

Nota Tecnológica

Implementación de APPs: propuesta metodológica para impulsar la salud ambiental

Implementation of APPs: methodological proposal to promote environmental health

<https://doi.org/10.52808/bmsa.7e5.612.027>

Delia Marlene López Domínguez^{1,*}

<https://orcid.org/0000-0002-7304-2995>

Silvia Elizabeth Bonilla Veloz²

<https://orcid.org/0000-0003-2377-3041>

Elsy Labrada González³

<https://orcid.org/0000-0002-6828-8675>

María Fernanda Latorre Barragán⁴

<https://orcid.org/0000-0002-9280-705X>

Recibido: 26/02/2021

Aceptado: 15/04/2021

RESUMEN

La salud ambiental es la relación entre el bienestar físico y psicosocial de personas y comunidades con el conjunto de condiciones físicas, químicas, biológicas, climáticas, socioculturales y económicas que las rodean. Los impactos de la producción agrícola, energética e industrial, así como la deforestación y el uso y manejo del agua y los desechos, se conocen como ambiente social, y han generado grandes y duraderas consecuencias que afectan tanto al ambiente como a los seres vivos. Actualmente una cuarta parte de las muertes globales están relacionadas con la salud ambiental, lo cual significa que es posible mejorar la salud humana al promover los ambientes saludables, en especial frente a los factores de riesgo ambiental modificables, que son aquellos razonablemente susceptibles a gestión o cambio dado el conocimiento y la tecnología actuales, los recursos y la aceptabilidad social. El objetivo de la investigación es incluir la tecnología como impulsora de la salud ambiental, considerando los contextos científico, tecnológico, económico y legal, en la creación de aplicaciones móviles (APPs) que empoderen a los ciudadanos, para que puedan reportar en tiempo real y con datos precisos los eventos y situaciones que afecten su medio ambiente (por aire, agua y tierra) en su comunidad; convirtiéndose además en un modelo metodológico viable para su desarrollo en localidades y ciudades de Latinoamérica y del mundo.

Palabras claves: App, salud, metodología, ambiente.

ABSTRACT

Environmental health is the relationship between physical and psychosocial well-being of people and communities with the set of physical, chemical, biological, climatic, socio-cultural and economic conditions that surround them. The impacts of agricultural, energy and industrial production, as well as deforestation and the use and management of water and waste, are known as the social environment, and have generated great and lasting consequences that affect both the environment and living beings. Currently a quarter of global deaths are related to environmental health, which means that it is possible to improve human health by promoting healthy environments, especially against modifiable environmental risk factors, which are those reasonably susceptible to management or change given current knowledge and technology, resources, and social acceptability. The objective of the research is to include technology as a driver of environmental health, considering the scientific, technological, economic and legal contexts, in the creation of mobile applications (APPs) that empower citizens, so that they can report in real time and with accurate data on events and situations that affect your environment (by air, water and land) in your community; also becoming a viable methodological model for its development in towns and cities in Latin America and the world.

Key words: App, salud, metodología, environment.

1 Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Ecuador

*Autor de Correspondencia: ua.delialopez@uniandes.edu.ec

Introducción

La salud, más allá de la ausencia de enfermedades, mayormente es entendida como el bienestar de las personas y comunidades en aspectos que engloban desde lo físico a lo psicosocial. Al enmarcar esta definición dentro del medio ambiental en que vivimos, se genera el concepto de salud ambiental y su relación con el conjunto de condiciones físicas, químicas, biológicas, climáticas, socioculturales y económicas que los rodean (Castro R. & Pérez R., 2009. Saneamiento rural y salud. Guía para acciones a nivel local. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/5282>). Estas interacciones pueden clasificarse en tres grandes categorías: la primera, el ambiente biológico compuesto por el hábitat, la flora y la fauna, incluyendo reservorios de agentes etiológicos y sus vectores; la segunda es el ambiente físico-químico, conformado por el suelo, el aire, el agua, y el clima, en los cuales pueden encontrarse patógenos y contaminantes que afectan al hombre; la tercera se refiere al ambiente social, derivado de los impactos de la producción agrícola, energética e industrial, así como la deforestación y el uso y manejo del agua y los desechos. Esta última

interacción es la que mayor variabilidad ha mostrado en las últimas décadas, directamente relacionada con el comportamiento exponencial del crecimiento urbanístico e industrial, generando a su vez mayores y más duraderas consecuencias que afectan tanto al ambiente como a los seres vivos. Derrames petroleros, incendios forestales, calentamiento global y contaminación oceánica son ejemplos macro de ello, mientras que el mal manejo de los desechos y de los residuos sólidos, el uso inadecuado de plaguicidas y la contaminación de recursos hídricos, entre muchos otros, son resultado de la acción local del hombre.

El objetivo principal de esta investigación consiste en incluir la tecnología como variable del ambiente social en el impulso de la salud ambiental, considerando para ello el estudio de cuatro marcos principales: científico, tecnológico, económico y legal.

Marco científico

Uno de los primeros estudios globales, interdisciplinario y de amplio alcance que relacionó los ambientes saludables con la prevención de enfermedades fue el publicado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2006, determinando que una cuarta parte de la morbilidad y mortalidad en el mundo eran atribuibles a factores ambientales modificables, y destacando que la tercera parte de las enfermedades en niños menores de cinco años tenían relación con la exposición a riesgos ambientales (Prüss-Üstün & Corvalán, 2006. Ambientes saludables y prevención de enfermedades. Hacia una estimación de la carga de morbilidad atribuible al medio ambiente. Resumen de orientación de la Organización Mundial de la Salud, OMS. ISBN: 9789243594200 Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43452/1/9243594206_spa.pdf?ua=1). Estas cifras fueron actualizadas y confirmadas en 2012 con muy leves modificaciones, encontrando que 12,6 millones de fallecimientos en todo el mundo, el 23% (13–34%, IC=95%) de todas las muertes, fueron atribuibles al medio ambiente. Al tomar en cuenta tanto muerte como morbilidad, la fracción de la carga mundial de morbilidad debida al medio ambiente es del 22% (13–32%, IC=95%). En los niños menores de cinco años, hasta el 26% (16–38%, IC=95%) de todas las muertes podrían prevenirse, si se eliminaran los riesgos ambientales. Adicionalmente, de 133 enfermedades o lesiones consideradas a nivel global, 101 tenían vínculos significativos con el medio ambiente. Entre estas últimas, las enfermedades no transmisibles, como los accidentes cerebrovasculares, los cánceres y las neumopatías crónicas, constituyen casi dos terceras partes del total de muertes debidas la insalubridad del medio ambiente (Figura 1) (Prüss-Ustün A., Wolf J., Corvalán C., Bos R. & Neira M., 2016. Preventing disease through Healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. ISBN 9789241565196. Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204585/1/9789241565196_eng.pdf?ua=1).

