

# Influencia de factores climáticos sobre las enfermedades infecciosas.

Influence of climatic factors on infectious diseases.

HUARCAYA CASTILLA Erick \*, ROSSILEYVA, Fiorella\*, LLANOS-CUENTAS Alejandro \*\*

## SUMMARY

Several epidemiological evidence have been correlated with the effect of environmental factors over infectious diseases. Since the El Niño phenomenon in 1973, this event has been incriminated in the onset or trigger of epidemic changes and outbreaks. El Niño, which is responsible for the Equatorial Pacific Ocean water warming, produce a global effect, and as a consequence atmospheric humidity and environmental temperature are higher than usual. Currently, there are evidence that those changes have a direct effect on the biological life cycle of infectious diseases vectors and some microorganisms with a correlation in the epidemiology of those diseases. Recently, the molecular biology and the mathematical model analysis have been improving our understood about biological explanations, allowing the opportunity to predict outbreaks, risky areas, or epidemiological changes. We review the current evidence that may affect infectious diseases, as Malaria, Leishmaniasis, Bartonellosis, Cholera and others. (*Rev Med Hered 2004;15:218-224*).

**KEY WORDS:** Infectious Diseases, climatic factors, El Niño phenomenon.

## INTRODUCCIÓN

En años recientes se ha descrito la aparición de nuevas enfermedades en zonas o nichos donde antes no existían, o el incremento de brotes de enfermedades previamente existentes. Dependiendo del tipo de enfermedad, cada uno de estos eventos ha representado un impacto económico, social, y en salud para una región (como el brote de bartonellosis en Cusco, concomitantemente con el fenómeno de El Niño de 1997-1998), o continente (como el brote de Cólera, concomitantemente con el fenómeno de El Niño de 1991-1992).

Esta posible relación entre clima y enfermedades se había ya señalado desde el fenómeno de El Niño 1973-

1974, con la expansión de la “Encefalitis de Japón” a zonas libres de esta enfermedad hasta entonces, la descripción de una epidemia de “Fiebre del Río Ross” en Australia, de “Encefalitis del oeste del Nilo” en Sud-África, y en Brasil, donde se describió por primera vez la “Encefalitis Rocío”. Durante el fenómeno de El Niño de 1993 – 1995, más de 20 nuevas enfermedades o el reporte en nuevas áreas fueron señaladas (1). Durante el evento de 1997-1998, brotes de Hanta, y nuevas zoonosis, como el virus Megangles, fueron descritas (2,3). Sin embargo, no sólo la ocurrencia de un evento El Niño podría afectar la epidemiología de ciertas enfermedades, sino que variaciones de la temperatura y de la humedad han mostrado tener la capacidad de precipitar estos cambios de diversas maneras, que se explicaran posteriormente.

\* Instituto de la Medicina Tropical Alexander von Humboldt, Universidad Peruana Cayetano Heredia.

\*\* Facultad de Salud Pública y Administración, Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Intituto de Medicina Tropical Alexander von Humboldt. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

## CLIMA Y EL FENÓMENO DE EL NIÑO

Después de los cambios estacionales, el evento de El Niño representa el fenómeno que más ha impactado en la variabilidad climática regional (4). En el Perú, el evento de 1998 causó aproximadamente 340 muertes, 300000 damnificados, la destrucción de 40000 Has de cultivo, y la afectación de sectores como la pesca (5,6). A continuación se da explicación a algunos conceptos para mejor entendimiento de las variables climáticas.

