

ARTÍCULO DE REVISIÓN

ECOEPIDEMIOLOGÍA Y EPIDEMIOLOGÍA SATELITAL: NUEVAS HERRAMIENTAS EN EL MANEJO DE PROBLEMAS EN SALUD PÚBLICA

Alfonso J. Rodríguez-Morales*

RESUMEN

Los recientes avances en la comprensión del ambiente en el cual ocurre la transmisión de muchas enfermedades infecciosas de importancia en salud pública en particular las transmitidas por vectores, ha permitido generar una serie de conceptos y herramientas que están modificando el abordaje de los problemas complejos en salud pública. Así, la ecoepidemiología y más recientemente la epidemiología satelital, brindan un potencial de opciones que se traducen en visiones más integradas de las enfermedades y nuevas posibilidades para prevenirlas y controlarlas. La presente revisión refleja los conceptos en evolución vinculados con estas nuevas ramas de la epidemiología y la salud pública.

Palabras clave: *Ecoepidemiología; Epidemiología Satelital; Sistemas de Información Geográfica (SIG); Enfermedades Metaxénicas (fuente: DeCS BIREME).*

ABSTRACT

Recent advances in understanding the environment in which transmission of many infectious diseases that are important for public health occurs, particularly vector-transmitted diseases, allow us to generate a series of concepts and tools that are changing the approach for managing complex problems in public health. Thus, eco-epidemiology, and, most recently, satellite-based epidemiology, provide an array of options which translate themselves in a more integrated vision of diseases, and in new possibilities for preventing and controlling them. This review focuses in the evolving concepts related to these new areas of epidemiology and public health.

Key Words: *Ecoepidemiology, Satellital Epidemiology, Geographical information System (GIS), Vector-borne Diseases (source: DeCS BIREME).*

INTRODUCCIÓN

La Salud Pública es una de las disciplinas médicas en las cuales se han ido asociando mayor número de actores de diferentes especialidades y profesiones, que con sus visiones y enfoques pueden aportar nuevos elementos de gran relevancia para entender la dinámica real, holística y sistémica de un problema. En salud pública, y quizá fundamentalmente en enfermedades vinculadas al ambiente, esto cobra aun más fuerza. Problemas como las enfermedades transmitidas por vectores y roedores, enfermedades asociadas con la transmisión hídrica y alimentaria, infecciones respiratorias, enfermedades humanas relacionadas con cambios bruscos de temperatura, patologías asociadas con la contaminación ambiental, así como

otras entidades mentales, nutricionales e infecciosas, cada vez se asocian más con alteraciones del medio ambiente que propician su aparición, reaparición, incremento o incluso disminución o desaparición temporal o definitiva^{1,2}.

En este contexto es necesario que los profesionales de la salud, en particular el médico, entiendan nuevos conceptos que dictan el marco de trabajo en el cual se están desarrollando nuevos avances en el abordaje de problemas complejos en salud pública, tales como la ecoepidemiología o epidemiología panorámica, la epidemiología satelital y el uso de sensores remotos aplicados a salud, la geografía médica y los sistemas de información geográfica aplicados a salud, la geología médica, la biometeorología, la ecología sanitario-

* Centro Trujillano de Investigaciones Parasitológicas José Witremundo Torrealba, Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela.



Figura 1. Contexto ecoepidemiológico de la malaria en el continente africano (panel izquierdo) y en el continente americano (panel derecho).

ambiental y la salud ambiental, vínculo salud animal-salud humana, gestión sanitario-ambiental, medicina conservacional, entre otros.

ECOEPIDEMIOLOGÍA Y EPIDEMIOLOGÍA SATELITAL

ECOEPIDEMIOLOGÍA O EPIDEMIOLOGÍA PANORÁMICA

El entender que los cambios e interacciones del medio ambiente tienen una fuerte influencia sobre las diversas enfermedades ha generado la necesidad de estudiar dichos factores ambientales puesto que están condicionando enfermedades humanas. De allí surge el concepto de la ecoepidemiología o epidemiología panorámica (*landscape epidemiology*), es decir, el comprender cuales son los factores del medio ambiente que significan un riesgo para la salud del ser humano,

medio del cual forma parte y donde puede ser él mismo un agente modificador (Figura 1). Tener la visión del entorno o el paisaje que rodea al individuo que puede enfermarse es lo que genera el concepto de ecoepidemiología, epidemiología panorámica o sus sinónimos epidemiología de paisajes o epidemiología paisajística.

El estudio de ese entorno puede implicar distintos puntos de vista, componentes, factores y disciplinas para evaluarlos dado que estos problemas son multifactoriales; por ejemplo, la vegetación, la fauna, el suelo, la hidrografía, los elementos climáticos o meteorológicos, entre otros, estudiados por ciencias como la biología, fitología, zoología, geología, ingeniería de suelos, hidrología, ingeniería hidráulica, climatología, meteorología o la ecología, y es ésta última la que presenta una visión integradora de ese medio en el que los seres vivos interactúan y del cual el hombre forma parte (Figura 2).