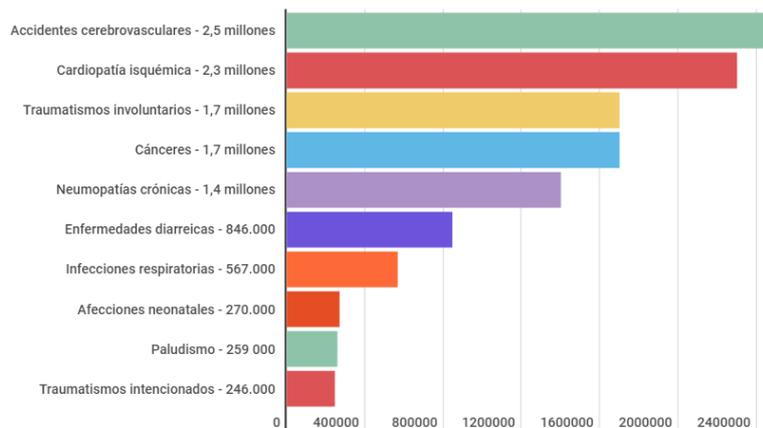


Figura 1. Las diez causas principales de muerte relacionadas con el medio ambiente a nivel global.

Al comprender que es posible mejorar la salud humana al promover los ambientes saludables, se desprende la necesidad de definir factores de riesgo ambiental modificables, que son aquellos razonablemente susceptibles a gestión o cambio dados el conocimiento y la tecnología actuales, los recursos y la aceptabilidad social (Figura 2). Éstos factores pueden clasificarse de distintas formas: según la naturaleza del riesgo, que puede ser biológico, químico, físico, mecánico o psicosocial; también puede estudiarse de acuerdo al ambiente donde ocurren los peligros, como el hogar, el trabajo, la institución educativa o las comunidades; y por último, de acuerdo a las rutas de exposición a esos factores, aire, agua y tierra (Tabla 1) (Castro R. & Pérez R., 2009. Saneamiento rural y salud. Guía para acciones a nivel local. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/5282>). Esta última clasificación, desarrollada en diversas publicaciones analizadas (Peña F., 1997. Manual de saúde ambiental. Edições Lea: 120p. ISBN.: 8489947104 & OPS, 2000. La salud y el ambiente en el desarrollo sostenible. Publicación Científica 572: 108. ISBN 9275315728) es la que, a juicio de los autores, permite una mejor comprensión del público general, teniendo en cuenta el objetivo metodológico, por lo cual se eligió para estructurar el estudio del actual marco científico de la salud y el ambiente:



Figura 2. Factores de riesgo ambientales para la salud.

Fuente: OMS, 2021. Disponible en: https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/PHE-prevention-diseases-infographic-ES.pdf?ua=1

Tabla 1. Factores de riesgo biológicos, químicos y físicos por rutas de exposición ambiental.

		Biológicos	Químicos	Físicos
AIRE	Agente/Fuente	Microorganismos	Humo, polvo, partículas	Radiaciones, Ruido
	Factores patogénicos	Exhalaciones, tos	Aire contaminado	Clima
	Rutas	Inhalación, contacto	Ingestión, contacto	Exposiciones no resguardadas
AGUA	Agente/Fuente	Microorganismos, materia orgánica en descomposición	Descargas, vertederos, lixiviados	Radiación
	Factores patogénicos	Insectos, roedores, caracoles; excreta de animales	Alimentos y agua contaminados	Accidente: contaminación del agua y alimentos
	Rutas	Mordeduras, ingestión, contacto	Ingestión, contacto	Ingestión, contacto
TIERRA	Agente/Fuente	Organismos del suelo	Sólidos, líquidos	Radiación
	Factores patogénicos	desechos que pueden convertirse en fente de vectores	Contaminación de alimento y agua	Accidentes
	Rutas	Contacto, picadas	ingestión, contacto	ingestión, contacto

Fuente: Yassí A. *et al.*, 2002. Salud ambiental básica. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: 72. Disponible en: <http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/tysa/images/libros/Libro%20SALUD%20AMBTAL%20BASICA.pdf>.

Aire: El 92% de las personas que viven en ciudades no respiran un aire limpio, causando unas 6,5 millones de muertes asociadas a la contaminación del aire en 2012, lo que significó uno de cada nueve fallecimientos a nivel mundial (OMS, 2020. Contaminación atmosférica: campaña en favor de un aire limpio y un futuro saludable. Disponible en: <https://www.who.int/phe/breathe-life/es/>). En esas ciudades, los niveles de calidad del aire exceden los límites fijados en las directrices de la OMS sobre la calidad del aire ambiental para una media anual de 10 µg/m³ de partículas con diámetro inferior a 2,5 micrometros las cuales incluyen contaminantes como el sulfato, los nitratos y el hollín, que pueden penetrar profundamente en los pulmones y en el sistema cardiovascular, representando un grave riesgo para la salud humana (OMS, 2016. Ambient Air Pollution Database. Disponible en: https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/who-aap-database-may2016.xlsx?ua=1).