El fenómeno de El Niño corresponde al calentamiento de las aguas del Océano Pacífico ecuatorial; el cual tiene impacto en el Océano Índico, sur de África y este ecuatorial, norte y Sudamérica, y marginalmente sobre Europa (1,7). Este fenómeno está estrechamente relacionado con el "Índice de la Oscilación del Pacífico Sur" descrito por Sir Gilbert Walker a fines del siglo XIX, que representa el hecho que cuando ocurre el calentamiento de la costa de Sudamérica mientras la presión atmosférica se incrementa sobre Darwin-Australia (12° "S", 131° "O"), la temperatura y la presión disminuyen en Tahití (17° "S", 150° "O"), u ocurrirá todo lo contrario en otro momento dado (6,7,8). Cuando la presión atmosférica en el este es mayor que la del oeste, facilita que una corriente de agua cálida fluya de este a oeste, incrementando la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico ecuatorial. De acuerdo al tiempo del calentamiento de la TSM en una región del Pacífico, su extensión, y su magnitud se precipita la ocurrencia de un fenómeno de El Niño (6,8). Para el mejor seguimiento de la TSM sobre el Pacífico, este ha sido convencionalmente dividido en regiones (7,8,9).

La influencia de los cambios acontecidos sobre el Pacífico en otros puntos del globo, se explica en el hecho que existen tres grandes "celdas de Walker" convectivas de alta y baja presión sobre el océano Pacífico, Índico y Atlántico; en cada una el aire húmedo frío y la nubosidad se elevan hasta aproximadamente 12 Km a nivel de Indonesia, África y el Amazonas, y descienden como aire frío y seco sobre el océano Pacífico, Índico y Atlántico (5,9). Durante el evento de El Niño, sin embargo, la zona de baja presión sobre Indonesia se moviliza hacia el este localizándose en medio del océano Pacífico, de esta manera, las corrientes de aire seco y caliente descienden sobre Australia y África (7).

Estos cambios que afectan gran parte del planeta a los que se refiere la "teleconexión" presentan un alta correlación con los incrementos en precipitaciones que acontecen en el Pacífico central y en el sur este de América del Sur y, la disminución de las precipitaciones en Papua Nueva Guinea, Australia, nor-este de

Sudamérica, India y sur-este de África (7). En el caso del Perú, a pesar que existe una clara relación entre el evento de El Niño y los cambios climáticos que acontecen en la costa norte del Perú, esta relación a través de la teleconexión, con la sierra sur no siempre ha sido clara (10,11,12).

La definición de un evento El Niño aceptada internacionalmente, de acuerdo a la Agencia Meteorológica de Japón, corresponde a periodos cuyas TSM medias en el área de la región del Niño sean igual o mayor de +0.5°C durante por lo menos 6 meses consecutivos (12); aquellos fenómenos que superan los +4°C son calificados como Niños intensos y como medianos aquellos que sobrepasan los +3°C (12,13). De acuerdo a esta definición en los últimos treinta años han ocurrido en el Perú fenómenos de El Niño durante 1973-74, 1982-83, 1986-87, 1991-92, 1993-95 y 1997-98; siendo el más prolongado e intenso el evento de El Niño 1982-83, en donde la TSM alcanzó 8 °C por encima de la medida normal, y en algunas áreas alcanzó los 30 °C (5,6,10,13), y cuyo efecto a nivel mundial provocó pérdidas calculadas en US\$ 8.7 billones (7), seguido por el evento 1997-1998, de mayor intensidad incluso que el de 1982-1983 inicialmente, pero de menor duración (10,11,14,15).

## EFEECTO SOBRE LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS

La explicación de porqué las alteraciones climáticas pueden afectar la epidemiología de enfermedades transmisibles están siendo mejor estudiadas en base a biología molecular y modelos de enfermedades metaxénicas. Las alteraciones climáticas, y entre ellas la más notoria como los eventos de El Niño, generan como una de sus consecuencias migraciones humanas y de otros tipos de huéspedes, así como asentamientos humanos provisionales con condiciones sanitarias deficitarias (16,17,18). Sin embargo, éste no es el único factor reconocido actualmente, pues para completar su ciclo biológico algunos agentes requieren de especies invertebradas que juegan un rol como vectores y que son sensibles a cambios climáticos (19,20).