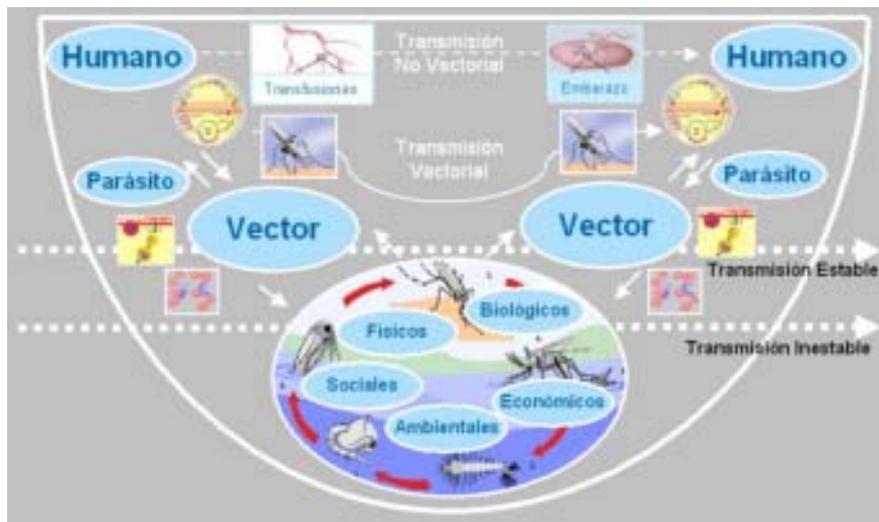


Figura 2. Visión multifactorial del ciclo de la malaria y su dinámica de transmisión.

Hasta hace poco tiempo ese estudio ecológico, definido por algunos autores como el estudio en el cual el análisis de una relación o interacción se basa en datos agregados o agrupados (tales como tasas, proporciones y promedios) –datos no colectados a un nivel individual–, se realizaba exclusivamente con información recogida en el campo, tales como temperatura, precipitaciones, humedad relativa, salinidad, vegetación, fauna, entre otros. Pero hoy en día, se cuenta con una herramienta adicional de gran importancia y que define un nuevo concepto en la epidemiología, el uso de información e imágenes satelitales, que abren una subespecialidad de la epidemiología panorámica o ecoepidemiología: la llamada epidemiología satelital, de la cual muchos autores consideran como su madre a la hace poco tiempo fallecida Louisa Beck, quien trabajó arduamente demostrando la utilidad de los sensores remotos en la salud humana^{3,4}.

EPIDEMIOLOGÍA SATELITAL

Este nuevo concepto implica el uso de información capturada desde satélites para aplicaciones en salud pública. Este es a su vez parte de la epidemiología panorámica, en la cual esta variante da la visión de entorno macroglobal con información generada desde el espacio por sensores remotos. La información que puede ser usada en aplicaciones de salud puede ser capturada o recolectada por diferentes sistemas

sensores. Hay que revisar en este punto algunos conceptos de relevancia física para entender como sucede el flujo de información y como se puede obtener ésta y ser traducida en el valor de un elemento (por ejemplo meteorológico, temperatura de la superficie del mar) o en una imagen que refleje ciertas variables ambientales. Los elementos presentes en el planeta tienen una propiedad denominada albedo (la fracción de radiación solar reflejada por una superficie u objeto, a menudo expresada como un porcentaje)⁵. Así, cualquier radiación electromagnética que interactúe con los albedos terrestres en la superficie terrestre puede ser absorbida, reflejada y transmitida por ellos selectivamente, traduciendo el poder verificar una intensidad de radiación diferente en cada punto distinto y generar un dato o imagen de interés⁶.

Los datos obtenidos pueden ser correlacionados, como sucede con ciertas variables meteorológicas para predecir y asociarlos con variaciones en los patrones de ciertas enfermedades.

Haciendo uso del *software* apropiado de las imágenes generadas por satélite se pueden generar mapas de riesgo así como de predicción de ciertos problemas de salud pública. Probablemente en el futuro estas imágenes puedan ser usadas en tiempo real mezclando dicha información con la epidemiológica y poder tener un espectro de mayor acción, más rápido y eficaz en la salud pública.

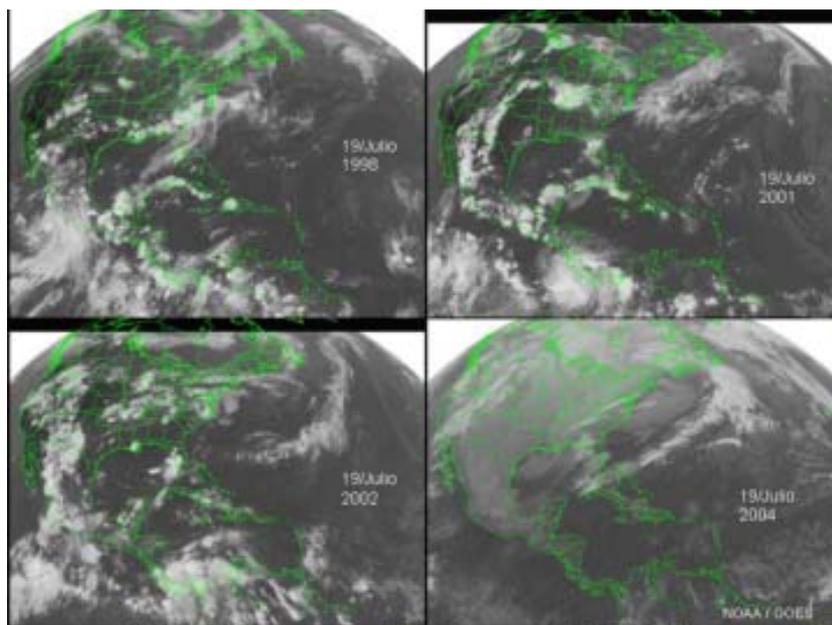


Figura 3. Imágenes del satélite GOES de la NOAA mostrando la situación del clima en cuatro años diferentes en el continente americano.

Ahora bien, la información puede ser tomada en varias formas, incluso desde un mismo satélite o sensor remoto. Los sensores remotos pueden ser clasificados de acuerdo con su fuente de radiaciones (pasivas y activas), al principio de funcionamiento y a los tipos de producto (fotográficos y no fotográficos). Los satélites, por otra parte, son un nivel específico de recolección de datos, pero existen otros que pudiesen recoger la energía reflejada o emitida por los albedos en la superficie terrestre⁵.

