Dizon J J, Henderson D A. Studies of cholera El Tor in the Philippines 2. A retrospective investigation of an explosive outbreak in Bacolod City and Talisay, November 1961. Bull WHO 1965; **33**: 637-644.
- <sup>18</sup> Chen P. Socio-cultural aspects of a cholera epidemic in Trengganu, Malaysia. Trop Geog Med 1971; **23**: 296-303.
- <sup>19</sup> Glass R I, Alim A R M A, Eusof A, *et al*. Cholera in Indonesia: epidemiologic studies of transmission in Aceh province. Am J Trop Med Hyg 1984; **33**: 933-939.
- <sup>20</sup> Hui Yen C. A recent study of cholera with reference to an outbreak in Taiwan in 1962. Bull WHO 1964; **30**: 811-825.
- <sup>21</sup> Baine W B, Mazzotti M, Greco D, *et al*. Epidemiology of cholera in Italy, 1973. Lancet 1974; **ii**: 1370-1374.
- <sup>22</sup> Blake P A, Rosenberg M L, Florencia J, Bandeira Costa J, Do Prado Quintino L, Gangarosa E. Cholera in Portugal, 1974. I. Modes of transmission. Am J Epidemiol 1977; **105**: 344-348.
- <sup>23</sup> Weil O, Berche P. The cholera epidemic in Ecuador: towards an endemic in Latin America. Rev Epidem et Santé Publ 1992; **40**: 145-155.
- <sup>24</sup> Borroto R J, Duarte E, Martinez-Piedra R. Geographical and statistical patterns of cholera. En: Barnett V, Stein A, Feridun Turkman K, eds. Statistics for the Environment 4: Pollution Assessment

and Control. Chichester: John Wiley and Sons Ltd, 1999: 61-70

- <sup>25</sup> Borroto R, Martinez-Piedra R. Geographical patterns of cholera in Mexico, 1991-1996. Int J Epidemiol 2000; **29**: 764-772
- <sup>26</sup> Borroto R. The neglected natural environment: should it be considered in cholera prevention and control programmes over the 21<sup>st</sup> century ? En: Raynal J, Nuckols J, Reyes R, Ward M, eds. Environmental Engineering and Health Sciences. 1<sup>st</sup> ed. Englewood: Water Resources Publications, LLC, 1998, p. 305-316.
- <sup>27</sup> Felix H. Le developement de l'epidemic de cholera en Afrique de l'Ouest. Bull Soc Pathol Exot 1971; **64**: 561-586.
- <sup>28</sup> Tauxe R V, Holmberg S D, Dodin A, Wells J V, Blake P A. Epidemic cholera in Mali: high mortality and multiple routes of transmission in a famine area. Epidemiol Infect 1988; **100**:279-289.
- <sup>29</sup> Birmingham M E, Lee L A, Ndayimirije, et al. Epidemic cholera in Burundi: patterns of transmission in the Great Rift Valley Lake region. Lancet 1997; **349**: 981-985
- <sup>30</sup> United Nations Office for the Co-ordination of Humanitarian Affairs. Peru El Niño floods. OCHA Situation Report number 7, 6 March 1998. En: <http://www.reliefweb.int/w/rwb.nsf/ByCountry/Peru>.
- <sup>31</sup> Swerdlow D L, Mintz E D, Rodriguez M, et al. Waterborne transmission of epidemic cholera in Trujillo, Peru: lessons for a continent at risk. Lancet 1992; **340**: 28-33
- <sup>32</sup> Ries A A, Vugia D J, Beingolea L, et al. Cholera in Piura, Peru: a modern urban epidemic. J Infect Dis 1992; **166**: 1429-1433
- <sup>33</sup> Singleton F, Attwell R, Jangi S, Colwell R R. Effects of temperature and salinity on Vibrio cholerae growth. Appl Environ Microbiol 1982; **44**: 1047-1058.
- <sup>34</sup> Miller C, Drasar B, Feachem R. Response of toxigenic Vibrio cholerae O1 to physico-chemical stress in aquatic environments. J Hyg 1984; **93**: 475-495.
- <sup>35</sup> Tamplin M, Carrillo C. Environmental spread of Vibrio cholerae in Peru [letter to the editor]. Lancet 1991; **338**: 1216-1217.
- <sup>36</sup> Tauxe R V, Blake P. Epidemic cholera in Latin America. JAMA 1992; **267**: 1388-1390.
- <sup>37</sup> ReVelle P, ReVelle C. The environment. Issues and choices for society. New York: D.Van Nostrand Company; 1981.
- <sup>38</sup> Sirajul Islam M, Drasar B S, Bradley Sack R. The aquatic flora and fauna as reservoirs of Vibrio cholerae: a review. J Diarrhoeal Dis Res 1994; **12**: 87-96.
- <sup>39</sup> Huq A, Chowdhury M A R, Islam M S, Montilla R, Colwell R R. A simple filtration method to remove plankton-associated Vibrio cholerae in raw water supplies in developing countries. Appl Environ Microbiol 1996; **62**: 2508-2512.
- <sup>40</sup> Olivar J, Gassos D. Atlas y Geografía del Perú. Barcelona: Lexus Editores; 1999.
- <sup>41</sup> Vugia D J, Rodriguez M, Vargas R, et al. Epidemic cholera in Trujillo, Peru 1992: utility of a clinical case definition and shift in Vibrio cholerae O1 serotype. Am J Trop Med Hyg 1994; **50**: 566-569

