

# Propuesta metodológica para la evaluación de riesgos ambientales en contextos complejos: aplicación en instituciones de educación superior (IES)

*Proposal for the Evaluation of Environmental Risks in Complex Contexts: Application in Higher Education Institutions (HEI)*

Liven Fernando Martínez-Bernal<sup>a, b</sup>, Ana Lucía Caro-González<sup>b</sup>,  
Yesica Xiomara Daza-Cruz<sup>a</sup>, Katherine Andrea Roa-Polo<sup>c</sup>

## RESUMEN

El riesgo ambiental se define como la posibilidad de que suceda un evento con consecuencias ambientales de una gravedad determinada. Este tipo de riesgo es causado por la interacción entre las actividades humanas y los socio-ecosistemas, por lo tanto, hace referencia al impacto ambiental final y no al incidente que lo causa. En este artículo se presenta una propuesta metodológica para la evaluación de riesgos ambientales en contextos complejos (entornos caracterizados por un elevado número de variables y alta heterogeneidad), que permite definir el riesgo en función de las características de los espacios físicos, reduciendo la subjetividad e incertidumbre de las evaluaciones basadas en antecedentes para determinar la probabilidad y escalas cualitativas para determinar el grado de significancia de los posibles impactos. La metodología propone 24 riesgos ambientales genéricos y plantea una lista de chequeo para verificar y evaluar las condiciones de operación que podrían incidir sobre la probabilidad de ocurrencia del riesgo y/o su impacto en caso de concretarse. Para ilustrar la aplicación de esta propuesta metodológica en IES, se presenta un estudio de caso con información de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, el cual permite concluir que la asociación entre los riesgos ambientales y las condiciones de operación, puede ser un enfoque efectivo para mejorar estas evaluaciones en contextos complejos.

**PALABRAS CLAVE:** riesgo ambiental; metodología; impacto ambiental; contextos complejos.

## ABSTRACT

Environmental risk is defined as the possibility of an event having environmental consequences of a certain severity. This type of risk is caused by the interaction between human activities and socio-ecosystems, therefore it refers to the final environmental impact and not to the incident that causes it. This article presents a methodological proposal for the evaluation of environmental risks in complex contexts (environments characterized by a high number of variables and heterogeneity), which allows defining risk according to the characteristics of physical spaces. Thus, the evaluations' subjectivity and uncertainty is reduced based on antecedents to determine the probability and qualitative scales, which are useful to estimate the significance degree of the possible impacts. The methodology starts with the definition of 24 generic environmental risks and proposes a checklist to verify and evaluate the operating conditions that could affect the occurrence probability of the risk and/or its impact, should it materialize. To illustrate the application of this methodological proposal in HEI, a case study is presented with information from the *Universidad Nacional de Colombia* (Bogota Seat), which allows concluding that the association between environmental risks and operating conditions may be an effective approach to improve assessments in complex contexts.

**KEYWORDS:** environmental risk; methodology; environmental impact; complex context.

<sup>a</sup> Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales (IDEA). Bogotá, Colombia. ORCID Martínez-Bernal, L.F.: 0000-0002-2117-3715 ORCID Daza-Cruz, YX.: 0000-0003-1333-3341

<sup>b</sup> Secretaria de Educación Distrital. Bogotá, Colombia. ORCID Caro-González, A.L.: 0000-0001-8324-6126

<sup>c</sup> Investigador independiente. Bogotá, Colombia. ORCID Roa-Polo, K.A.: 0000-0003-4949-7006

<sup>d</sup> Autor de correspondencia: lfmartinezb@unal.edu.co

Recepción: 27 de septiembre de 2018. Aceptación: 15 de diciembre de 2018

## Introducción

El análisis de riesgos es una perspectiva de reciente acepción en relación con las implicaciones de la gestión de desastres. Esta propone que la gestión debe estar basada en el reconocimiento de las condiciones que propician la materialización de los desastres, más allá del diseño de una logística de atención o la descripción de la magnitud, la intensidad o la duración de estos. Así, los procesos de planeación comprenden la necesidad de prever los desastres a través de la evaluación del riesgo, y no se limitan a resarcir los daños causados por la naturaleza, como si la acción humana fuera ajena a estos procesos. Por lo tanto, se entiende que una sociedad, entidad u organización, no estaría en un proceso verídico de desarrollo si no considera la disminución de los niveles de riesgo como una de sus prioridades, lo que implica conocer las posibles amenazas a las que podría estar sometida y la disminución progresiva de la vulnerabilidad ante esos eventos (Lavell, 2001).

En este sentido, el *riesgo* se entiende como una creación social, que expresa la posibilidad de ocurrencia de un evento con potencial de causar algún daño a la sociedad, como resultado de la interacción con su entorno (Lavell, 2001). Por otra parte, el riesgo ambiental tiene como origen la relación entre los ecosistemas y las actividades antrópicas, que pueden tener consecuencias negativas en el ambiente (ICONTEC, 2009), como por ejemplo el deterioro de los recursos, pérdidas o perjuicios ecosistémicos, sociales, económicos, psicológicos, entre otros.