Es importante mencionar también los sistemas sensores usados en nivel suborbital, los cuales se basan en el uso de aeronaves tripuladas con dispositivos sensoriales que capturan la información mientras se encuentran en vuelo, con sensores fotográficos, sensores hiperespectrales, videografía, entre otros⁵.

Actualmente el mayor interés se ha centrado en la información generada por los satélites (los cuales pueden ser militares, científicos, de telecomunicaciones, meteorológicos y de recursos naturales). Los dos últimos tipos de satélites son los que quizá presentan mayores aportes a la salud pública. En el caso de los meteorológicos tenemos satélites que se encuentran en la categoría polar o ecuatorial (según la órbita que describan), tales como por ejemplo los NOAA (*National Oceanographic and Atmospheric Administration*) de EUA, *Meteor* (Rusia), *CCD* (Brasil), entre otros; pero también satélites geoestacionarios como los *GOES* (EUA) (Figura 3), *Meteosat* (EUMETSAT), *GMS* (Japón), *GOMS* (Rusia) e *INSTA* (India), entre otros.

El sensoramiento remoto del clima y los recursos naturales hecho con imágenes de la NOAA son los más

empleados para monitorear los cambios que se producen en el medio ambiente a nivel mundial⁷.

Otros satélites que colectan datos orbitales también tienen reciente utilidad en su aplicación a la salud pública, tal es el caso de los satélites *Landsat* (un sensor *TM*, *Thematic Mapper*, de NASA) (Figura 4). En estos satélites los capturadores de imágenes *TM* así como *MSS* (*Multispectral Scanner Subsystem*) han sido incorporados en los *Landsat* -4, -5, -6 y -7. Algunos de estos satélites, como el *Landsat* -7, pueden alcanzar resoluciones especiales de 15 m x 15 m. Existen otros capturadores de imágenes importantes como *AVHRR*, *CCD*, *HRV*, entre otros. En el año 1999 también se agregó un satélite con una mayor resolución espacial, el *Ikonos*, el cual puede alcanzar en bandas pancromáticas hasta 1 m x 1 m de resolución.

Si bien muchos de estos satélites presentan grandes cualidades, en ocasiones el costo es un factor negativo, pero existen plataformas espaciales de bajo costo como los satélites *Eros*.

En el año 2001 se lanzó un satélite sincronizado con el sol, que gira en una órbita casi polar, con una inclinación de 98° en relación con el polo y con una altísima resolución espacial, el *QuickBird*, el cual en la banda pancromática puede alcanzar una resolución espacial de hasta 0,61 m x 0,61 m (es decir 61 cm x 61 cm).

Las aplicaciones que se están derivando de estas tecnologías son crecientes y múltiples y en el caso particular de la salud pública ya están teniendo gran utilidad en muchos aspectos.

Existen otros conceptos vinculados a la ecoepidemiología y la epidemiología satelital que son



Figura 4. Imagen de satélite *Landsat* TM y su relación con la malaria en Sucre, Venezuela. Las áreas de color verde muestran la intensidad de número de casos para el año 1999¹¹.

soporte para entender mejor dichas definiciones y sus aplicaciones.

GEOGRAFÍA MÉDICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADOS A LA SALUD

La geografía médica se podría describir como una subdisciplina encargada de caracterizar espacialmente sobre mapas a los problemas de salud; para lo cual se hace uso de mapas temáticos sobre las patologías, sus casos, factores de riesgo, etc; en el pasado se hacían en forma manual, dibujándolos, hoy en día se usan *software* geográficos de gran versatilidad para aplicaciones en salud. En dichos sistemas entra el concepto de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (*Geographical Information Systems, GIS*), los cuales son sistemas de *hardware, software* y procedimientos diseñados para almacenar, manejar, manipular, analizar, modelar y mostrar integradamente, datos referenciados especialmente para resolver y manejar problemas, en este caso en salud pública. Por ejemplo un caso de una enfermedad puede ser geoposicionada, es decir referenciado geográficamente a través de sus coordenadas con el uso de equipos que trabajan en sistemas de posicionamiento global o geoposicionadores, comúnmente denominados GPS (*Global Positioning System*). Los GPS son sistemas portátiles de radionavegación que permiten a sus usuarios en tierra, mar y aire, determinar su localización exacta, velocidad y tiempo, las 24 horas del día, en cualquier condición climática, en cualquier parte del mundo⁶. Las aplicaciones de estas concepciones han sido de gran utilidad en muchas enfermedades, particularmente en las emergentes⁸, en malaria⁹⁻¹², dengue¹³, helmintiasis intestinales¹⁴, virus Ebola¹⁵, filariasis¹⁶, equinocosis¹⁷, tripanosomiasis¹⁸, hantaviriosis¹⁹, encefalitis del Nilo Occidental²⁰, tuberculosis bovina²¹, esquistosomiasis²², incluso en enfermedades de transmisión sexual²³ y VIH/SIDA²⁴.

GEOLOGÍA MÉDICA

La definición de geología médica como la disciplina científica que examina los impactos que los materiales y procesos geológicos tienen en la salud humana y de los ecosistemas, incluyen tanto fuentes naturales como antropogénicas de problemas potenciales de salud, e implica que las enfermedades en la vida salvaje y plantas están incluidas²⁵. Esta ciencia es considerada hoy en día una disciplina emergente en la interfase salud humana-ecosistemas. En contraste al énfasis en tratamiento y cura que a veces el término

«médico» implicó, el trabajo en este campo se describe en forma más precisa cuando nos referimos a «salud pública» debido a su enfoque fundamental en prevención. Adicionalmente, cuando las alteraciones geológicas y ambientales conllevan a la generación de desastres también se ha podido observar el desarrollo de una disciplina denominada «epidemiología de desastres», de la cual incluso se ha desarrollado un centro de investigación en Bélgica (*Center for Research on Epidemiology of Disasters, CRED*)²⁶.