<sup>42</sup> Aguila R D, Benavides B, Jacoby E, Novara J. Reconocimiento de colera por personas asintomaticas despues del brote epidemico en las UDES Lima Sur y la Sub-region Luciano Castillo-Region Grau. Rev Peruana Epidemiol 1992; **5**: 5-9

<sup>43</sup> Greenland S, Morgenstern H. Ecological bias, confounding, and effect modification. Int J Epidemiol 1989; **18**: 269-274.

<sup>44</sup> Nurminen M. Linkage failures in ecological studies. Wld Hlth Statist Quart 1995; **48**: 78-84

<sup>45</sup> Vine M F, Degnan D, Hanchette C. Geographic Information Systems: their use in environmental epidemiologic research. Environ Health Perspect 1997; **105**: 598-605

<sup>46</sup> Lobitz B, Beck L, Huq A, et al. Climate and infectious diseases: Use of remote sensing for detection of Vibrio cholerae by indirect measurement. Proc Natl Acad Sci USA 2000; **97**: 1438-1443

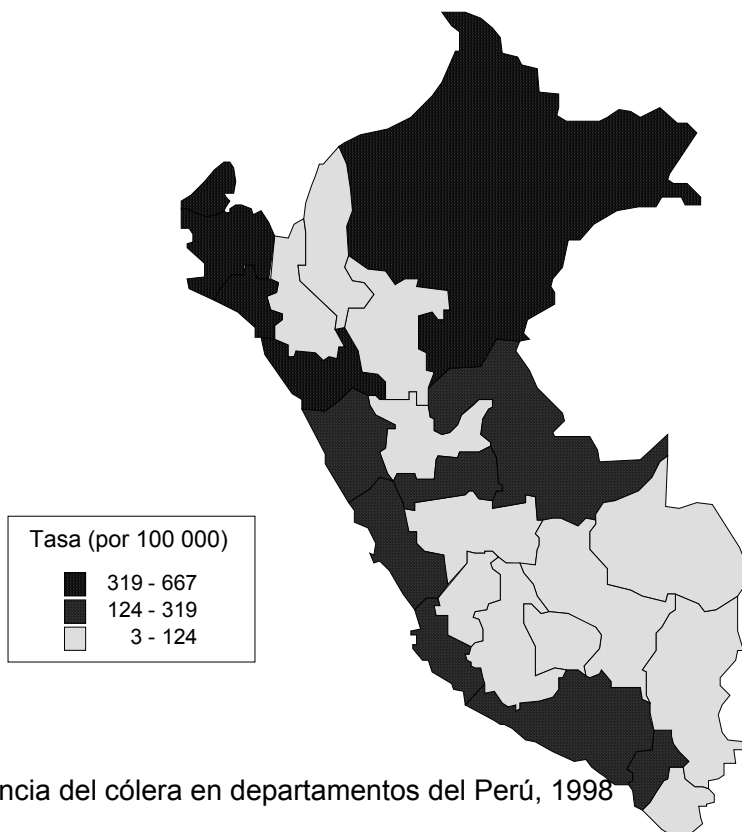


Figura 1. Incidencia del cólera en departamentos del Perú, 1998

**Anexo 1** Clasificación de departamentos del Perú según niveles de pobreza y situación geográfica.

| <b>Estrato de pobreza</b> | <b>Costero</b>  | <b>Interior</b>   |
|---------------------------|---|---|
| <b>Muy alta</b>           |   | Ayacucho (50.3) <sup>a</sup><br>Apurímac (4.4)<br>Cajamarca (94.6)<br>Huancavelica (23.4)<br>Huanuco (73.2)<br>Puno (4.2) |
| <b>Alta</b>               | Ancash (240.7)  | Pasco (133.4)<br>Ucayali (211.5)<br>Cusco (78.4)<br>Amazonas (45.7)<br>Madre de Dios (3.7)                                |
| <b>Media</b>              | Moquegua (241.2)<br>Ica (124)<br>Arequipa (149.4)<br>Tumbes (666.8)<br>Lambayeque (628.6)<br>La Libertad (380.7)<br>Piura (320.8) | Junín (84.6)<br>San Martín (58.9)<br>Loreto (319)   |
| <b>Baja</b>               | Lima-Callao (141.3)<br>Tacna (12.1)<br>Moquegua (241.2)<br>Ica (124)<br>Arequipa (149.4)  |   |

<sup>a</sup>Las tasas de incidencia acumulada de cólera durante 1998 de cada departamento aparecen entre paréntesis (casos por 100 000).