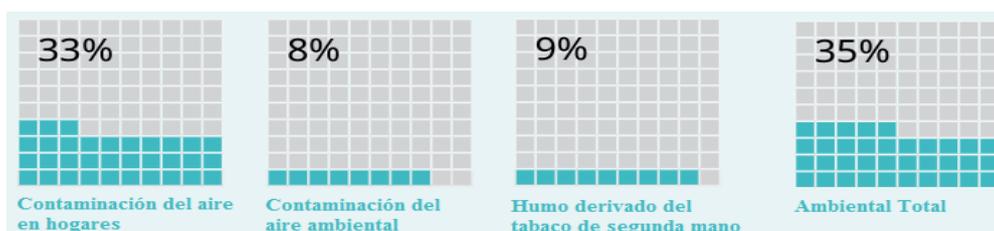


Figura 3. Factores relacionados con la infección de vías respiratorias inferiores en el mundo.

Fuente: Prüss-Ustün *et al.*, 2016

Ejemplos de estos riesgos se cuantifican en la figura 3, donde se observa que la contaminación del aire en los hogares fue responsable del 33% de la carga de morbilidad de las infecciones de las vías respiratorias inferiores en 2012; mientras que la exposición a la contaminación del aire ambiental fue responsable del 7,9% de la carga de morbilidad en el mismo año. Estos dos factores, al ser considerados en conjunto, son responsables del 35% (27-41%, IC=95%) de las infecciones de las vías respiratorias inferiores en el mundo (OMS, 2015. The Global Health Observatory. Disponible en: <http://www.who.int/gho/en/>). Adicionalmente, se ha determinado que el humo de tabaco ajeno es causante de neumonía, y se le atribuye el 9,3% de las infecciones de las vías respiratorias inferiores (Lim S., Vos T., Flaxman A., Danaei G., Shibuya K., Adair-Rohani H., *et al.*, 2012. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, 380(9859), 2224-2260. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61766-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61766-8)). De forma similar, los riesgos ambientales de infecciones de las vías respiratorias superiores, como faringitis, laringitis o sinusitis, incluyen la contaminación del aire, humo de tabaco ajeno y riesgos relacionados con la vivienda, como la exposición a ventiladores o mohos, y hacinamiento (Bush R., Portnoy J., Saxon A., Terr A. & Wood R., 2006. The medical effects of mold exposure. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 117(2): 326-333; Duse M., Caminiti S. & Zicari A., 2007. Rhinosinusitis: prevention strategies. *Pediatric Allergy Immunology*, Suppl 18: 71-74. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3038.2007.00639.x>; & Fisk W., Eliseeva E. & Mendell M., 2010. Association of residential dampness and mold with respiratory tract infections and bronchitis: a meta-analysis. *Environ Health*, 9,72. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-72>).

En resumen, las diversas patologías relacionadas con la contaminación del aire derivan anualmente en 6,5 millones de fallecimientos, de los cuales el 94% se debe a enfermedades no transmisibles, principalmente enfermedades cardiovasculares, accidentes cerebrovasculares, neumatía obstructiva crónica y cáncer de pulmón. Estas muertes serían prevenibles al modificar las principales fuentes de contaminación aérea producto de la intervención humana, como la quema y mala disposición de desechos sólidos, el uso de combustibles sólidos en los hogares y la inadecuada administración de desechos de la agroindustria y ganadería, además de las emisiones contaminantes asociadas a la urbanización, entre ellos los modos ineficientes de transporte, centrales eléctricas y las actividades industriales (OMS, 2016. La OMS publica estimaciones nacionales sobre la exposición a la contaminación del aire y sus repercusiones para la salud. Comunicado de prensa. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact>).

Agua: El abastecimiento adecuado de agua potable es una reconocida necesidad básica de la humanidad. No obstante, más de 1.000 millones de personas carecen de acceso adecuado y seguro al suministro de agua, existiendo además distintos agentes físicos, químicos y biológicos que hacen del agua una sustancia insalubre. La excreta de aguas residuales sin tratamiento, el vertido de residuos industriales y la escorrentía proveniente de los campos agrícolas tratados con herbicidas y plaguicidas son la mayor fuente de contaminación de las aguas dulces. Muchas aguas superficiales y subterráneas se encuentran ahora contaminadas con químicos, metales pesados y componentes orgánicos persistentes debido al desarrollo industrial, el crecimiento exponencial de los asentamientos humanos y la utilización creciente de sustancias orgánicas de origen sintético (OPS, 2000. La salud y el ambiente en el desarrollo sostenible. Publicación Científica 572: 108. ISBN 9275315728).

Las fuentes hídricas como pozos o manantiales pueden contaminarse con agentes etiológicos como *Cryptosporidium parvum*, presente en la defecación del ganado parasitado, en presencia de condiciones climáticas como lluvia (Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B, *et al.*, 2009. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. OMS – IWA. ISBN 9789243562636) o crecientes, tal como ocurrió en 1993 en la ciudad de Milwaukee donde más de 400000 habitantes enfermaron con diarrea acuosa durante un promedio de 10 días debido a éste patógeno (MacKenzie WR. *et al.*, 1994. A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *New England journal of medicine*; (331):161-167 & Solo-Gabriele H. & Neumeister S., 1996. US outbreaks of cryptosporidiosis. *Journal of the American Waterworks Association*: 76-86). Adicionalmente, condiciones del almacenamiento de agua destinada a consumo, como el uso de depósitos al aire libre, posibilitan la contaminación con bacterias como *Salmonella* y *Campylobacter* al estar expuestos a la defecación de aves (Martines J, Phillips M, Feachem GA., 1993. Diarrhoeal diseases. Disease control priorities in developing countries. New York, Oxford University Press).

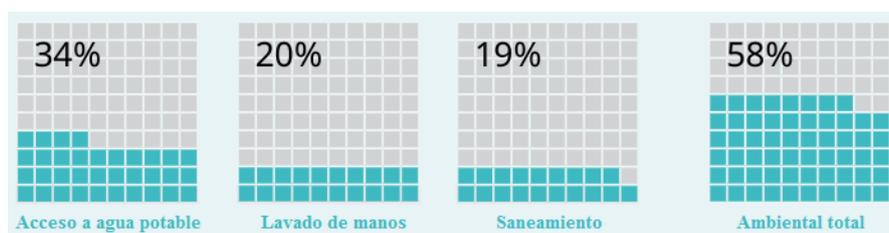


Figura 4. Factores relacionados con enfermedades diarreicas en el mundo.