Ante la inminencia de la existencia de los riesgos, la gestión de los mismos radica en las acciones que la sociedad emprende para disminuir sus niveles, desde la estructuración de sistemas de información hasta la generación de medidas que permitan la recuperación ante la materialización de estos (Wilches-Chaux, 1998). Esta labor comprende el análisis de los factores que determinan el riesgo como amenaza y vulnerabilidad. Los primeros se refieren a la probabilidad de ocurrir un evento físico con repercusiones en la sociedad y los segundos, son las características propias de la sociedad (o entidades sociales) que la hacen susceptible frente a determinado evento y que disminuyen su capacidad de recuperación. De esta manera, la gestión integral del riesgo implica el

diseño de un conjunto de elementos, medidas, herramientas y acciones que intervengan en la amenaza y la vulnerabilidad para disminuir o mitigar los riesgos existentes (Cardona-Arboleda, 2008).

Las amenazas pueden ser: i) *naturales*; ii) *socio-naturales*, como fenómenos causados o potencializados por la interacción entre los seres humanos y los ecosistemas; iii) *antrópicos*, que son propios de la acción humana y tienen incidencia en los ecosistemas y las comunidades; y iv) *tecnológicos*, causados por la existencia de instalaciones que representan riesgo, en ocasiones aumentado por la manipulación en condiciones inadecuadas (Wilches-Chaux, 1998).

Por otra parte, los factores de vulnerabilidad pueden ser: i) *ambientales*, como una expresión de las interacciones que determinada comunidad tiene con su entorno; ii) *físicos*, relacionado con aspectos como la localización, calidad de las construcciones y técnicas para el uso de los recursos; iii) *económicos*, bien sea por escasez o por mala utilización en la gestión de los riesgos; y iv) *sociales*, relacionados con los factores culturales que determinan comportamientos que llevan a comunidades u organizaciones sociales a una posición de mayor exposición al riesgo. Adicionalmente, resulta indispensable diferenciar los actores, pues no toda la población presenta los mismos niveles de susceptibilidad (Wilches-Chaux, 1998).

Desde un marco normativo, la evaluación de riesgos ambientales ha propendido por ser un proceso sistemático y estructurado que permite combinar diferentes procedimientos y evaluaciones técnicas, para facilitar la toma de decisiones relacionadas con el ambiente. A través de normas y guías como ISO 31000 (ICONTEC, 2011), GTC 104 (ICONTEC, 2009) y GTC 45 (ICONTEC, 2010) se ha construido un marco técnico y legal que facilita la identificación y evaluación del riesgo. Sin embargo, las particularidades del contexto en el cual se desarrolla este tipo de análisis obligan a establecer nuevos procedimientos, que incluyan las especificaciones de las organizaciones o instituciones en las cuales se van a desarrollar.

Estas normas constituyen un marco general para la generación de sistemas de información, así como para definir los procedimientos y medidas necesarias

para la gestión del riesgo dentro de las organizaciones. No obstante, cuando se presentan espacios con una amplia variabilidad y heterogeneidad de condiciones, se constituyen entornos complejos sobre los cuales es preciso definir estrategias que permitan priorizar acciones para prevenir, mitigar o corregir la multiplicidad de factores de riesgo. Tal es el caso de las Instituciones de Educación Superior (IES), organizaciones que se caracterizan por la variedad de procesos que se desarrollan al converger en ellas diferentes ramas del conocimiento, y por albergar un gran número de personas (docentes, estudiantes, personal administrativo y visitantes) por lo que se generan amenazas y condiciones de vulnerabilidad distintas.

En entornos complejos una de las debilidades de la gestión del riesgo es el uso de metodologías que no analizan integralmente los riesgos potenciales. Igualmente se pueden presentar resultados subjetivos como consecuencia de la falta de organización en la metodología empleada y la ausencia de parámetros que permitan evaluar efectivamente los riesgos. Tomando en consideración este problema, se presenta una propuesta metodológica enfocada en la evaluación de riesgos ambientales, que busca reducir la subjetividad de la evaluación, facilitar el análisis de riesgos en escenarios complejos e incluir el contexto de la organización a través del análisis de las condiciones de operación, con el fin de abarcar la mayor cantidad de elementos que pueden ser considerados como factores de riesgo. Para ello se presentan los fundamentos conceptuales de la propuesta metodológica, el procedimiento para su aplicación, la definición de un conjunto de riesgos ambientales genéricos para facilitar su identificación, una muestra de condiciones de operación a evaluar, y los resultados de una aplicación de la metodología en el contexto de una IES.

## Fundamentación conceptual

El concepto de riesgo ha evolucionado históricamente, debido a la relación que se ha establecido con el concepto de amenaza y vulnerabilidad, términos que permiten conocer con mayor claridad la verdadera naturaleza del riesgo. Actualmente se considera

como una *amenaza* todo lo que represente un peligro latente, es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante un periodo de tiempo en un sitio determinado. Por su parte, la *vulnerabilidad* hace referencia a la susceptibilidad de sufrir algún daño o perjuicio. Se puede afirmar que la amenaza y la vulnerabilidad tiene una relación estrecha, pues son factores que se condicionan mutuamente (Cardona-Arboleda, 2001).

Anteriormente el término riesgo se utilizó para hacer referencia a lo que conocemos como una amenaza, pero se debe resaltar que son conceptos diferentes. El *riesgo* representa la posibilidad de ocurrencia de una afectación debido a un suceso particular, en función de la amenaza y vulnerabilidad de un sistema (UNDRO, 1979). La *posibilidad de ocurrencia* es entendida como una descripción general de la probabilidad o la frecuencia de un evento de riesgo, la primera se basa en comportamientos históricos<sup>1</sup> y la segunda en la tasa de ocurrencia (ICONTEC, 2009). Una característica importante de los riesgos ambientales es que su concreción se da bajo condiciones de incertidumbre, es decir que existen deficiencias de información en relación con la comprensión y el conocimiento de un evento, así como sus consecuencias y probabilidad de ocurrencia (ICONTEC, 2011).