BIOMETEOROLOGÍA Y BIOMETEOROLOGÍA MÉDICA

Tal como se mencionaba al principio, hoy en día se entiende que existe una gran interacción entre los seres vivos, incluyendo al hombre y su medio ambiente. En particular se ha observado la importancia que tienen los elementos meteorológicos y su variabilidad en cambiar las condiciones de vida, promover y afectar los seres vivos en la dinámica de los ecosistemas. Por ejemplo, sabemos que ciertas condiciones climáticas propician cambios en los patrones de enfermedades metaxénicas como la malaria o el dengue^{27,28}. En este contexto, entonces, la biometeorología puede definirse como la disciplina que se encarga de estudiar los efectos que las condiciones meteorológicas tienen sobre los seres vivos. Adicionalmente la biometeorología médica incluiría evaluar como esos efectos se pueden traducir en problemas para la salud humana, tal como se ha estudiado en la interacción entre el clima y la malaria^{29,30}. Hace relativamente poco tiempo se ha creado la Sociedad Internacional de Biometeorología (*International Society of Biometeorology*), la cual se define como la sociedad dedicada al trabajo en la ciencia interdisciplinaria que estudia las interacciones entre los procesos atmosféricos y los organismos vivientes (plantas, animales y humanos). Le concierne también el sistema energético de respuesta al proceso y el flujo de materia dentro de la biosfera³¹.

ECOLOGÍA SANITARIO-AMBIENTAL Y SALUD AMBIENTAL

Aunque el concepto y aplicación general de salud ambiental son bastante antiguos y conocidos, su visión estaba directamente relacionada con la acción de saneamiento ambiental, es decir a resolver problemas ya presentes en un medio ambiente urbano o rural que podrían traducirse en problemas de salud pública, como por ejemplo contaminación de cuencas, ríos, reservorios acuáticos, entre otras cosas. Actualmente este concepto es más amplio, ya que la

visión debe estar orientada no sólo al manejo y tratamiento de problemas ambientales que pueden tener repercusión para el ser humano en su salud física, social, económica, incluso mental y nutricional; sino que debe empezar por la prevención, es decir incluir también el concepto de vigilancia sanitario-ambiental, de resguardo constante y preservación de la salud de la naturaleza. Hace pocos años se ha introducido un concepto de importancia como lo es la atención primaria ambiental^{32,33}, la cual parte precisamente de los fundamentos de la atención primaria en salud (APS), pero en este caso orientada al medio ambiente, en el cual el hombre está interactuando. Todo esto podría enmarcarse dentro de un gran espectro de acción que podría tener la definición de la ecología sanitario-ambiental, entendida como la disciplina encargada de estudiar el medio ambiente, la interacción de los seres vivos, incluyendo al hombre y las condiciones saludables y perjudiciales que pueden surgir de esa interacción ya sea ocasionando problemas en la salud vegetal, salud animal, salud humana o globalmente salud ambiental.

También hace relativamente poco tiempo se ha creado la Sociedad Internacional de Epidemiología Ambiental (*International Society for Environmental Epidemiology*), la cual tiene por objeto agrupar a los profesionales que trabajan o están interesados en la discusión de problemas únicos del estudio de la salud y el ambiente³⁴.

GESTIÓN SANITARIO-AMBIENTAL Y MEDICINA CONSERVACIONAL

Este aspecto se refiere fundamentalmente a una visión del impacto en salud que puede tener la gestión ambiental. La gestión sanitario-ambiental se entiende como el conjunto de acciones y políticas ambientales que pueden orientarse a preservar una dinámica interacción entre los seres vivos, el hombre y el entorno con el objetivo de elevar las condiciones relacionadas con la salud ambiental y humana. De allí parte el concepto de medicina conservacional, como una disciplina destinada a preservar al hombre y su entorno con el fin de propiciar condiciones de salud para estos.

SALUD ANIMAL Y SALUD HUMANA: SUS VÍNCULOS

Este tema ha tenido recientemente un gran auge en virtud de las epidemias ocurridas en los pasados años donde enfermedades que en teoría sólo afectaban en forma considerable a los animales ahora lo están haciendo en los humanos, es decir, son zoonosis (una

enfermedad infecciosa de animales vertebrados, tal como la rabia o la encefalitis equina que puede ser transmitida a los humanos). Ejemplos recientes de esto son la influenza aviaria (en Asia), la encefalitis por virus del Nilo Occidental (en Norteamérica), e incluso el síndrome respiratorio agudo severo (SARS), del cual hace poco tiempo se han descubierto posibles reservorios animales como zorros, lobos, gatos, entre otros. Esto no es nuevo, a través de la historia, la vida salvaje ha sido una importante fuente de enfermedades transmisibles al ser humano. Hoy en día, las zoonosis con reservorios salvajes constituyen un problema de salud pública mayor, que afecta a todos los continentes. La importancia de dichas zoonosis está reconociéndose cada vez más y la necesidad de tomar mayor atención en esta área es fundamental³⁵.

INTEGRACIÓN DE NUEVOS CONCEPTOS EN SALUD PÚBLICA: INTERDEPENDENCIA DE LA SALUD HUMANA, VIDA SALVAJE Y ECOSISTEMAS

Los conceptos previamente enunciados en este subtítulo así como los revisados en el presente artículo no están aislados en la práctica, ni son meras teorías, sino que están integrados, muchos disimulados, interactuando entre sí y sobre todo emergiendo en la necesidad de entender la interdependencia que ellos tienen, para lo cual se deben explorar diversas perspectivas, teorías y metodologías emergentes en la interfase existente entre las ciencias médicas y las ciencias ecológicas³⁶.