Fuente: Prüss-Ustün *et al.*, 2016

Las condiciones de acceso y salubridad del agua se relacionan con la tercera parte de las enfermedades diarreicas (Figura 4), afectando de manera especial a la población infantil, donde representa el 20% de las muertes en niños menores de cinco años en todo el mundo. Uno de los patógenos presentes en los casos de diarrea infantil es el rotavirus (Kotloff KL., Nataro JP., Blackwelder WC., Nasrin D., Farag TH., Panchalingam S., *et al.*, 2013. Burden and aetiology of diarrhoeal disease in infants and young children in developing countries - the Global Enteric Multicenter Study, GEMS: a prospective, case-control study. *Lancet*, 382(9888): 209-222. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60844-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60844-2) & Tate JE., Burton AH., Boschi-Pinto C., Steele AD., Duque J., Parashar UD. & the WHO-coordinated Global Rotavirus Surveillance Network, 2012. 2008 estimate of worldwide rotavirus-associated mortality in children younger than 5 years before the introduction of universal rotavirus vaccination programmes: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet, Infectious Diseases*, 12(2): 136-141. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(11\)70253-5](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(11)70253-5)) que ingresa principalmente por vía fecal-oral, a través del contacto con manos, superficies, objetos y agua contaminada (Ansari SA., Springthorpe VS. & Sattar SA., 1991. Survival and vehicular spread of human rotaviruses: possible relation to seasonality of outbreaks. *Reviews of infectious diseases*, 13(3): 448-461). En total, el 58% (34-72%) de los casos de diarrea a nivel global (Figura 4) son atribuibles al medio ambiente al incluir factores como el saneamiento (19%) y otros, lo que resulta en 842000 muertes anuales. El cólera, la giardiasis, las fiebres tifoidea y paratifoidea son parte de las enfermedades diarreicas más temidas, al igual que las debidas a distintas bacterias, virus y parásitos como, *Shigella* y *Escherichia coli* no humana, fuera de los ya mencionados. Kotloff *et al.* relacionan adicionalmente la recurrencia de enfermedades infecciosas como la diarrea con estados de nutrición deficiente y con diagnósticos de retraso en el crecimiento (Checkley W., Buckley G., Gilman RH., Assis AM., Guerrant RL., Morris SS., *et al.*, 2008. Multi-country analysis of the effects of diarrhoea on childhood stunting. *International Journal of Epidemiology*, 37(4): 816-830. <https://doi.org/10.1093/ije/dyn099>).

Otras enfermedades que guardan relación con el agua son las de origen vectorial, que son aquellas transmitidas por vectores como mosquitos, que prefieren las aguas estancadas para su crecimiento larvario. El almacenamiento de agua potable y otras aguas urbanas, de contenedores que incluyen bidones, bases de macetas, canaletas, lonas, llantas y contenedores desechados, pueden recoger agua de lluvia y proporcionar hábitats vitales en la ovoposición de éstas especies vectoriales derivando en la permanencia o aumento de sus poblaciones como también del riesgo epidemiológico (Lema B., Delgado E., Lema A., Navas J., & Gutiérrez J., 2021. Exposición ocupacional a insecticidas en el control de vectores *Aedes* en Ecuador. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 61(1): 21-28. <https://doi.org/10.52808/bmsa.7e5.611.004>). Como ejemplo se destacan las diversas especies de *Anopheles*, responsables de la infección parasitaria por *Plasmodium*, diagnóstico conocido como malaria; y de *Aedes*, que son transmisores ocasionales de los virus de Potosí, Cache Valley, La Crosse, encefalitis equina oriental, encefalitis equina venezolana y Mayaro (Weaver, S., & Reisen, W., 2010. Present and future arboviral threats. *Antiviral research*, 85(2): 328-345. <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2009.10.008>) además de ser vectores competentes de los virus del dengue, fiebre amarilla, chikungunya y zika (OPS, 2019. Documento operativo de aplicación del manejo integrado de vectores adaptado al contexto de las Américas. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51760>) para los no existe un tratamiento específico ni métodos efectivos de inmunización, siendo el control vectorial la única forma de controlar la transmisión (Goindin D, Delannay C, Gelasse A, Ramdini C, Gaude T, Faucon F, *et al.* (2017). Levels of insecticide resistance to deltamethrin, malathion, and temephos, and associated mechanisms in *Aedes aegypti* mosquitoes from the Guadeloupe and Saint Martin islands (French West Indies). *Infect Dis Poverty*. 6(1)).

Tierra: La contaminación del suelo repercute en diversos factores que se relacionan con la salud humana, alterando la biodiversidad, reduciendo la materia orgánica que contiene y su capacidad para actuar como filtro. También se contamina el agua almacenada en el suelo y el agua subterránea, provocando un desequilibrio de sus nutrientes. Entre los contaminantes del suelo más comunes se encuentran los metales pesados, los contaminantes orgánicos persistentes y los contaminantes emergentes, como los productos farmacéuticos y los destinados al cuidado personal (FAO, 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1126977/>).

Uno de los principales problemas medioambientales relacionado con el suelo es la incorrecta disposición de desechos sólidos. Revisiones sistemáticas como la publicada por Fonseca & Núñez (Fonseca S. & Núñez D., 2015. Revisión de literatura para determinar la relación entre manejo de basuras e impacto en la salud (2000-2015). *Salud Areandina*. 4(2):82-97. Disponible en: <https://revia.areandina.edu.co/index.php/Nn/article/view/1579>) agrupan las conclusiones de diversos autores respecto a la relación entre el manejo ineficiente de las basuras con el detrimento en la salud de los pobladores, en especial con la prevalencia de afecciones respiratorias, parasitismo intestinal, diarreas, infecciones oculares y enfermedades de origen vectorial como el dengue y la malaria.