Cuando se materializan los riesgos, se generan afectaciones que pueden desencadenar en procesos de contaminación al modificarse las concentraciones de ciertas sustancias, sobre un elemento receptor que puede perder sus condiciones naturales de equilibrio (ICONTEC, 2009), afectando a los sujetos inmersos o que interactúan en ese medio. Sin embargo se debe considerar que existen condiciones que implican una mayor predisposición al riesgo ambiental, debido a que los sujetos expuestos presentan diferentes grados de vulnerabilidad por causa de su ubicación, posición o localización (Zúñiga y Egler, 2016). Todo esto genera un marco de comprensión sobre los requerimientos que implica el análisis y gestión de riesgos ambientales en el que se circunscribe la propuesta que se describe a continuación.

1 Número de eventos específicos ocurridos en relación con el total de los eventos posibles.

## Propuesta metodológica

Para evaluar los riesgos ambientales se propone el siguiente procedimiento:

### 1. Identificar los riesgos potenciales en el área de estudio

La identificación de riesgos potenciales deberá tener en cuenta los riesgos operativos, tecnológicos y naturales a los que se encuentra expuesta la IES. Los *riesgos operativos* están asociados a eventos que pueden afectar negativamente al ambiente y que suceden debido a la ejecución de actividades misionales de la institución. Entre estos se incluyen, por ejemplo, la afectación a la calidad del agua, el aire, el suelo, la contaminación visual, etc.

Los *riesgos tecnológicos* son aquellos eventos generados por el uso y acceso a la tecnología, originados tanto por eventos antrópicos, naturales, socio-naturales, como aquellos propios de la operación. Entre estos se encuentran las fugas, derrames, incendios y explosiones (UNGRD, 2017).

Los *riesgos naturales* son sucesos que amenazan vidas, bienes materiales y otros activos, y tienden a ocurrir repetidamente en las mismas zonas geográficas al estar relacionados con las pautas climatológicas o las condiciones físicas de un área. Por tal razón, se pueden pronosticar con frecuencia (FEMA, 2004). Para facilitar la identificación de los riesgos ambientales se propone un listado preliminar (Tabla 1) cuya definición se presentará más adelante.

### 2. Establecer los antecedentes de concreción de los riesgos identificados

Una vez identificado los riesgos, se deberá indagar si estos se han presentado

Tabla 1. Riesgos genéricos

Operativo	
RA-01	Afectación a la calidad del aire
RA-02	Afectación a la calidad del agua
RA-03	Desabastecimiento de agua
RA-04	Afectación a la calidad del suelo
RA-05	Contaminación visual
RA-06	Afectación a la salud humana (por alimentos)
RA-07	Deterioro o destrucción del patrimonio material
RA-08	Intensificación de la exposición al ruido
RA-09	Biológico
Tecnológico	
RA-10	Exposición a sustancias radioactivas
RA-11	Descarga eléctrica
RA-12	Explosión
RA-13	Incendios
RA-14	Fugas
RA-15	Derrames
Natural	
RA-16	Sismo
RA-17	Vendaval
RA-18	Derrumbe
RA-19	Caída de árboles
RA-20	Inundación
RA-21	Tsunami
RA-22	Huracanes y tormentas
RA-23	Caída de rayos - Tormentas eléctricas
RA-24	Epidemia

Fuente: elaboración de los autores

anteriormente, ya sea a través de la consulta en los registros con que cuenta la IES o mediante entrevista a los empleados o funcionarios responsables de las diferentes áreas. En este caso se propone utilizar como ventana de tiempo los últimos 5 años.

### 3. Definir las condiciones de operación que podrían aumentar la probabilidad de ocurrencia de los riesgos identificados

Para cada riesgo ambiental se deberá elaborar una lista de verificación de las condiciones de operación que pueden incrementar su probabilidad de ocurrencia. Dentro de estas condiciones se deberán tener en cuenta los materiales de construcción, el uso de elementos de protección, la existencia de equipos o

sistemas que garanticen el cumplimiento de la normatividad ambiental, entre otros. En el Anexo 1 (<https://revistas.unal.edu.co/public/journals/23/public/75183/A1.pdf>) se propone un listado de condiciones para los riesgos incluidos en la Tabla 1.

#### 4. Identificar y evaluar los impactos ambientales potenciales derivados de la concreción de los riesgos

Se deberán identificar y evaluar los impactos ambientales potenciales (IAP)<sup>2</sup> derivados de los riesgos. Para calificar este atributo se sugiere emplear la escala definida en la Tabla 2. Por ejemplo, en caso de concretarse un incendio sus consecuencias podrían ser catastróficas, ya sea por la pérdida de vidas humanas, las afectaciones económicas, la pérdida de información o del patrimonio tangible e intangible de una institución, en cuyo caso el IAP de este riesgo sería calificado con veinte (20) unidades.