Dados estos elementos se impone la oportunidad de una transdisciplinariedad imperativa para un futuro sostenible, lo cual ya ha sido entendido por grupos de investigación multicéntricos y sobretodo multidisciplinarios³⁷, donde incluso en diversas instituciones se están creando estos y viendo que existe una necesidad clara de entender los problemas de salud pública en forma holística, viendo que incluso en lugares como los hospitales podemos ver el impacto de fenómenos ambientales, al verse el incremento de ingresos por enfermedades metaxénicas como las descritas, o respiratorias en relación con los cambios ambientales^{38,39}.

DISCUSIÓN

El impacto de estas nuevas concepciones así como el de las tecnologías que las sustentan, aún es incierto en su entera dimensión, pero promete cambiar o revolucionar por completo nuestra visión de los problemas en salud pública, y evidentemente la forma en la

cual estos son manejados, quizá llevándonos en un futuro cercano a una significativa reducción de ellos, y sobretodo a mantenerlos en una vigilancia en tiempo real para poder controlarlos apropiadamente, elevando la calidad de vida de las personas que podrían sufrírselos.

Ya en enfermedades como la malaria, el uso de estas herramientas está poniendo de manifiesto la utilidad que ellas pueden ofrecer⁴⁰. Por ejemplo, se están desarrollando sistemas de información que pueden permitir ayudar a predecir, controlar y detectar tempranamente epidemias de malaria^{41,42}, así como de otras enfermedades como el dengue¹³, fiebre amarilla⁴³, infecciones por virus Hanta¹⁹, leishmaniosis cutánea⁴⁴, entre otras. Esto demuestra las capacidades que en este momento ya tienen los sistemas y nos permiten imaginar las futuras versatilidades de estos en el tiempo venidero, conllevándonos entonces a mejorar significativamente nuestra forma de abordar estos problemas complejos en salud pública con la ayuda de nuevas tecnologías, como la satelital.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Patz JA, McGeehin MA, Bernard SM, Ebi KL, Epstein PR, Grambsch A, et al.** The potential health impacts of climate variability and change for the United States: executive summary of the report of the health sector of the U.S. National Assessment. *Environ Health Perspect* 2000; 108(4): 367-76.
2. **Rodríguez Morales AJ, Cárdenas R, Sandoval C, Baptista G, Jaimes E, Mendoza J, et al.** Medio ambiente y protozoosis sistémicas. Variabilidad climática y su incidencia en la malaria. *Academia* 2004; 2(5): 26-32.
3. **Beck LR, Lobitz BM, Wood BL.** Remote sensing and human health: new sensors and new opportunities. *Emerg Infect Dis* 2000; 6(3): 217-27.
4. **Tran A, Gardon J, Weber S, Polidori L.** Mapping disease incidence in suburban areas using remotely sensed data. *Am J Epidemiol* 2002; 156(7): 662-68.
5. **Alves M.** Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologías de aplicação. 2nd ed. Viçosa, Brasil: Editora UFV; 2004.
6. **World Health Organization.** Climate change and human health. Risk and responses. Editors: McMichael AJ, Campbell-Lendrum DH, Corvalan CF, Ebi KL, Scheraga JD, Woodward A. Geneva: WHO, WMO and UNEP; 2003.
7. **Climate Prediction Center [página de internet].** Maryland: National Weather Center, National Centers for Environmental Prediction, Climate Prediction Center [Fecha de acceso: 3 de enero de 2005]. Disponible en: <http://www.cpc.noaa.gov>
8. **Lashley FR.** Emerging infectious diseases: vulnerabilities, contributing factors and approaches. *Expert Rev Anti Infect Ther* 2004; 2(2): 299-316.
9. **Rogers DJ, Randolph SE, Snow RW, Hay SI.** Satellite imagery in the study and forecast of malaria. *Nature* 2002; 415(6872): 710-15.
10. **Nihei N, Hashida Y, Kobayashi M, Ishii A.** Analysis of malaria endemic areas on the Indochina Peninsula using remote sensing. *Jpn J Infect Dis* 2002; 55(5): 160-66.
11. **Delgado L, Cordova K, Rodríguez AJ.** Variabilidad climática y salud en Venezuela: Estudio de la dinámica de la malaria en el estado Sucre. En: V Congreso Venezolano de Ecología. Isla de Margarita: Sociedad Venezolana de Ecología; 2003. p. 71.
12. **Hakre S, Masuoka P, Vanzie E, Roberts DR.** Spatial correlations of mapped malaria rates with environmental factors in Belize, Central America. *Int J Health Geogr* 2004; 3(1): 6.
13. **Morrison AC, Getis A, Santiago M, Rigau-Perez JG, Reiter P.** Exploratory space-time analysis of reported dengue cases during an outbreak in Florida, Puerto Rico, 1991-1992. *Am J Trop Med Hyg* 1998; 58(3): 287-98.
14. **Brooker S, Kabatereine NB, Tukahebwa EM, Kazibwe F.** Spatial analysis of the distribution of intestinal nematode infections in Uganda. *Epidemiol Infect* 2004; 132(6): 1065-71.
15. **Pinzon JE, Wilson JM, Tucker CJ, Arthur R, Jahrling PB, Formenty P.** Trigger events: enviroclimatic coupling of Ebola hemorrhagic fever outbreaks. *Am J Trop Med Hyg* 2004; 71(5): 664-74.
16. **Hassan AN.** Bancroftian filariasis: spatial patterns, environmental correlates and landscape predictors of disease risk. *J Egypt Soc Parasitol* 2004; 34(2): 501-13.
17. **Graham AJ, Danson FM, Giraudoux P, Craig PS.** Ecological epidemiology: landscape metrics and human alveolar echinococcosis. *Acta Trop* 2004; 91(3): 267-78.
18. **De La Rocque S, Michel V, Plazanet D, Pin R.** Remote sensing and epidemiology: examples of applications for two vector-borne diseases. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis* 2004; 27(5): 331-41.
19. **Fang LQ, Cao WC, Chen HX, Wang BG, Wu XM, Yang H, Zhang XT.** Study on the application of geographic information system in spatial distribution of hemorrhage fever with renal syndrome in China. *Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi* 2003; 24(4): 265-68 (Abstract).
20. **Brownstein JS, Rosen H, Purdy D, Miller JR, Merlino M, Mostashari F, et al.** Spatial analysis of West Nile virus: rapid risk assessment of an introduced vector-borne zoonosis. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2002; 2(3): 157-64.
21. **Wint GR, Robinson TP, Bourn DM, Durr PA, Hay SI, Randolph SE, et al.** Mapping bovine tuberculosis in Great Britain using environmental data. *Trends Microbiol* 2002; 10(10): 441-44.
22. **Brooker S.** Schistosomes, snails and satellites. *Acta Trop* 2002; 82(2): 207-14.