**Anexo 2** Índice Compuesto de Pobreza (ICP) en departamentos de Perú, 1998.

| Departamento                    | 1 <sup>a</sup> |                             | 2 <sup>b</sup> |                             | 3 <sup>c</sup> |                             | ICP <sup>d</sup> |
|---------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|------------------|
|                                 | Indicador      | Z <sub>1</sub> <sup>e</sup> | Indicador      | Z <sub>2</sub> <sup>e</sup> | Indicador      | Z <sub>3</sub> <sup>e</sup> |                  |
| <b>Estrato de pobreza baja</b>  |                |                             |                |                             |                |                             |                  |
| Lima-Callao                     | 95.9           | 0.84                        | 93.6           | 1.19                        | 73.8           | 1.23                        | 3.26             |
| Tacna                           | 92.6           | 0.52                        | 87             | 0.9                         | 74.8           | 1.27                        | 2.69             |
| Moquegua                        | 91.2           | 0.39                        | 79             | 0.54                        | 71.5           | 1.12                        | 2.05             |
| Arequipa                        | 92.4           | 0.5                         | 89.6           | 1.01                        | 56.4           | 0.45                        | 1.96             |
| Ica                             | 94.2           | 0.68                        | 81.6           | 0.66                        | 55.2           | 0.4                         | 1.74             |
| <b>Estrato de pobreza media</b> |                |                             |                |                             |                |                             |                  |
| Tumbes                          | 93.4           | 0.6                         | 75.1           | 0.37                        | 40.4           | -0.26                       | 0.71             |
| Lambayeque                      | 89             | 0.17                        | 72.6           | 0.26                        | 50.4           | 0.19                        | 0.62             |
| La Libertad                     | 87             | -0.02                       | 66             | -0.03                       | 49.1           | 0.13                        | 0.08             |
| Junin                           | 86.6           | -0.06                       | 69.4           | 0.12                        | 36.6           | -0.43                       | -0.37            |
| Piura                           | 83.7           | -0.34                       | 65.4           | -0.06                       | 37.9           | -0.37                       | -0.77            |
| Loreto                          | 89.2           | 0.19                        | 41.3           | -1.12                       | 32.8           | -0.6                        | -1.53            |
| San Martin                      | 87.5           | 0.03                        | 45             | -0.96                       | 31             | -0.68                       | -1.61            |
| <b>Estrato de pobreza alta</b>  |                |                             |                |                             |                |                             |                  |
| Madre de Dios                   | 92             | 0.47                        | 43.1           | -1.04                       | 14.6           | -1.4                        | -1.97            |