Una de las enfermedades más estudiadas ha sido la malaria, y en ella la influencia de los factores climáticos se da de diversas maneras. En un estudio realizado en Piura-Perú entre 1996 y 1997, se determinó que la mayor incidencia se da en mayo, tras las precipitaciones de abril, y que el mayor número de casos se daba en áreas cercanas a fuentes de agua (21). En el estudio de los factores climáticos que favorecen el desarrollo del vector y la transmisión, se ha señalado que una temperatura

ambiental adecuada para un vector ha demostrado propiciar el desarrollo de éstos incluso en altitudes inusuales (22,23), así en el oeste de Kenya se ha observado que pueden ocurrir brotes de malaria a altitudes superiores de los 2000 msnm si la temperatura es superior a 18° y las precipitaciones exceden los 15 mm<sup>3</sup>/mes (23). A su vez, los cambios climáticos influyen en las condiciones de vida, longevidad y dinámica de los Anopheles adultos, repercutiendo de esta manera en la transmisión de las enfermedades (24,25,26,27). Adicionalmente, estudios sobre embriogénesis de especies de Anopheles han mostrado que éstos son susceptibles a alteraciones de la temperatura (28), y en forma experimental se ha evidenciado que la temperatura y humedad son factores que pueden alterar la longevidad y tasa de ovogénesis de *Anopheles sp.* transmisores de malaria (27). El *Plasmodium sp.* se desarrolla sólo desde los 15°C (23,29), la temperatura mínima de desarrollo de *P. falciparum* es de 18°C y de *P. vivax* es de 15°C (23). Se observa que ocurre un acortamiento del periodo de incubación extrínseca a temperaturas entre 20° y 27° (27), a los 20°C *P. falciparum* demora 26 días en madurar mientras que a 25°C le toma 13 días (23). En el Perú, entre las décadas de 1960 y 1970, el 14.5% del territorio era considerado malarígeno, pero en 1981 este porcentaje pasó a 60% y tras El Niño 1997-1998 se observó una dispersión de las áreas afectadas por *P. falciparum* (4), este hecho se ha demostrado en otros países. De hecho, ya sean por los cambios acontecidos en su vector, el propio parásito o de ambos, se ha determinado mediante la utilización de modelos matemáticos que únicamente por un calentamiento sostenido de la atmósfera, para el año 2100 las regiones afectadas se duplicarán y el número de casos se incrementaría en cuatrocientas veces (1).

Con relación al dengue, se ha descrito que el inicio de los brotes en 10 islas de la Polinesia correlacionó con la presencia de El Niño (30), mientras que otro estudio señala que las epidemias de dengue correlacionan con el Índice de Oscilación del Pacífico Sur, que corresponde a un parámetro meteorológico de seguimiento de la temperatura superficial del mar y de los eventos de El Niño (31). Se ha demostrado en el caso del Dengue 2, que el periodo de incubación extrínseco de 12 días con una temperatura de 30°C se reduce a sólo 7 días cuando la temperatura se eleva entre 33°C y 34°C, permitiendo que la transmisión del virus sea tres veces mayor (3). El vector del Dengue, y de la Fiebre Amarilla, el *Aedes aegypti*, es trasmisor de la enfermedad a temperaturas superiores de 10°C (23).

Concomitantemente con la ocurrencia del fenómeno de El Niño 1997 – 1998 se describió el mayor número

de brotes de bartonelosis en diferentes partes del Perú, alcanzándose en 1998 el mayor número de casos encontrados de los últimos sesenta años (32). En 1998, se encontró brotes de Bartonelosis Humana en las provincias de La Convención, Urubamba, Calca, Cusco y Quispicanchis, en el departamento de Cusco (34,35); Patáz, en La Libertad; Huamalies, en Huanuco; Yauyos, en Lima; Huaylas, Yungay, Carhuaz, Antonio Raymondí, Mariscal Luzuriaga, Pomabamba y Pallasca en Ancash (32), y en Huanuco (34). A pesar que Cusco informa casos desde 1998, para el año 2002 conjuntamente con Ancash y Cajamarca se había constituido en uno de los tres departamentos con mayor número de casos consignados a la OGE (Oficina General de Epidemiología, Perú) (36). En el caso de bartonelosis en Ancash y Cusco se ha demostrado que la epidemiología de esta enfermedad estuvo influenciada por la presencia del fenómeno de El Niño de 1997-1998, y que en ambas regiones la tasa se incremento en forma significativa durante dicho fenómeno (37,38,39). Respecto a la influencia de factores climáticos sobre *Lutzomyia sp.* se conoce que a la *L. verrucarum* le toma en promedio 63 días en desarrollarse desde huevo a pupa, siendo su temperatura ideal de desarrollo de 21°C ± 1°C (temperatura que suele alcanzarse en periodos anormalmente cálidos en la sierra). La población de Lutzomyias suele ser mayor en Abril, coincidiendo con el inicio de la época seca (41). El hallazgo mediante sistema de ubicación satelital (GPS), que los casos suelen circunscribirse a zonas cercanas a corrientes de agua (42) podría significar que la humedad es una variable importante para el hábitat del vector. Sin embargo no ha existido la profundidad de estudios en *Lutzomyia sp.* como los ha habido en *Anopheles sp.*