23. **Boulos MN, Russell C, Smith M.** Web GIS in practice II: interactive SVG maps of diagnoses of sexually transmitted diseases by Primary Care Trust in London, 1997 - 2003. *Int J Health Geogr* 2005; 4(1):4.
24. **Busgeeth K, Rivett U.** The use of a spatial information system in the management of HIV/AIDS in South Africa. *Int J Health Geogr* 2004; 3(1): 13.
25. **Bunnell JE.** Medical geology: Emerging discipline on the ecosystem human health interface. *EcoHealth* 2004; 1(1): 15-18.
26. **Cred.be [página de internet].** Bruselas: Center for research on the epidemiology of disasters (CRED). [Fecha de acceso: 3 de enero de 2005]. Disponible en: <http://www.cred.be>
27. **Delgado L, Córdova K, Rodríguez AJ.** Epidemiological impact of climatic variation on malaria dynamics in a northeastern region of Venezuela. *Int J Infect Dis* 2004; 8(Suppl 1): S23-S24.
28. **Rodríguez AJ, Rada L, Daza V, Barbella R.** Correlación de pluviometría con la incidencia del dengue en el segundo semestre del 2002 en Venezuela. En: Libro de resúmenes del XVIII Congreso Científico Internacional de FELSOCM, XV Congreso Científico Nacional de ABOLSCM. La Paz: FELSOCM; 2003. p. 28.
29. **Gagnon AS, Smoyer-Tomic KE, Bush AB.** The El Niño southern oscillation and malaria epidemics in South America. *Int J Biometeorol* 2002; 46(2): 81-89.
30. **Delgado L, Córdova K, Rodríguez A.** Utilidad de los sensores remotos climáticos en la prevención y diagnóstico de condiciones ambientales asociadas a la dinámica de enfermedades tropicales: La malaria en el estado de Sucre, Venezuela. En: XI Simposium de la Sociedad Especialistas Latinoamericana en Percepción Remota (SELPER). Santiago de Chile: SELPER; 2004.
31. **Biometeorology.org [página de internet].** Oklahoma: International Society of Biometeorology. [Fecha de acceso: 10 de enero de 2005]. Disponible en: <http://www.biometeorology.org>
32. **Organización Panamericana de la Salud.** Protección y desarrollo ambiental. En: OPS. Informe Anual del Director. Washington DC: OPS; 2000. p. 57-77.
33. **Organización Panamericana de la Salud.** Protección y desarrollo ambiental. En: OPS. Informe Anual del Director. Washington DC: OPS; 2001. p. 43-61.
34. **Iseepi.org [página de internet].** Boston: International Society for Environmental Epidemiology. [Fecha de acceso: 2 de enero de 2005]. Disponible en: <http://www.iseepi.org>
35. **Kruse H, Kirkemo AM, Handeland K.** Wildlife as source of zoonotic infections. *Emerg Infect Dis* 2004; 10(12): 2067-72.
36. **Wilcox BA, Aguirre AA, Daszak P, Horwitz P, Martens P, Parkes M, et al.** EcoHealth: A transdisciplinary imperative for a sustainable future. *EcoHealth* 2004;1(1):3-5.
37. **Delgado L, Cordova K, Martinez N, Rodriguez AJ.** Necesidad de un enfoque multidisciplinario para el manejo de sistemas ecológicos complejos: caso malaria en el estado Sucre, Venezuela. En: Simposio Ambiente y Desarrollo. Jornadas de Investigación Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas: UCV; 2004.
38. **Rodríguez AJ, Sanchez E, Delgado L, Córdova K, Arria M, Vargas M, et al.** Influencia de la variabilidad climática sobre el número de ingresos por malaria en el Hospital Santos Anibal Dominicci, Carúpano, Sucre. En: XLI Reunión Científica Nacional sobre Salud Militar - Coloquio Médico del Hospital Militar Carlos Arvelo. Caracas, Venezuela, 4-11 Junio 2004. Abstract N° CM -140.
39. **Rusticucci M, Bettoli ML, de AH.** Association between weather conditions and the number of patients at the emergency room in an Argentine hospital. *Int J Biometeorol* 2002; 46(1): 42-51.
40. **Delgado L, Córdova K, Rodríguez AJ.** Contribution of geospatial technology in tropical medicine and international health applications. *Informedica Journal* 2004; 3(4): 2.
41. **World Health Organization.** Malaria epidemics: forecasting, prevention, early detection and control. From policy to practice. Leysin, Switzerland: WHO/HTM/MAL/2004.1098; 2004.
42. **Mara.org.za [página de internet].** Durban, South Africa: Malaria Maps of Risk in Africa [Fecha de acceso: 1 de mayo de 2005]. Disponible en: <http://www.mara.org.za>
43. **Rodríguez AJ, Barbella R, Vargas J.** Influence of climatic variations on yellow fever outbreaks in Venezuela, 2002-2003. In: 20th Clinical Virology Symposium and Annual Meeting Pan American Society for Clinical Virology. Florida, EEUU: PASCV; 2004. TM12.
44. **Cabaniel G, Rada L, Blanco J, Rodríguez-Morales, Escalera JP.** Estudio del impacto de los eventos de El Niño sobre la leishmaniasis cutánea en Sucre, Venezuela, a través del uso de información satelital. 1994 - 2003. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* 2005; 22(1): 32-38.