Al respecto, Gotera *et al.*, (2019) desarrollaron una investigación correlacional identificando los factores de riesgo en entornos con acumulación de basura y presencia de fauna nociva, llevado a cabo en tres comunidades del municipio Maracaibo, Venezuela, con una muestra de 345 individuos, donde el 48% vivía en condiciones inadecuado saneamiento ambiental, encontrando la prevalencia de parasitosis en el 46% de los participantes. Entre los afectados, varios de ellos coparasitados, el 72% mostraron la presencia de *Blastocystis sp.*, el 23% de *Endolimax nana*, el 18% de

Entamoeba coli y el 17% de *Complejo Entamoeba*. Finalmente, la proporción de parasitosis cuando existe un deficiente saneamiento ambiental fue del 39%, relacionando la acumulación de basura como un factor de riesgo en un 98% (Gotera J., Panunzio A., Ávila A., Villarroel F., Urdaneta O., Fuentes B., *et al.*, (2019). Saneamiento ambiental y su relación con la prevalencia de parásitos intestinales. *Kasmera*. 47(1):59-65. Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/kasmera/article/view/24678>). Estos hallazgos son congruentes con las conclusiones de Prüss-ustün *et al.*, (2016) quienes detallan que la carga de morbilidad debida a las infecciones por helmintos transmitidos por el suelo se atribuye a condiciones ambientales controlables casi en su totalidad.

En el marco de la salud ambiental, al estudio de la contaminación del suelo se añade el impacto de la infraestructura creada por el hombre, incluyendo las lesiones accidentales que se relacionan con estructuras peligrosas. Aproximadamente el 26% (15-52%) de las caídas y lesiones se atribuyeron a esta causa en países de ingresos altos, mientras que en los países de ingresos bajos y medios esta cifra aumenta al 31% (15-60%).

Marco tecnológico

La OMS establece en su informe de 2016 (Prüss-Ustün *et al.*, 2016) la necesidad de incluir herramientas como la tecnología en la prevención de riesgos ambientales fomentando así la salud pública, al considerar que el acceso de la población a Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) ha tenido un crecimiento constante a nivel global en el actual milenio. Por ejemplo en Ecuador, en diciembre de 2019, casi la mitad de ecuatorianos mayores de cinco años eran poseedores de un teléfono inteligente, es decir, dispositivos celulares con acceso a internet y aplicaciones, y funciones adicionales como cámara integrada y sistema de geolocalización. Igualmente, el número de personas que utilizan el internet en el país se duplicó entre los años 2011 y 2019 (31,37% y 59,18%, respectivamente); cifras que son más relevantes al considerar la creciente tendencia de los internautas (85,95%) hacia su uso diario (Figura 5).

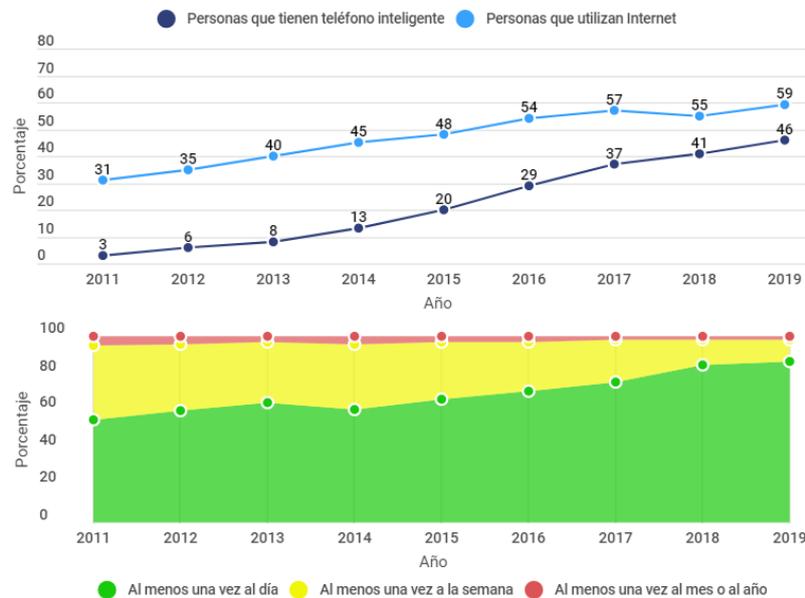


Figura 5. Superior: Porcentaje de ecuatorianos que tienen un teléfono inteligente y de ecuatorianos que utilizan internet de 2011 a 2019. Inferior: frecuencia comparativa de uso del internet entre 2011 y 2019

Datos obtenidos de Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador INEC, 2021. TIC. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-tic/>

Marco económico

En Ecuador, en el año 2010, el gasto nacional en salud fue de US\$ 5066 millones, de los que el 55% correspondieron a gasto público, es decir US\$ 2769 millones lo que representó el 4,7% del PIB de la nación para ese año (OPS, 2012. Un análisis de salud pública en Latinoamérica y el Caribe: Ecuador. Disponible en: <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2012/TAR-HojaEcuador.pdf>). Gran parte de este gasto sectorial es destinado a cubrir la atención de enfermedades y morbilidades. Sin embargo, diversas investigaciones realizadas a nivel global dan cuenta de una relación Costo/Beneficio favorable, al considerar la inversión en la promoción de la salud frente a los costos derivados de la atención en múltiples escenarios. Al respecto, la OPS en su Publicación Científica y Técnica No. 622, Vol.1 denominada Salud en las Américas (ISBN 9789275316260) del año 2007, estudió cinco escenarios en el campo ambiental, considerando datos epidemiológicos, demográficos y económicos de diversas fuentes internacionales, de cobertura y costos en América Latina y el Caribe. El impacto de las intervenciones en agua y saneamiento se midió en términos de la reducción de casos de enfermedad o muerte relacionados con diarreas infecciosas y los ahorros

correspondientes de tratamiento para el sector salud y para los pacientes, los valores relacionados con muertes e incapacidades evitadas, el tiempo ahorrado al no necesitar atención médica o no tener que acarrear agua (que se refleja de manera positiva en la productividad, la asistencia escolar y la calidad de vida), entre otros (Tabla 2). En todos los escenarios, se encontró una relación Costo/Beneficio rentable, lo que significa que por cada dólar invertido se obtuvo un beneficio un mínimo de US \$ 4,9 (en la aplicación de Acceso universal a sistemas regulados de agua y saneamiento y tratamiento del agua y de aguas residuales) y máximo de US \$ 19,7 (en el escenario de un Acceso universal a agua y saneamiento y desinfección del agua en punto de uso).