La variación de la incidencia anual de otra enfermedad como la leishmaniasis visceral en Brasil, la cual es transmitida por *Lutzomyia sp.*, ha sido asociada a las oscilaciones periódicas del índice de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) de la región Niño 3 en el Pacífico (150° “O” – 90° “O”, 5° “N” – 5° “S” ); determinando que la incidencia anual de leishmaniasis visceral se incrementaba en más de un tercio respecto al año previo cuando ocurría un evento El Niño (43). En el Perú, no hay estudios hasta el momento concernientes a la influencia de un evento El Niño y Leishmaniasis. En una zona endémica, durante 1998, se hallaron una amplia diversidad de animales infectados (44).

En el Perú se ha descrito que los casos de diarrea, tanto en pacientes pediátricos (45) como entre los adultos (46), se incrementaron significativamente durante el evento de El Niño 1997-1998. En 1991, Sudamérica se

vio afectada por la séptima pandemia de Cólera, y hasta 1994, los casos en el Perú representaban el 60% de los casos en Latinoamérica (4). Un incremento significativo de casos de Cólera se volvería a describir entre el último trimestre de 1997 y el primer trimestre de 1998, concomitantemente con El Niño 1997-1998 (47,48). Al realizarse un análisis de series de tiempo de 18 años en una zona endémica como Bangladesh se demostró la relación de los brotes periódicos de Cólera con los fenómenos de El Niño que afectaban esa área (49). Los datos del satélite de la NASA de los años 1991, 1997 y 1998 para el movimiento de algas, encontró una fuerte correlación entre su alta concentración y el inicio de la epidemia, conjuntamente con el calentamiento de las aguas. Esto quiere decir que a mayor calentamiento de las aguas, mayor presencia de plankton, algas marinas, lo que condiciona la aparición de nuevos casos de cólera, esto ha sido demostrado por la presencia de *Vibrio cholerae* en cultivo de aguas de mar y en algas marinas (50,51). Actualmente se conoce que *V. cholerae* O1 El Tor y *V. cholerae* O139 pueden adherirse al crustáceo del plankton *Daphnia pulex* mediante pilis de superficie compuestos de hemaglutinina sensible a manosa (52).

El brote epidemiológico de otras enfermedades han sido relacionadas con el evento de El Niño, entre ellas el brote de peste en febrero de 1999 en Perú en Huancabamba-Piura (53). Entre 1993 y 1994 se apareció un brote de Hanta Virus en Norteamérica, Argentina, Chile, Paraguay, Uruguay, y Brasil, que fue atribuido al incremento de lluvias y roedores acontecido durante el Niño de 1991-1992; posteriormente, entre 1998 y 1999, se describió el incremento de número medio de casos de Síndrome Cardiopulmonar por Hanta Virus en Norte América cinco veces, (2,3). Utilizando imágenes satelitales, se encontró que la distribución y número de roedores se incrementaron desde un año previo al brote de Hanta virus (54).