**Tabla 2.** Niveles de Impacto Ambiental Potencial (IAP)

Descriptor	Valor de IAP
Insignificante	1
Menor	2
Moderado	5
Mayor	10
Catastrófico	20

Fuente: Elaborado a partir de la norma GTC 104 (ICONTEC, 2009)

#### 5. Identificar las condiciones de operación que podrían aumentar la gravedad de dichos impactos

Se deberá elaborar una lista de verificación de las condiciones de operación que pueden incrementar los IAP -en caso de que los riesgos se concreten-. Se deberán tener en cuenta aspectos relacionados con la vulnerabilidad de la población expuesta, por ejemplo, la presencia de personas en condiciones

2 El IAP hace referencia al impacto previsto -de forma teórica- para el riesgo analizado. Para evaluar el impacto se podrán considerar las afectaciones a las personas, los recursos naturales, la imagen institucional, las posibles sanciones impuestas por autoridades ambientales, entre otros.

de discapacidad, con movilidad restringida, adultos mayores o niños, entre otros. En el Anexo 2 (<https://revistas.unal.edu.co/public/journals/23/public/75183/A2.pdf>) se propone un listado de estas condiciones para los riesgos incluidos en la Tabla 1.

#### 6. Calcular el nivel de riesgo

Una vez establecidas las condiciones de operación se deberá evaluar la probabilidad e impacto de los diferentes riesgos en cada una de las áreas de interés. Para esto se deberán tener en cuenta los resultados de la verificación de las condiciones de operación, el análisis de sus antecedentes y el impacto potencial asociado a la concreción del riesgo. A continuación, se explica detalladamente esta etapa.

##### 6.1. Evaluación de la probabilidad de ocurrencia

Para este paso se propone considerar los registros históricos de ocurrencia del evento (antecedentes) y las condiciones locativas que pueden incidir en el desarrollo del riesgo (pasos 2 y 3). El uso complementario de esta información permitirá reducir la subjetividad del evaluador y mitigar las limitaciones de la falta de registros, reconociendo que su inexistencia no implica un bajo nivel de probabilidad. Para realizar el cálculo se propone emplear la Ecuación (1).

$$Probabilidad = (0,5 \times \text{antecedentes}) + \left[ 0,5 \times \left( \frac{NCP \text{ identificadas}}{NCP \text{ definidas}} \times 5 \right) \right] \quad (1)$$

donde *NCP* son el número de condiciones que incrementan la probabilidad para el riesgo evaluado.

Ambos términos de la ecuación son multiplicados por 0,5 para establecer un valor único de probabilidad en el que el 50% está definido por los antecedentes y el otro 50% por las condiciones físicas del área evaluada, que contribuyen a incrementar la probabilidad del riesgo. Por su parte, se multiplica la división entre el número de condiciones identificadas y definidas por cinco (5), ya que este es el valor máximo que puede tomar la calificación de la probabilidad.

Los niveles de probabilidad se presentan en la Tabla 3, incluyendo la frecuencia o “antecedentes” de la concreción del riesgo.

**Tabla 3.** Niveles de probabilidad en la ocurrencia del riesgo

Valor	Nivel	Descripción	Frecuencia / Antecedentes
1	Raro	El evento puede ocurrir solo en circunstancias excepcionales	No se ha presentado en los últimos 5 años
2	Improbable	El evento puede ocurrir en algún momento	Al menos 1 vez en los últimos 5 años
3	Posible	El evento podría ocurrir en algún momento	Al menos 1 vez en los últimos 2 años
4	Probable	El evento probablemente ocurrirá en la mayoría de las circunstancias	Al menos 1 vez en el último año
5	Casi Seguro	Se espera que el evento ocurra en la mayoría de las circunstancias	Más de 1 vez al año

Fuente: Elaborado a partir de la norma GTC 104 (2009)

## 6.2. Evaluación del impacto del riesgo ambiental

Para evaluar los impactos ambientales, derivados de la concreción del riesgo se deberán tener en cuenta los IAP y las condiciones de operación que pueden incrementar dichos impactos. Para el cálculo del impacto derivado de la concreción del riesgo se propone emplear la Ecuación (2).

$$\text{Impacto} = (0,5 \times \text{IAP}) + \left[ 0,5 \times \left( \frac{\text{NCI identificadas}}{\text{NCI definidas}} \times 20 \right) \right] \quad (2)$$

donde *IAP* es el Impacto Ambiental Potencial y *NCI* el número de condiciones que incrementan el impacto para el riesgo evaluado.

Ambos términos de la ecuación son multiplicados por 0,5 para establecer un valor único de impacto en el que el 50% está definido por un valor de IAP (inherente al riesgo) y el otro 50% por las condiciones físicas del área evaluada, que contribuyen a incrementar el impacto de la concreción del riesgo. En este caso, se multiplica la división entre el número de condiciones identificadas y definidas, por veinte (20), ya que este es el valor máximo que puede tomar la calificación del impacto.

Para establecer el nivel del riesgo se deberá emplear la Ecuación (3):

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{impacto} \quad (3)$$

La interpretación de los resultados del riesgo se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Interpretación del riesgo

Descriptor	Calificación
Bajo	0-25
Moderado	26-50
Alto	51-75
Extremo	76-100

Fuente: Elaboración de los autores

## 7. Plantear las medidas de manejo requeridas para minimizar los riesgos

Una vez evaluada la probabilidad e importancia de los riesgos ambientales, es necesario establecer los controles requeridos para su mitigación. Para esto se puede tomar como punto de partida las condiciones de operación identificadas, de manera que se subsane dicha condición reduciendo o eliminando los factores de riesgo. Esto redundará en la disminución de la probabilidad o el impacto del mismo, facilitando la definición de los planes de acción requeridos.