Correspondencia: Alfonso J. Rodríguez-Morales.
 Dirección: C.R.Los Ángeles, T-2, 10-2. Sec.Pque.Cigarral, Urb. La Boyera. Caracas 1083, Venezuela.
 Telefono: 58 416 826 9482. Fax: 58 212 442 9790.
 Correo electrónico: ajrodriguezmd@hotmail.com.

GLOSARIO⁶

Alerta temprana, sistemas de: un sistema constituido por modelos matemáticos y medidas de vigilancia, diseñados para la detección temprana, prevención y control de una epidemia de una enfermedad infecciosa o cualquier otro evento anormal (por ejemplo: ondas de calor).

Atención Primaria en Salud (APS): programa de atención en salud esencial, a un costo que sea accesible al país y la comunidad, incorporando métodos que son prácticos, así como científica y socialmente aceptables. Esto puede incluir educación de la comunidad, promoción de suministros alimentarios apropiados, saneamiento básico, acceso al agua, planificación familiar y prevención y control de enfermedades endémicas en la localidad.

Biológico, modelo: una aproximación matemática para determinar la relación entre variables ambientales y un resultado de interés (por ejemplo: la distribución de vectores de enfermedades), usando asociaciones biológicas entre el ambiente y aspectos de la dinámica de poblaciones (por ejemplo: cambios en las tasas de desarrollo de vectores con variaciones en la temperatura). A diferencia de los modelos estadísticos, esta aproximación requiere un entendimiento detallado de la dinámica de las enfermedades en las poblaciones.

Calentamiento global: fenómeno observado y proyectado que produce incremento en la temperatura de la tierra.

Climática, variabilidad: variaciones en el estado promedio y en otros parámetros estadísticos (por ejemplo: desviaciones estándar, la ocurrencia de eventos extremos, etc.), del clima en todas las escalas temporales y espaciales más allá de los eventos climáticos individuales. La variabilidad puede deberse a procesos naturales internos dentro de un sistema climático, o a variaciones en fuerzas naturales o antropogénicas externas.

Climático, cambio: se refiere a una variación estadísticamente significativa tanto en el estado promedio del clima como en su variabilidad, persistente por un periodo extendido (típicamente décadas o más tiempo). El cambio climático puede ser debido a procesos naturales internos o fuerzas externas, a cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera. La UNFCC define el cambio climático como «un cambio de clima el cual es atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y la cual es en adición a la variabilidad climática natural observada en base a periodos de tiempo comparables».

Climático, modelos: una representación numérica del sistema climático basada en propiedades físicas, químicas y biológicas de sus componentes, sus interacciones y procesos de retroalimentación, y contando para todas o algunas de sus propiedades conocidas. El sistema climático puede ser representado por modelos de complejidad variable, difiriendo en aspectos tales como el número de dimensiones espaciales y

la extensión en la cual los procesos físicos, químicos o biológicos son representados. Los modelos de circulación general acoplados atmósfera-océano (AOGCMs) proveen una representación comprensiva del sistema climático. Hay una evolución hacia modelos más complejos con química y biología activa. Los modelos climáticos son aplicados como una herramienta de investigación al estudio y simulación del clima, pero también para propósitos operativos, incluyendo predicciones climáticas.

Climático, sistema: un sistema altamente complejo integrado por cinco componentes mayores: la atmósfera, la hidrosfera, la criósfera, la superficie terrestre y la biosfera, y las interacciones entre ellos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica internas y debido a fuerzas externas (por ejemplo: erupciones volcánicas) y humanas (por ejemplo: cambios en la composición de la atmósfera por contaminación).

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC): Convención firmada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo en 1992. Los gobiernos firmantes de la convención aceptaron estabilizar las concentraciones de gases que producen el llamado efecto invernadero en la atmósfera, a un nivel que pudiese prevenir la dañina interferencia antropogénica con el sistema climático.

Demografía: el estudio de las poblaciones, especialmente con referencia al tamaño y densidad, fertilidad, mortalidad, crecimiento, distribución etaria, migración, y la interacción de todos los factores con condiciones sociales y económicas.

El Niño Oscilación del Sur (ENSO): El Niño, en su sentido original es una corriente de agua caliente que fluye periódicamente a lo largo de las costas de Ecuador y Perú. Este evento se asocia con fluctuaciones de los patrones de presiones superficiales intertropicales y la circulación en los océanos Índico y Pacífico, llamada Oscilación del Sur (*Southern Oscillation*). Este fenómeno de acoplamiento atmósfera-océano es colectivamente llamado El Niño-Oscilación del Sur (ENSO, *El Niño Southern Oscillation*). Durante un evento El Niño, los vientos prevalentes son débiles y la corriente contraria ecuatorial se incrementa, causando calentamiento de las aguas superficiales en el área de Indonesia para fluir en sentido oriental para unirse a las aguas frías de la corriente de Perú. Este evento tiene gran impacto en el viento, la temperatura superficial del mar, y los patrones de precipitación en el Pacífico tropical. Tiene efectos climáticos a través de la región del Pacífico y en muchas otras partes del mundo. El evento opuesto a El Niño es llamado La Niña.