Un estudio del servicio de dermatología del Hospital Nacional Cayetano Heredia entre 1997 y 1998, encontró un incremento significativo de los casos de tiña, pitiriasis versicolor y foliculitis durante el evento de El Niño, así como una disminución significativa de los casos de acarosis (55). Se señala que la tiña y pitiriasis versicolor se ven favorecidas por un ambiente más cálido, por la mayor sudoración, maceración y oclusión de glándulas, y que de esta forma las levaduras pasan a estadios miceliales rápidamente; asimismo, los ácaros son aparentemente sensibles a altas temperaturas, y probablemente el baño mas frecuente favorece la reducción de acarosis. Durante el evento de El Niño se describió un incremento en los casos de miliarias, que en zonas rurales promovió el aumento de casos de piodermitis (55,56). Cabe señalar, que el incremento en

el número de reportes de casos de dermatitis por *Paederus*, cuadro conocido como "latigazo", ha sido asociado empíricamente por la población de la costa norte con la pronta aparición de un nuevo fenómeno de El Niño (55,56).

Algunas otras enfermedades han mostrado alteraciones epidemiológicas asociadas a factores climáticos, así, brotes de cryptosporidiasis han sido relacionados a precipitaciones voluminosas en USA (57), e inviernos anormalmente cálidos han sido relacionados con un mayor número de vectores en Enfermedad de Lyme incluso en latitudes más al norte (57,58). Se ha propuesto en un reporte de casos entre 1975 y 2000 que el incremento cíclico de casos de *Diphyllotrium pacificum* en Chile esta relacionado con el evento de El Niño (59).

## ANÁLISIS Y MODELOS MATEMÁTICOS

Los trabajos mas recientes y de mejor metodología que han tratado de correlacionar alguna enfermedad transmisible y factores climáticos basan sus hallazgos en modelos matemáticos y análisis de series de tiempo, que corresponde a uno de los tipos de los llamados estudios ecológicos (60). Las principales críticas a los estudios ecológicos se basan en posibles sesgos de información y recolección de datos. En nuestro medio, aun hoy con las mejoras en los reportes de casos, existen discrepancias entre los datos suministrados por la OGE y el Ministerio de Salud; mientras que la información meteorológica se basa en escasas estaciones del SENAMHI, las cuales permanecen en funcionamiento en períodos de tiempo a veces insuficientes para un buen análisis, ya que los análisis de series de tiempo requieren de al menos un quinquenio para procesar información representativa. Por ser la información meteorológica local, esta tiene validez sólo en un radio determinado, pero muchas veces se observa que erróneamente se extrapola estos datos a zonas adyacentes o con condiciones climáticas distintas (61). Adicionalmente, debe considerarse que una fuerte evidencia de la asociación con el fenómeno de El Niño sólo se logra realizando un análisis de series de tiempo que incluya más de un evento (62).

En abril del 2001, el comité interdisciplinario del National Academy of Science's National Research Council, hizo notar que los modelos matemáticos que asocian enfermedades y clima se enfocan casi siempre en áreas relativamente pequeñas, y durante corto período de tiempo, asimismo, no incluyen variables como sanidad, prácticas de salud pública, actividades económicas humanas (que ocasionan modificaciones de su ecosistema), crecimiento poblacional, proceso de ur-

banización, condiciones de la vivienda, migraciones, resistencia antibiótica, resistencia a insecticidas, sistemas de control sanitario, entre otros (2,23,54,62). A pesar de esto, los modelos matemáticos suelen presentar dos o tres variables, debido principalmente a la complejidad del análisis y del diseño (63). Sin embargo, en el caso de enfermedades con limitados conocimientos de la ecología y transmisión pero suficientes datos históricos, un modelo estadístico empírico es útil (61).

A pesar de estas limitaciones los modelos matemáticos pueden dar noción de las variaciones de una determinada enfermedad y ser predictivos en las alteraciones de sus tasas (63,64,65). Las conclusiones de algunos de estos modelos es que en el caso del Dengue, debido al calentamiento global, en el 2085, 50-60% de la población vivirá en zonas de riesgo de transmisión (63).

Algunas innovaciones recientes han sido la aplicación del uso del sistema de posicionamiento satelital para trazar la distribución geográfica de las enfermedades y el movimiento del patógeno (42,54,61).