Tabla 2. Costo/beneficio de escenarios de intervención en agua y saneamiento en América Latina y el Caribe

Escenarios (Acceso y nivel de servicio para 2015)	Costo Anual*	Beneficio anual*	Relación Costo/ Beneficio
1. Reducir en 50% el déficit de acceso a agua	171	2.199	12,8
2. Reducir en 50% el déficit de acceso a agua y saneamiento	788	9.635	12,2
3. Reducir en 100% el déficit en agua y saneamiento	1.577	22.532	14,3
4. Acceso universal a agua y saneamiento (escenario 3) más desinfección del agua en punto de uso	1.937	38.129	19,7
5. Acceso universal a sistemas regulados de agua y saneamiento. Tratamiento del agua y de aguas residuales	14.085	69.223	4,9

*En millones de dólares (US \$)

Estos resultados son similares a los aportados por Haller *et al* en 2007, quienes concluyeron que las intervenciones globales destinadas a la mejora en el suministro de agua, la calidad del agua y el acceso al saneamiento fueron rentables en la mayoría de las regiones y todas fueron rentables en las regiones de bajos ingresos. Una inversión de US \$ 1 en dichos programas generó un rendimiento de entre US \$ 5 y US \$ 6 (Haller L., Hutton G., & Bartram J., 2007. Estimating the costs and health benefits of water and sanitation improvements at global level. *J Water and Health*, 5(4): 467-480).

Otra revisión realizada por Utzinger *et al.*, centrada en la región subsahariana de África, estimó que los costos por muerte y ataque de malaria evitados fueron de US \$ 858 y US \$ 22,20 respectivamente, debido a la inversión preventiva; lo que redujo la morbilidad, la mortalidad y la incidencia relacionadas con la malaria entre un 70% y un 95% en un plazo de tres a cinco años (Utzinger J., Tozan Y., & Singer B., 2001. Efficacy and cost-effectiveness of environmental management for malaria control. *Tropical Medicine & International Health: TM & IH*, 6(9): 677-687).

Un último ejemplo es el hallazgo el entorno chino descrito en dos publicaciones, las cuales demostraron que un programa de control integral e intersectorial consistente en sacar el ganado de los pastizales infestados de caracoles, proporcionar maquinaria agrícola, mejorar el suministro de agua y el saneamiento y la educación sanitaria intensiva; era más rentable que un programa sanitario basado en el diagnóstico y tratamiento de seres humanos y ganado, educación sanitaria y molusquicidas focales (Lin D., Zeng X., Chen H., Hong X., Tao B., Li Y., *et al.*, 2009. Cost-effectiveness and cost-benefit analysis on the integrated schistosomiasis control strategies with emphasis on infection source in Poyang Lake region. *Zhongguo Ji Sheng Chong Xue Yu Ji Sheng Chong Bing Za Zhi*, 27(4): 297-302; & Yu Q., Zhao G., Hong X., Lutz E., & Guo J., 2013. Impact and cost-effectiveness of a comprehensive Schistosomiasis japonica control program in the Poyang Lake region of China. *Int J Environ Research and Pub Health*, 10(12): 6409-6421. <https://doi.org/10.3390/ijerph10126409>).

Marco legal

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) celebrada en la ciudad brasileña de Río de Janeiro en el año 1992, conocida también como “Cumbre para la tierra”, se planteó que las perspectivas de salud dependen de un equilibrio y desarrollo adecuado del entorno natural y social, como se afirma en el primero de sus veintidós principios, indicando que los seres humanos tienen derecho a una vida sana y productiva en armonía con la naturaleza (ONU, 1992. Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo. Río de Janeiro: Naciones Unidas. Disponible en: <http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-1annex1>). Veinte años después, en la misma ciudad, se llevó a cabo una nueva conferencia denominada “Río+20” con el objetivo de alcanzar un consenso que permitiera crear mecanismos hacia un equilibrio entre el bienestar y el medio ambiente; y en cuya declaración final se ratificaron los principios de la CNUMAD y se sentaron las bases para el acuerdo en el año de 2015, en la asamblea general de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que restablece el compromiso mundial de combatir los problemas de desarrollo urgentes en el mundo hasta el año 2030 (Figura 6). El tercero de los 17 objetivos es la salud y el bienestar; junto a éste, existen metas relacionadas con la salud, e igualmente ubicadas de forma clara en el contexto ambiental, como agua limpia y saneamiento, energía no contaminante, ciudades y comunidades sostenibles, acción por el clima, vida submarina y vida de ecosistemas terrestres.



Producido en colaboración con TROLLBACK+COMPANY | TheGlobalGoals@trollback.com | +1.212.529.1010
 Para cualquier duda sobre la utilización, por favor comuníquese con: dpicamp@igsr.un.org

Figura 6. Objetivos de desarrollo sostenible 2015 – 2030.

(ONU, 2015. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>)

En el año de 2018, el “Acuerdo de Escazú” fue firmado por catorce países de América Latina y el Caribe incluyendo a Ecuador, siendo la participación pública en asuntos ambientales una de sus tres temáticas principales (CEPAL, 2018. Catorce países firman en la sede de la ONU tratado de nueva generación sobre acceso a la información, la participación pública y la justicia en asuntos ambientales. Comunicado de prensa. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/comunicados/catorce-paises-firman-la-sede-la-onu-tratado-nueva-generacion-acceso-la-informacion-la>). Tras la ratificación de 12 países en enero de 2021, el acuerdo entrará en vigor el 22 de abril del mismo año, renovando el compromiso de estos Estados con la protección del planeta y de las personas (CEPAL, 2021. Acuerdo de Escazú entra en vigor en América Latina y el Caribe en el Día internacional de la Madre Tierra. Comunidad de prensa. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/comunicados/acuerdo-escazu-entra-vigor-america-latina-caribe-dia-internacional-la-madre-tierra>)