Una vez se hayan implementado dichas acciones se podrán reevaluar las condiciones de operación, los antecedentes y los IAP, con el fin de establecer el nivel de riesgo residual y la efectividad de las medidas. La reevaluación periódica de los riesgos permitirá hacer un seguimiento detallado a la gestión.

## Caso de aplicación

En un edificio de la Universidad Nacional de Colombia, la persona encargada manifestó que *no se han presentado afectaciones a la calidad del aire (Riesgo Ambiental N° 1) en los últimos 5 años*, por lo que la calificación de la probabilidad sería 1 (siendo considerado algo “raro” de acuerdo con la escala presentada en la Tabla 3). No obstante, al validar las condiciones físicas de este espacio se encuentra que:

- § Se realizan procesos de combustión
- § Se cuenta con equipos de calefacción (de aire o agua) que utilizan combustibles
- § Se evidencian paredes en mal estado que permitan la emisión de material particulado
- § Se encuentra en las cercanías de vías principales y medios de transporte masivos

- § Existe un lugar de aparcamiento de vehículos cerrado o confinado
- § Hay focos de acumulación de residuos
- § Existen puntos o zonas para fumadores no ventiladas
- § Hay almacenamiento de productos que emiten compuestos volátiles

Por lo tanto, se identifican 8 de las 12 condiciones que incrementan la probabilidad para el riesgo de afectación a la calidad del aire (las condiciones asociadas a este riesgo se encuentran en el Anexo 1). Al aplicar la ecuación 1 la probabilidad del riesgo se incrementa a 2,16, subsanando el hecho de que la persona pudo haber manifestado que “*no se han presentado afectaciones a la calidad del aire en los últimos 5 años*” por desconocimiento o falta de información.

Adicionalmente se ha establecido que si se llegara a presentar una afectación a la calidad del aire su impacto potencial sería “mayor”, por lo que la calificación sería de 10 (Tabla 4).

Sin embargo se encuentra que:

- § Hace falta ventilación o se tiene equipos de ventilación defectuosos
- § Los equipos de combustión carecen de mantenimiento
- § Faltan equipos de extracción de aire en zonas donde se realizan procesos de combustión
- § Hay ausencia de elementos de protección personal en zonas donde se realizan procesos de combustión
- § La población expuesta es potencialmente vulnerable a afectaciones por la calidad del aire (niños, personas de la tercera edad, personas con deficiencias inmunitarias)

De esta forma se identifican 5 de las 6 condiciones que incrementan el impacto (las condiciones asociadas a este riesgo se encuentran en el Anexo 2). Por lo que aplicando la ecuación 2, el cálculo de este componente sería 13,33.

De acuerdo con este resultado el impacto de la concreción de la afectación a la calidad del aire es mayor a su impacto potencial (10), debido a que hay algunas condiciones del edificio que potencializan dicho impacto.

Empleando la Ecuación 3 para establecer el nivel del riesgo se obtiene:

$$Riesgo = 2.16 \times 13,33$$

$$Riesgo = 28,8$$

$$Riesgo = \text{Moderado}$$

Este caso permite evidenciar como la evaluación de las condiciones de operación son un mecanismo efectivo para corregir la subjetividad e incertidumbre de las valoraciones cualitativas. Ya que de no ser tenidas en cuenta este riesgo habría sido valorado como “Bajo” (Tabla 4), al tener una probabilidad de 1 (definida por sus antecedentes) y un impacto potencial de 10, para un resultado final de 10, mientras que al incluir el análisis de las condiciones de operación el resultado es de 28.8 para una categorización de “Moderado”.

## Riesgos ambientales asociados a la operación de una IES

Debido a que las IES pueden tener condiciones de operación heterogéneas, se presenta a continuación la descripción de los 24 riesgos ambientales incluidos en la Tabla 1. Estas definiciones sirven de referencia para su evaluación, sin embargo, se debe considerar que pueden existir riesgos diferentes a los presentados en este documento dependiendo de las características propias de la institución. En los Anexos 1 y 2 se presentan las condiciones de operación empleadas para su evaluación.

**RA-01. Afectación a la calidad del aire:** se presenta por cambios en la concentración de materiales, sustancias o formas de energía que exceden la capacidad de la atmósfera para transformarlos, depositarlos o diluirlos. Las causas pueden ser tanto naturales (p. ej. factores topográficos y meteorológicos) como antropogénicas (p. ej. emisiones). La afectación puede ser primaria, causada por agentes contaminantes directos, o secundaria, generada por reacciones entre elementos que intensifican los contaminantes (Romero et al., 2006). Dentro de los principales efectos están la reducción de la visibilidad, deterioro de edificaciones por partículas, afectaciones a la salud y afectaciones en los ecosistemas (Rojas, 2007).

**RA-02. Afectación a la calidad del agua:** se presenta como resultado de cambios en las condiciones

físicas, químicas y microbiológicas del agua, tal que pueden generar afecciones en la salud humana, así como en los ecosistemas. Los procesos de urbanización, con el aumento de la demanda de agua para consumo y producción de residuos líquidos; la disposición de residuos industriales en cuerpos de agua; y los procesos agrícolas y pecuarios con el uso de pesticidas y fertilizantes son los principales contextos de deterioro de la calidad del agua (Thatai et al., 2018).