#### Correspondencia:

Dr. Alejandro Llanos-Cuentas.  
 Instituto de Medicina Tropical "Alexander von Humboldt"  
 Universidad Peruana Cayetano Heredia.  
 Av. Honorio Delgado 430, San Martín de Porres  
 Lima – Perú.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Lozán J, Grabl H, Hopfer P. Climate of the 21<sup>st</sup> Century: Changes and Risks. Second Edition, Hamburg-Germany. Wissenschaftliche Auswertungen. 2001; 448 pp.
- Hjelle B, Glass GE. Outbreak of hantavirus infection in the Tour Corners region of the United States in the wake of the 1997-1998 El Niño-southern oscillation. *J Infect Dis* 2000; 181(5): 1569-1573.
- Guzmán M, Kouri G, Pelegrino J. Enfermedades virales emergentes. *Rev Cubana Med Trop* 2001; 53(1): 5-15.
- Consejo Nacional del Ambiente. CONAM. Perú: vulnerabilidad frente al cambio climático. Lima. Manatí Gráfico S.A. 1999. 210 pp.
- Congreso de la República del Perú. El Fenómeno de El Niño y el Clima en el Perú. En: Perú en los albores del siglo XXI/2. Ciclo de conferencias 1997-1998. Lima-Perú. Ediciones del Congreso del Perú. 1998 pág. 201-242. 356 pp.
- SENAMHI. Estudio del Fenómeno "El Niño 1997/98". Lima. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), 1999. 125 pp.
- United Nations Environment Program. UNEP. The El Niño phenomenon.. Nairobi, UNEP. 1992. 36pp.
- Glantz M, Katz R, Krenz. The societal impacts associated with the 1982-83 worldwide climate anomalies. USA. National Center for Atmospheric Research, Colorado. 1987. 86 pp.
- Arntz W, Eberhard F. El Niño: experimento climático de la naturaleza. Lima, 1984. 312 pp.
- IMARPE. Forum El Fenómeno El Niño 1997-1998. Evolución, pronóstico y mitigación. Callao. Instituto del Mar del Perú, 1998. 150 pp.
- CAF. Las lecciones de El Niño. Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998. Retos y propuestas para la región andina. Perú, Vol. V. Corporación Andina de Fomento, Caracas, Venezuela. Imp. Ex Libris. 2000. 180 pp.
- Trenberth KE. El Niño definition. En: Exchanges, Newsletter of the climate variability and predictability program (CLIVAR), 1996; 1(3): 6-8.
- Van der Veen D. El Niño, aprendiendo de la naturaleza. Empresa Editora PIEDUL S.R.L. Lima, Perú. 1999. 340 pp.
- McPhaden MJ. Genesis and evolution of the 1997 – 98 El Niño. *Science* 1999; 283: 950-954.
- Organización Panamericana de la Salud. Crónicas de Desastres, Fenómeno de El Niño 1997-1998. Washington DC Organización Panamericana de la Salud. 2000. 294 pp.
- Patz J, Epstein P, Burke T, Balbus J. Global climate change and emerging infectious diseases. *JAMA* 1996; 50:217-23.
- Glantz MH. Once Burned, Twice Shy?. Lessons learned from the 1997-1998 El Niño. Hong Kong The United Nations University. 2001. 294 pp.
- Sattenspiel L. Tropical environments, human activities, and the transmission of infectious diseases. *Phys Anthropology* 2000; 43:3-31.
- Fang J, Mc Cutchan TF. Thermoregulation in a parasite's life cycle. *Nature* 2002; 418: 742.
- Dobson A, Carter R. Biodiversity. *Lancet* 1993; 342: 1096-1099.
- Guthmann JP, Llanos-Cuentas A, Palacios A, Hall AJ. Environmental factors as determinants of malaria risk. A descriptive study on the northern coast of Peru. *Trop Med International Health* 2002; 7(6): 518-525.
- Reiter P. Global-warming and vector-borne disease in temperate regions and at high altitude. *The Lancet* 1998; 351: 839-840.
- Broker V. Vector-borne diseases and global warming: are both on an upward swing?. *EMBO reports* 2001; 2(9): 755-757.
- Bourna M, Dye C. Cycles of malaria associated with El Niño in Venezuela. *JAMA* 1997; 278:1772-74.
- Rogers D, Packer M. Vector-borne diseases, models, and global change. *The Lancet* 1993; 342: 1282-84.
- Nicholls N. El Niño-Southern Oscillation and vector-borne disease. *The Lancet* 1993; 342:1284-85.
- Gilles HM, Warrell DA. Essential Malariology. Third Edition. London. Hodder & Stoughton. 1993.
- Cordazo S, de Jesus A, Pereira J, Valle D. Temperature influence on embryonic development of *Anopheles albitalarsis* and *Anopheles aquasalis*. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2002; 97(8): 1117-1120.
- Maskell K, Mintzer IM, Callander B. Basic science of climate change. *Lancet* 1993; 343: 714.
- Hales S, Weinstein P, Souares Y, et al. El Niño and the