En Ecuador, a través de los años, se han dado distintos niveles de importancia al medio ambiente plasmadas en los textos de cada constitución redactada. En el actual constitucionalismo de Montecristi (2008) el espíritu legislador es la protección del patrimonio natural y cultural del país, donde la naturaleza se convierte en sujeto de derechos, con respecto integral su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos garante de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir (Briceño D., 2021. Ambiente saludable: desde el constitucionalismo de Montecristi, 2008. Boletín de Malariología y Salud Ambiental, 61(1): 14-20. <https://doi.org/10.52808/bmsa.7e5.611.003>). La justiciabilidad y exigibilidad del derecho ambiental en la Constitución de 2008 hacen titular de la acción a toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad, quien podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Otro aspecto de particular importancia es que este reconocimiento en la carta magna constituye un avance en derecho, pero también se configura como una limitación al poder del Estado respecto del uso indiscriminado de los recursos no renovables (Mila Maldonado F. & Yáñez Yáñez, K., 2020. El constitucionalismo ambiental en Ecuador. Actualidad Jurídica Ambiental, n. 97, Sección “Artículos doctrinales”:26).

En la actualidad, la entidad nacional encargada de formular y coordinar la implementación de políticas, planes y programas en la promoción y protección de la salud ambiental y de ambientes sanos, es la Dirección Nacional de Ambiente y Salud, adscrita a la Subsecretaría Nacional de Promoción de la Salud e Igualdad del Ministerio de Salud. Su alcance abarca cuatro grandes campos: Primero, Propuestas de política pública en temas relacionados a la salud ambiental, su actualización e inclusión en los planes, gestiones, normativas y regulaciones emitidas desde el Ministerio de Salud Pública. Segundo, programas y proyectos en los ámbitos de la salud ambiental y cambio climático. Tercero, actas, memorias, declaratorias, acuerdos de foros, conferencias, y otros espacios de coordinación intersectorial y procesos para la inclusión de la política de salud ambiental. Cuarto, lineamientos para el análisis, adaptación y mitigación de los efectos en la salud humana causados por la exposición a factores de riesgo ambiental. Sin embargo, aún no se han implementado en el país tecnologías masivas que permitan la vigilancia ambiental en la promoción de la salud pública, las cuales están enmarcadas en los artículos 3, 32, 361 y 362 de la constitución de Montecristi, que responsabiliza al estado en “Formular políticas públicas que garanticen la promoción, prevención, curación, rehabilitación y atención integral en salud y fomentar prácticas saludables en los ámbitos familiar, laboral y comunitario” (Egas A., 2013. La evolución del gasto público en el sector salud en el Ecuador: Análisis de su contribución en el mejoramiento de la calidad del servicio otorgado. Período 2007-2012. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6097/T-PUCE-6334.pdf?sequence=1&isAllowed=y>).

Tabla 3. Conclusiones del estudio contextual para la aplicación de nuevas metodologías tecnológicas en la protección de la salud ambiental

Marco	Conclusiones
Científico	Existen factores ambientales que, al ser modificados, permitirán disminuir la morbilidad y mortalidad en el mundo. Estos factores pueden clasificarse de acuerdo a la ruta de exposición: Aire, agua y tierra.
Tecnológico	Es necesario incluir herramientas como la tecnología en la prevención de riesgos ambientales, fomentando así la salud pública. Actualmente, más de la mitad de población ecuatoriana es poseedora de al menos un teléfono inteligente, teniendo acceso en tiempo real a utilidades como cámara, internet o sistema de geolocalización, siendo una tendencia con ascenso sostenido en la última década.
Económico	Es más rentable invertir en la promoción de la salud que en la atención de enfermedades y morbilidades.
Legal	Las perspectivas de salud dependen de un equilibrio y desarrollo adecuado del entorno natural y social, concepto que se extiende en los objetivos de desarrollo sostenible ODS planteados por los estados miembros de la ONU. Ecuador es uno de los 14 estados pioneros en firmar el acuerdo de Escazú, pero aún no se han implementado tecnologías masivas de alcance nacional que permitan la vigilancia ambiental en la promoción de la salud pública. Los artículos 3, 32, 361 y 362 de la constitución de Montecristi responsabilizan al estado en formar políticas y programas que garanticen la prevención en salud fomentando prácticas saludables. Empoderar al ciudadano con el ambiente, en virtud del constitucionalismo de Montecristi, además de proporcionarle el conocimiento, consiste en darle las herramientas que le permitan actuar en pro de un cambio positivo

Precedentes:

Metodologías anteriores en vigilancia de la salud ambiental, como la propuesta por OMS en 1996 (Piza Texeira F., 1996. Manual sobre vigilancia ambiental. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/INTOR/guia-metodologica-manual-de-vigilancia-ambiental.pdf>) daban cuenta del beneficio de su aplicación en espacios geográficos reducidos, como ciudades, barrios o comunidades, siendo aplicadas en el desarrollo de diversas investigaciones a lo largo de varios años. Este tipo de estudios, como el publicado por Cáceres *et al.* (Cáceres J., Khilzi K., Estanga I., Cortez Y., Durán J., Fuentes P., *et al.* (2007). Evaluación ambiental rápida como procedimiento de vigilancia ambiental en Sorocaima II, municipio Mariño, estado Aragua, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 47(1), 139-148. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482007000100012&lng=es&tlng=es.) se basan en la colecta de datos mediante encuestas, sin embargo, fueron llevados a cabo en intervalos específicos de tiempo sin un seguimiento posterior, dificultando la aplicación de soluciones o programas a largo plazo derivados de sus conclusiones. En vista de lo anterior, Gosselin *et al.* (2001) en un trabajo conjunto entre la OMS/OPS y el centro de investigaciones CHUQ destacaban que los objetivos de la salud ambiental deben identificarse de tal manera que permitan y apoyen el incremento de la implementación y recolección de indicadores a través del tiempo (Gosselin P., Furgal C. & Ruiz A., 2001. Indicadores Básicos de Salud Ambiental para la Región de la Frontera México – Estados Unidos. Disponible en: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/3506/fep002116.pdf?sequence=1&isAllowed=y>) ampliando el concepto de Briggs *et al.* (1996) que definía estos indicadores como: “la expresión de la vinculación entre medio ambiente y salud, enfocando algún aspecto concreto en el ámbito de políticas o administración, y presentada en una forma que facilite su interpretación, permitiendo así la toma de decisiones con eficacia” (Briggs D., Corvalán C., & Nurminen M., 1996. Linkage Methods for Environment and Health Analysis. UNEP/US EPA/OMS, Ginebra, Suiza). En consonancia a este enfoque, y ante las conclusiones del análisis de los marcos científico, tecnológico, económico y legal (Tabla 3) se hace viable generar una plataforma digital que aproveche la masificación tecnológica, permitiendo coleccionar eventos y sucesos de riesgo que atenten contra la salud ambiental gracias a la inclusión de los ciudadanos, que deriven en acciones sistemáticas locales y nacionales sostenidas en el tiempo.