**RA-03. Desabastecimiento de agua:** se genera por conflictos entre la disponibilidad del agua y sus diferentes usos, como son los casos de contaminación, reducción de fuentes hídricas o cuando la demanda supera el suministro de agua dulce en un lugar. (Durán y Torres, 2006). Otros casos de desabastecimiento están relacionados con problemas en la infraestructura.

**RA-04. Afectación a la calidad del suelo:** se genera por la presencia de sustancias fuera de lugar o en concentraciones tales que afectan sus condiciones físicas, químicas y/o biológicas. Esto tiene una incidencia importante en la producción de biomasa y el sostenimiento de las cadenas tróficas (Kumar et al., 2016). Los orígenes más comunes son las actividades agropecuarias, la disposición de residuos industriales, domésticos y municipales, entre otros (Rodríguez et al., 2018).

**RA-05. Contaminación visual:** el deterioro visual paisajístico se da como resultado del abuso de elementos no arquitectónicos que alteran la estética del paisaje rural o urbano. Específicamente en lo que concierne al entorno urbano, este deterioro puede darse por exceso o desorden de elementos gráficos como publicidad, mobiliario urbano, iluminación, así como la presencia de desechos, edificaciones (Chmielewski et al., 2016). Los efectos asociados a la contaminación visual son el incremento del estrés, distracción constante, disminución de la eficiencia y agresividad (Méndez, 2013).

**RA-06. Afectación a la salud humana por alimentos:** se puede atribuir a la ingesta de agua o alimentos contaminados, lo que facilita la presencia de agentes diferentes que comprometen la calidad del alimento (Rodríguez et al., 2015). De acuerdo a la

FAO y OMS (2017), los efectos asociados a la contaminación de los alimentos, que pueden provocar un riesgo para la salud pública son físicos (asociados a la presencia de objetos extraños), químicos o biológicos. La contaminación de alimentos puede darse desde su producción primaria, transporte, almacenamiento, procesamiento y elaboración, distribución, servido y expendio (Rodríguez et al., 2015).

**RA-07. Deterioro o destrucción del Patrimonio material:** este riesgo hace referencia a la destrucción o daño de elementos del patrimonio material, los cuales son especialmente relevantes para la humanidad, una comunidad o un grupo poblacional en tanto que representan un legado de las generaciones anteriores y que se conservan en el presente para heredarlas a las generaciones futuras (Bayro, 2008). Los riesgos asociados al patrimonio cultural material pueden ser tanto eventos esporádicos (como desastres naturales e incendios), como el resultado de procesos continuos y acumulativos, asociados al descuido de los bienes o a la exposición a diferentes factores ambientales (ICCROM, 2016 citado por Santander, 2017).

**RA-08. Intensificación de la exposición a ruido:** el ruido se define como un sonido no deseado que puede alterar negativamente la vida animal o humana. Sin embargo, este es un concepto subjetivo, dependiente de lo que puede ser un sonido no deseado, por lo tanto se entenderá como un sonido fuera de lugar, que interfiere, irrita y distrae al receptor (Murphy et al., 2009). Los efectos de la contaminación sonora son lentos y sutiles, incluso los niveles bajos de ruido pueden generar hipertensión, interrupción en el sueño o dificultades en el desarrollo cognitivo en niños. Así mismo, el efecto del ruido excesivo puede ser severo, representado en pérdidas permanentes de memoria o desordenes psiquiátricos (Singh y Davar, 2004).

**RA-09. Riesgo biológico:** en contextos en los que existen interacciones con agentes como virus, bacterias, hongos o parásitos existe una probabilidad de que exista un daño potencial hacia personas o animales por causa de infecciones, alergias, parasitosis y reacciones tóxicas. Cuando la fuente del agente es de origen animal, los riesgos se relacionan con el



contacto con animales y sus fluidos, durante la cría, levante, reproducción, sacrificio, atención a animales enfermos y procesos asociados a la investigación (Cediel y Villamil, 2004). En el caso de las áreas de salud humana, hay riesgo cuando los individuos son expuestos a contraer enfermedades por el contacto con organismos nocivos, fluidos corporales y otros elementos potencialmente contaminados, siendo uno de los más comunes el manejo de instrumentos corto punzantes (Galindo et al., 2010).

**RA-10. Exposición a sustancias radioactivas:** la radiactividad es un fenómeno relacionado con la emisión espontánea de partículas o radiación electromagnética que proviene de núcleos inestables. (Chang, 2010). La exposición a sustancias radioactivas se da cuando existen elementos, sustancias o máquinas que puedan emitir ciertos tipos de energía en forma de ondas electromagnéticas (radio, microondas, radiación ultravioleta, rayos X,  $\gamma$  y luz visible) que pueden interactuar con los seres humanos. (Gallego, 2010). Las afectaciones a la salud humana suelen clasificarse en somáticas y genéticas. Las lesiones somáticas son aquellas que afectan al organismo durante su vida, como las quemaduras de sol y el cáncer (Chang, 2010). El daño genético significa que hay cambios heredados o mutaciones genéticas las cuales pueden tener mayor incidencia en periodos de gestación (PNUMA, 2016).

**RA-11. Descarga eléctrica:** corresponde a la circulación de una corriente eléctrica a través del cuerpo, equipos e instalaciones, que puede tener como consecuencia afectaciones a la salud y daños irreparables a los equipos. Se da cuando existe una diferencia de potencial entre el cuerpo y otro objeto, generalmente causadas por la existencia de aparatos o instalaciones eléctricas defectuosas, descuido, mal uso y la no utilización de elementos de protección personal, entre otros. La acción de la corriente eléctrica en el cuerpo puede tener efectos térmicos, mecánicos y químicos, y aunque estos no son necesariamente separables o identificables, pueden agruparse en efectos locales, generados por el calor que desarrolla la corriente eléctrica, y efectos generales que dependen de la cantidad y tipo de corriente, el voltaje, la resistencia, la duración del evento, etc. (Vallejo, 2012).