- dynamics of vector-borne disease transmission. *Environ Health Perspect* 1999; 107: 99-102.
31. Hales S, Weinstein P, Woodward A. Dengue fever epidemics in the South Pacific: driven by El Niño Southern Oscillation?. *The Lancet* 1996; 348: 1665.
  32. Pachas P. La Bartonelosis en el Perú. Módulos Técnicos. Oficina General de Epidemiología – Instituto Nacional de Salud. Lima. 2000: 80.
  33. Montoya M, Maguiña C, Vigo B, et al. Bartonellosis en el Valle Sagrado de los Incas (Cusco). *Bol Soc Per Med Interna* 1998; 11:170-6.
  34. Sardán Y, Cachay O. Bartonellosis en el departamento de Huanuco. *Bol Soc Per Med Interna* 1999; 12(4): 213-214.
  35. Ellis B, Rotz L, Leake J, Samalvides F, et al. An outbreak of acute Bartonellosis (Oroya Fever) in the Urubamba region of Peru, 1998. *Am J Trop Med Hyg* 1998; 61(2): 344–349.
  36. Oficina General de Epidemiología (OGE). Boletín epidemiológico semanal 2002; 11(14): 8.
  37. Chinga E, Huarcaya E, Nasarre C, Del Aguila R, Llanos-Cuentas A. The influence of climate on the epidemiology of bartonellosis in Ancash, Peru. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 2004; 98: 116-224.
  38. Zhou J, Lau WK, Masuoka P, et al. El Niño Helps Spread Bartonellosis Epidemics in Peru. *Eos Trans Am Geophysical Union* 2002; 83: 157, 160-1.
  39. Huarcaya E, Chinga E, Chavez JM, Chauca J, Llanos A, Pachas P, Maguiña C, Gotuzzo E. “Influencia del fenómeno El Niño en la epidemiología de la Bartonelosis en Ancash y Cusco entre 1996 y 1999”. *Rev Med Hered* 2004; 15:4-10.
  40. Ogusuku E, Pérez JE. Duración de los estadios inmaduros de *Lutzomyia peruensis* y *Lu. verrucarum* del Perú. *Rev Per Ent* 1996; 38: 27-28.
  41. Pérez JE, Ogusuku E, Monje J, Paz L, Nieto E, Guerra H. Ocurrencia estacional de *Lutzomyia spp.* en los andes peruanos. *Rev Per Ent* 1992; 35: 4-6.
  42. Masuoka, P, Andre R, Montgomery BC, Rejmankova E, Roberts D, Carbajal F, Chamberlin J, Laughlin L, Ponce Garcia C, Watts D, Elinan E. Remote Sensing and GIS investigations of Bartonellosis in Peru. *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Seattle, Washington, 1998.
  43. Franke C, Ziller M, Staubach Ch, et al. Impact of El Niño/Southern Oscillation on Visceral leishmaniasis, Brasil. *Emerg Infect Dis* 2002; 8: 914-917.
  44. Llanos-Cuentas EA, Roncal N, Villaseca P, et al. Natural infections of *Leishmania peruviana* in animals in the Peruvian Andes. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1999; 93:15-20.
  45. Checkley W, Epstein L, Gilman R, et al. Effects of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrheal diseases in Peruvian children. *Lancet* 2000; 355: 442-450.
  46. Lama J, Seas C, Gotuzzo E. The effect of the El Niño Southern Oscillation on the incidence of acute diarrhea in adults in Lima, Peru. 9<sup>th</sup> International Congress on Infectious Diseases, Buenos Aires, 2000. Poster 73.011.