Metodología propuesta

La creación de APPs para cada ciudad o área metropolitana que permita la recolección de datos de eventos ambientales a lo largo de períodos ininterrumpidos, permitiendo análisis representativos que pueden ser sectorizados, catalogados y comparados de manera dinámica por instituciones oficiales (como alcaldías u oficinas de vigilancia sanitaria), académicas (universidades o centros de investigación) o ciudadanas (ONGs).

Programación: Es vital que la programación de la APP se desarrolle teniendo en cuenta la necesidad de un bajo consumo de recursos y de tamaño de descarga, unidas a una usabilidad práctica y eficiente. Actualmente, Java y Kotlin son los lenguajes de programación más usados en el desarrollo de aplicaciones para el sistema operativo Android. Tanto el primero, con dos décadas de historia, como el segundo, lanzado recientemente en 2017 por JetBrains y Google, son lenguajes de programación estáticos de código abierto que admiten la programación funcional y orientada a objetos, que permiten la interoperabilidad entre ellos (Google, 2021. Disponible en: <https://developer.android.com/kotlin/overview?hl=es>). Por otro lado, Python y Objective-C han permitido el desarrollo

de aplicaciones para iOS. Con el objetivo de lograr mejor rendimiento, Apple creó Swift, un lenguaje de código abierto que disponible bajo la licencia libre de Apache 2.0, que proporciona archivos binarios para OS X y Linux que compilan código para iOS, OS X, watchOS, tvOS y Linux (Apple, 2021. Disponible en: <https://www.apple.com/es/swift/>)

Permisos necesarios: La funcionabilidad de la aplicación hace necesarios el acceso a cámara, sistema de geolocalización, reloj del dispositivo, datos móviles, entre otros.

Interfaz: La sencillez y funcionabilidad de la aplicación, junto a un entorno gráfico claro y atractivo son claves en la masificación de esta herramienta. Se deben crear logos que identifiquen las tres categorías ambientales, aire, agua y tierra, donde serán agrupados los factores de riesgo ambientales para la salud; además de los comandos específicos que cada equipo de desarrolladores considere necesarios.

Público objetivo: Los habitantes de una ciudad específica, que podrán descargar de manera gratuita la aplicación desde su Play Store o App Store. Aunque la identificación de los usuarios (ID, género, edad, lugar de habitación, e-mail, número telefónico) permite mayor calidad de la data colectada, un registro opcional genera mayores índices de uso y recurrencia posteriores a su instalación. Tanto los usuarios anónimos como los registrados podrán acceder de igual forma a las funciones de la APP orientadas a la notificación de eventos que atentan contra la salud ambiental. Para promover el registro, pueden crearse ventajas adicionales a los usuarios que realicen este proceso, como la interacción y el acceso a foros temáticos, o la recepción de mensajes informativos relacionados con la salud, el ambiente, el urbanismo o eventos, mediante SMS o correo electrónico. Pueden incluso generarse incentivos como descuentos fiscales, en el caso del desarrollo y administración de la aplicación por entes oficiales.

Usabilidad: El objetivo principal de la aplicación es la compilación de 4 datos básicos: Fecha, lugar, documentación gráfica y descripción de situaciones que atentan contra la salud debido a factores de riesgos ambientales. El acceso a esta función debe ser intuitivo y directo, ubicando en la pantalla principal los logos correspondientes a aire, agua y tierra que al ser manipulados desplieguen las categorías descritas en la Tabla 2. Una vez seleccionada la categoría, se accede de manera directa a la cámara integrada en el dispositivo móvil para la toma de foto o video, según corresponda, llevando por último al usuario a una vista previa del evento notificado donde pueda escribir la descripción de su notificación. Al ser enviada, variables como la fecha y lugar son generadas y añadidas de manera automática, para su recopilación conjunta en bases de datos.

Tabla 4. Categorías a ser desplegadas en la interacción del usuario con la App propuesta

NÚCLEO	Categoría
AIRE	Mala disposición de desechos sólidos Quema de basura
	Fuente de olores contaminantes (como los generados por alcantarillados defectuosos, o cría no tecnificada de animales de granja en entornos urbanos) Contaminación sónica Emisiones contaminantes
AGUA	Estancamiento de agua (generadora de contaminación y posible cría de vectores) Alcantarillado deficiente o en mal estado Excreta de desechos hacia fuentes hídricas
TIERRA	Mala disposición de desechos sólidos Sustancias químicas peligrosas Estructuras inseguras

Escalabilidad: Los recursos invertidos en la prevención y promoción de la salud permiten una alta disminución en los costos derivados de la morbilidad y mortalidad de una población. Esta premisa depende, no obstante, del análisis interdisciplinario de la información recolectada en las bases de datos que derive en repuestas y acciones oportunas por parte de los organismos pertinentes. Por ello es necesaria la creación de centros de acción y respuesta, que coordinen las acciones de las fuerzas y entidades del estado como grupos policiales, cuerpos de bomberos, salvamento y rescate, grupos forestales e instituciones de recolección de desechos, mantenimiento urbano y acueductos, entre otras. Adicionalmente, el análisis y comparación en el tiempo de los datos y acciones permitirá medir las mejoras en la salud de los ciudadanos y la disminución de los factores modificables que hacen del ambiente un determinante para la salud.

Conflictos de intereses

Ninguno para declarar.