**RA-12. Explosión:** en una atmósfera explosiva se concentra una mezcla de sustancias inflamables y cuando se genera una ignición, la combustión se esparce en la mezcla. Además de la concentración de sustancias en el aire, la existencia de superficies calientes, flamas, gases, chispas provenientes de procesos mecánicos, redes eléctricas y sustancias químicas en reacción exotérmica intensifican la probabilidad de ocurrencia del evento (Lisi et al., 2010). Dependiendo de la magnitud de la explosión, esta puede ser letal o general daños permanentes en la salud humana. De igual forma, puede generar daños estructurales y mobiliarios (Crowl, 2003).

**RA-13. Incendios:** la diferencia entre una explosión y un incendio depende de la franja de tiempo en la cual ocurren estos eventos. Un incendio generalmente es mucho más lento que una explosión pues involucra la combustión de materiales. Sin embargo, un incendio puede iniciar como consecuencia de una explosión y un incendio puede generar otros incendios y explosiones secundarias por causa de la combustión de gases o líquidos (Crowl, 2003).

**RA-14. Fugas:** hace referencia a la pérdida de contención accidental de un material en estado gaseoso o vapor. Teniendo en cuenta este concepto, se pueden presentar fugas de combustibles (gas propano, metano, etc.) vapor de agua o de sustancias químicas tóxicas con impacto en la integridad de la salud humana e instalaciones (Sarmiento et al., 2003).

**RA-15. Derrames:** es la pérdida de contención accidental de un material líquido desde un contenedor. Puede contemplarse como riesgo el derrame de sustancias peligrosas y combustibles líquidos, así como también sustancias en estado líquido en condiciones normales (presión y temperatura ambiente) (Sarmiento et al., 2003).

**RA-16. Sismo:** se refiere al movimiento brusco del terreno causado por un proceso de liberación súbita de la energía acumulada en la corteza terrestre, que puede resultar en desplazamiento o deformación de partes de la corteza y en la emisión de ondas elásticas que se propagan por el interior de la tierra. Al llegar a la superficie estas ondas producen la sacudida del terreno, que es la causa del daño. Un sismo también

es conocido como temblor, terremoto y movimiento telúrico (Garzón, 2011).

**RA-17. Vendaval:** este tipo de fenómenos se relacionan con la aparición de fuertes e inesperados aguaceros que surgen tras el choque de dos masas de temperaturas diferentes que generan vientos fuertes y destructivos. Pueden producir fallas eléctricas, daños a redes de comunicaciones, caída de árboles, pérdida de techos y caída de estructuras, entre otros daños (OSSO, 1998 citado por Lizarazo y López, 2007).

**RA-18. Derrumbe:** la definición de derrumbe hace alusión a todo movimiento ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Los principales tipos de movimientos en masa comprenden caídas, deslizamientos, reptación, flujos y propagación lateral (Olivar y Peña, 2011). Los factores naturales que influyen en la generación de derrumbes pueden ser la actividad sísmica, volcánica y la lluvia. La topografía, hidrología y geología del lugar también tienen influencia en la generación de estos fenómenos, así como en su magnitud (Olivar y Peña, 2011).

**RA-19. Caída de árboles:** es un evento que se puede presentar como consecuencia de factores climáticos, afectación de la especie vegetal o la ubicación del árbol. La afectación de la especie vegetal puede presentarse a nivel físico (fisuras, cortes, daños mecánicos, defectos estructurales) o a nivel biológico debido a la presencia de plagas (insectos, hongos y bacterias), mientras que la ubicación puede estar asociada a suelos erosionados o inestables. Además de estos factores, el riesgo aumenta cuando no hay políticas de mantenimiento adecuadas que disminuyan la proliferación de estas condiciones (Pérez et al., 2018).

**RA-20. Inundación:** dentro de este riesgo se incluyen los eventos que, debido a la persistencia de las lluvias en una región determinada, llevan al desbordamiento de corrientes de aguas superficiales, arroyos, quebradas, elevación del nivel freático o situaciones de origen antrópico, como fallas en la estructura hidráulica, incremento en el nivel de la superficie del agua de manera que se genera invasión o penetración del líquido en lugares en los

que normalmente no hay y habitualmente generan daños a las instalaciones (CENAPRED, 2009; Sedano, 2012).

**RA-21. Tsunami:** es un fenómeno natural caracterizado por la generación de una onda oceánica provocada por sismos, movimientos de tierra, erupciones volcánicas o cualquier fuente de energía capaz de movilizar grandes masas de agua que posteriormente afectan zonas costeras a través de inundaciones, modificaciones geomorfológicas de la costa y del fondo marino (Cardona et al., 2005). Los factores de peligro relacionados con este fenómeno son inundación repentina en tierra, impacto de las olas en la infraestructura y erosión (González y Sánchez, 2011). Como medidas de prevención es preciso tener sistemas de alerta temprana (basada en predicciones sísmicas) y procesos de educación continua en costas que permita mejorar las reacciones ante eventos de tsunami (Cardona et al., 2005).