Emergency Events Data Base (EM-DAT): La base de datos de eventos de emergencia, ha sido creada y mantenida por la Universidad de Católica de Louvain en Bélgica. El principal objetivo de la base de datos es servir a los propó-

sitos de acción humanitaria a niveles nacional e internacional. Por ejemplo, permite decidir si los deslaves en un país dado son más significativos en términos de impacto humano que un terremoto, o si un país es más vulnerable que otro.

Endémico: término aplicado para describir un patrón de transmisión relativamente estable, sostenido, de una infección dentro de una población específica en cierta localidad o región.

Enfermedades infecciosas emergentes: una enfermedad que es nueva en la población o que está incrementando rápidamente su incidencia o expandiéndose en su rango geográfico.

Enzootia: es una enfermedad zoonótica y endémica –Afecta principalmente animales pero ocasionalmente puede afectar a seres humanos, tales como la fiebre amarilla.

Epidémico: ocurrencia de casos en una comunidad o región, con un comportamiento sanitario específico o con otros eventos relacionados, en una magnitud mayor a la esperada. La comunidad o región y el período en los cuales ocurren los casos son especificados en forma precisa. El número de casos indicando la presencia de una epidemia varía de acuerdo con el agente infeccioso, tamaño y tipo de población expuesta, experiencia previa o falta de exposición a la enfermedad y el tiempo y lugar de ocurrencia.

Epidemiología: estudio de la distribución y los determinantes de eventos o estados relacionados con la salud en poblaciones especificadas. La epidemiología es la ciencia cuantitativa básica de la salud pública.

Epizootia: un brote (epidémico) de una enfermedad en una población animal, a menudo con la implicación de que puede afectar a seres humanos.

Evaluación de Impactos en Salud (health impact assesment): es la combinación de procedimientos, métodos y herramientas por los cuales una política, proyecto o riesgo puede ser juzgado así como sus potenciales efectos en la salud de una población, y la distribución de dichos efectos dentro de la población.

Fourier, análisis de (análisis espectral): un análisis matemático que describe las variaciones dentro de una serie de tiempo de datos en términos de ciclos, de diferentes frecuencias y amplitudes. Es a menudo usado para describir variaciones cíclicas de largo plazo y estacionales en la incidencia de una enfermedad.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): es un grupo de expertos establecido en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y el Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP). Su papel es evaluar la información científica, técnica y socioeconómica relevante para el entendimiento del riesgo humano inducido por el cambio climático, basado principalmente en literatura científica publicada y arbitrada. El IPCC tiene 3 grupos de trabajo y un comité de expertos.

Kyoto, protocolo de: acuerdo adoptado en la tercera sesión de la conferencia de la UNFCCC en Japón, 1997. Contiene acuerdos legales en adición a los incluidos en la UNFCCC.

Montreal, protocolo de: acuerdo internacional firmado en 1987 para limitar la producción y emisión de sustancias que depletan el ozono estratosférico. Los firmantes del protocolo aceptaron posteriormente los ajustes y enmiendas de Londres y Copenhague en 1990 y 1992, respectivamente, con el objetivo de acelerar la fase de acabar con las sustancias depletantes de ozono para el 1 de enero de 1996 (aunque algunos retrasos concedidos se aplicaron a algunos países en vías de desarrollo).

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): índice medido remotamente, el cual es usado para clasificar el «verdor» (por ejemplo: la cobertura de vegetación) de un área. Está relacionado con la proporción de radiación fotosintética absorbida, y calculado de reflectancias atmosféricamente corregidas de los canales visibles e infrarrojo cercano por los satélites, sensores remotos.

Predicción: en el contexto de clima, la predicción es el resultado de un intento por producir una descripción o estimado, la más probable posible, de la evolución actual del clima en el futuro (por ejemplo: en escalas de tiempo estacionales, interanuales o de largo plazo).

Resolución/escala espacial y temporal: el clima puede variar en un gran rango de escalas espaciales y temporales. Las escalas espaciales pueden ir de la alta resolución o local (menos de 100 000 km²), a continentales o de baja resolución (10 a 100 millones de km²). Las escalas temporales pueden ir en un rango de lo estacional a lo geológico (hasta cientos de millones de años).

Series de tiempo, análisis de (Time-series analysis): métodos estadísticos usados para describir eventos que son medidos en una secuencia ordenada en intervalos de tiempo iguales, y menudo para analizar sus variaciones como funciones de otras variables (por ejemplo: análisis de los registros diarios de tasas de mortalidad diarias, como una función variación concurrente en la temperatura).

Temperatura de la superficie del mar (Sea surface temperature, SST): es la temperatura del agua a un metro por debajo de la superficie del mar. Sin embargo, hay una variedad de técnicas para medir este parámetro que puede potencialmente generar diferentes resultados debido a diferentes cosas que actualmente son medidas. Los sensores remotos satelitales han estado siendo muy usados para medir la SST y proveer una enorme ventaja en nuestra capacidad de observar las variaciones especiales y temporales de la SST. La medición satelital es hecha por el sensoramiento de la radiación oceánica en dos o más longitudes de onda en la parte infrarroja del espectro electromagnético, el cual puede ser empíricamente relacionado con la SST.

Zoonosis: una enfermedad infecciosa de animales vertebrados que puede ser transmitida a seres humanos.