| Ancash                          | 78.9           | -0.81                       | 49.6           | -0.76                       | 36.5           | -0.43                       | -2               |
| Pasco                           | 84.7           | -0.24                       | 51.5           | -0.67                       | 21.3           | -1.11                       | -2.02            |
| Amazonas                        | 80.1           | -0.69                       | 54.3           | -0.55                       | 24.9           | -0.95                       | -2.19            |
| Ucayali                         | 90.4           | 0.31                        | 41.6           | -1.11                       | 11.4           | -1.55                       | -2.35            |
| Cuzco                           | 74.6           | -1.22                       | 45             | -0.96                       | 31             | -0.68                       | -2.86            |

**Anexo 2** Índice Compuesto de Pobreza (ICP) en departamentos de Perú, 1998 (cont).

| Departamento                       | 1 <sup>a</sup> |                             | 2 <sup>b</sup> |                             | 3 <sup>c</sup> |                             | ICP <sup>d</sup> |
|------------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|------------------|
|                                    | Indicador      | Z <sub>1</sub> <sup>e</sup> | Indicador      | Z <sub>2</sub> <sup>e</sup> | Indicador      | Z <sub>3</sub> <sup>e</sup> |                  |
| <b>Estrato de pobreza muy alta</b> |                |                             |                |                             |                |                             |                  |
| Huanuco                            | 75.3           | -1.16                       | 37             | -1.31                       | 24             | -0.99                       | -3.46            |
| Puno                               | 77.8           | -0.91                       | 29.4           | -1.65                       | 15.7           | -1.36                       | -3.92            |
| Ayacucho                           | 67.3           | -1.93                       | 47.6           | -0.85                       | 19.4           | -1.19                       | -3.97            |
| Cajamarca                          | 72.8           | -1.4                        | 25             | -1.85                       | 14             | -1.43                       | -4.68            |
| Apurimac                           | 63.1           | -2.34                       | 40.5           | -1.16                       | 17.6           | -1.27                       | -4.77            |
| Huancavelica                       | 65.9           | -2.07                       | 34.3           | -1.43                       | 13.8           | -1.44                       | -4.94            |
| <b>Perú</b>                        | <b>87.2</b>    | <b>0</b>                    | <b>66.7</b>    | <b>0</b>                    | <b>46.2</b>    | <b>0</b>                    | <b>0</b>         |

<sup>a</sup> Tasa de analfabetismo en personas de 15 y más años de edad (en % de la población total)

<sup>b</sup> Viviendas sin conexión al acueducto (en % del total de viviendas)

<sup>c</sup> Viviendas sin conexión al alcantarillado o foso séptico (en % del total de viviendas)

<sup>d</sup> ICP = (Z<sub>1</sub>+Z<sub>2</sub>+Z<sub>3</sub>)/3

<sup>e</sup> Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, y Z<sub>3</sub> son las variables 1, 2, y 3 expresadas en unidades de desviación standard