  47. MINSA-DIGESA. Estadística de evolución del cólera entre enero de 1991 y agosto de 1998. Lima. Ministerio de Salud. 1998.
  48. Colwell R. Global climate and infectious disease: the cholera paradigm. *Science* 1996; 274: 2025-31.
  49. Pascual M, Rodo X, Ellner S, Colwell R, Bousma M. Cholera dynamics and the El Niño-Southern Oscillation. *Science* 2000; 289: 1766-1769.
  50. Huq A, Colwell R. Environmental factors associated with emergence of disease with special reference to cholera. *Eastern Mediterranean Health Journal* 1996; 2: 37-45.
  51. Croci L, et al. Detection of vibriónaceae in mussels and in their seawater growing area. *Letters in Applied Microbiology* 2001; 32: 57-61.
  52. Chiavelli D, Marsh J, Taylor R. The Mannosa-sensitive hemagglutinin of *Vibrio cholerae* promotes adherence to zooplankton. *Appl Environ Microbiol* 2001; 67: 3220-3225.
  53. Alva V, Arrieta M, Olgún C, et al. Surto de peste bubônica na localidade de Jacocha, Huancabamba, Perú. *Rev Soc Bras Med Trop* 2001; 34: 87-90.
  54. Glass G, Yates T, Fine J, Shields T, et al. Satellite imagery characterizes local animal reservoir populations of Sin Nombre virus in the southwestern United States. *PNAS* 2002; 99: 16817-16822.
  55. Bravo W, Bravo F. El efecto del fenómeno El Niño en las enfermedades dermatológicas. *Fol Dermatol Per* 2001; 12: 29-36.
  56. Laura M, Loli O, Querevalu A, et al. Epidemiología de las enfermedades dermatológicas en áreas rurales del norte durante el fenómeno del Niño. VII Congreso Peruano de Dermatología 1998: 60.
  57. Haines A, McMichael AJ, Epstein PR. Environment and Health : Global climate change and health. *CMAJ* 2000; 163: 729-734.
  58. Lindgren E, Tälleklint L, Polfeldt T. Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick *Ixodes ricinus*. *Environ Health Perspect* 2000; 108: 119-123.
  59. Sagua H, Neira I, Araya J, Gonzalez J. Nuevos casos de infección humana por *Diphyllobotrium pacificum*, probablemente relacionada con el fenómeno de El Niño. *Bol Chil Parasitol* 2001; 56: 22-25.

60. Borja-Aburto V. Estudios Ecológicos. Salud Pública de México 2000; 42: 533-538.
61. Burke D, Carmichael A, Focks D, et al. Under the weather: Climate, ecosystems, and infectious disease. *Emerg Inf Dis* 2001; 7: 606-608.
62. Kovats RS, Bouman MJ, Hajat S, Worrall E, Haines A. El Nino and health. *Lancet* 2003; 362: 1481-1489.
63. Hales S, de Wet N, Maindonald J, et al. Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model. *Lancet* 2002; 360: 830-834.
64. Focks D, Daniels E, Haile, D, et al. A simulation model of the epidemiology of Urban Dengue Fever: literature analysis, model development, preliminary validation, and samples of simulation results. *Am J Trop Med Hyg* 1995; 53: 489-506.
65. Esteva L, Vargas C. A model of Dengue disease with variable human population. *J Math Biol* 1999; 38: 220-240.

Recibido: 14/07/04  
Aceptado para publicación: 25/10/04