**RA-22. Huracanes y tormentas:** los huracanes se originan por una depresión atmosférica (una zona en la que la presión atmosférica ha descendido más rápido que las áreas circundantes). Su magnitud depende de la influencia de dinámicas atmosféricas y oceánicas en el aporte de energía, ya que el aire húmedo y caliente del mar se levanta y lo alimenta (Ortiz, 2007). Puede tener una duración que va desde unas pocas horas hasta semanas, siendo cinco días la tasa media. Aunque los vientos representan alta peligrosidad, lo más impactante de este fenómeno es el oleaje (Capurro, 2001).

**RA-23. Caída de rayos (Tormentas eléctricas):** La formación de nubes de tormenta (cumulonimbos), ocurre por aumentos de humedad generadas por corrientes ascendentes, separación de cargas por causa de colisiones de partículas de granizo y la posterior separación de las masas de agua (líquida o sólida), que provocan la precipitación. Al interior de la nube se produce una separación entre las cargas positivas y las negativas, la parte inferior de la nube queda cargada negativamente, provocando acumulación de cargas positivas en la superficie y, generalmente, luego de darse una fase de descargas eléctricas intranubes, en la fase de madurez de la tormenta empieza la caída de rayos. Los procesos de manejo del

riesgo de caída de rayos en las tormentas eléctricas implican conocimiento de las áreas potencialmente vulnerables (edificaciones y lugares abiertos), el cálculo de la frecuencia anual de los impactos de los rayos y la generación de condiciones o adecuación de instalaciones de protección contra rayos cuando sea necesario (Cruz, 2015).

**RA-24. Epidemia (Riesgo biológico):** corresponden a enfermedades que afectan a una parte importante de la población, debido a su capacidad de reproducirse y propagarse. Estas enfermedades se diferencian de otras en que no ostentan una periodicidad en su desarrollo y por el contrario, su aparición se da por re-asociación genética, transferencia directa entre animales y humanos o por la emergencia de reservorios de la enfermedad que no se tenían previstos (Henao-Kaffure, 2010).

## Discusión de resultados

Partiendo del concepto de gestión del riesgo de Cardona-Arboleda (2008) y Wilches-Chaux (1998), como el compendio de herramientas, acciones y actividades para enfrentar el riesgo, mitigando o disminuyendo factores de amenaza y vulnerabilidad, esta metodología es una herramienta base para generar un sistema de información dirigida a la toma de decisiones.

Usualmente, las condiciones de probabilidad de ocurrencia de eventos de riesgo ambiental toman como referencia los registros históricos o antecedentes de los mismos. Sin embargo, existen condiciones locativas o de operación que incrementan la probabilidad de ocurrencia, cuya incorporación al análisis mejora la calidad de la evaluación. Esto se logra a partir del listado de riesgos propuestos, el cual conjuga la amenaza (frecuencia de ocurrencia del evento) y la vulnerabilidad (a partir de la identificación de las condiciones locativas), representando las condiciones previas a la posible concreción de un riesgo.

En lo que concierne a la evaluación de los impactos ambientales derivados de la concreción de un riesgo, la inclusión de las condiciones que modifican el nivel de impacto permite realizar una evaluación más rigurosa, disminuyendo la subjetividad de la

calificación basada en el impacto potencial. En este caso, la identificación del impacto no solamente se limita a la evaluación de su magnitud, sino que también evalúa aquellas condiciones que pueden generar diferentes niveles de respuesta y acción, insistiendo así en la importancia de entender la vulnerabilidad local.

En contextos complejos, la evaluación de condiciones de operación permite la posterior priorización de las acciones requeridas para la prevención o el tratamiento de los riesgos. Esto significa una mejor asignación de recursos, que posibilita la toma de acciones más efectivas. No obstante, es preciso que el proceso de evaluación de riesgos ambientales en contextos complejos sea continuo, para garantizar la actualización de las medidas de control, así como la evaluación de nuevos riesgos.

Esta propuesta metodológica tiene la posibilidad de ser adaptable a IES de distintos tamaños poblacionales o nivel estructural, en distintas regiones y con distintos contextos físicos y sociales, constituyéndose en una herramienta útil en la gestión de riesgos y la implementación de normas ambientales como la ISO 14001-2015.

---

**Agradecimientos.** Esta publicación se elaboró en el marco de la evaluación de los riesgos ambientales de las sedes Amazonia, Bogotá, Caribe, Orinoquia y Tumaco de la Universidad Nacional de Colombia, realizada por el Instituto de Estudios Ambientales (IDEA-Bogotá) con el apoyo de la Oficina de Gestión Ambiental de la Sede Bogotá y el Comité Técnico Nacional de Gestión Ambiental de Universidad Nacional de Colombia.

---

**Conflicto de intereses.** El manuscrito fue preparado y revisado por los autores, quienes declaran no tener algún conflicto de interés que ponga en riesgo la validez de los resultados aquí presentados.

---

**Contribuciones de autoría.** Martínez-Bernal, L.F.: planteamiento general, desarrollo y descripción de la propuesta metodológica y el caso de aplicación, revisión de redacción y estilo. Caro-González, A.L.: redacción del resumen, introducción, marco conceptual, definición de condiciones de operación y riesgos genéricos, y conclusiones. Daza-Cruz, Y.X.: revisión bibliográfica de antecedentes, redacción de la introducción, marco conceptual, definición de condiciones de operación y riesgos genéricos, y conclusiones. Roa-Polo, K.A.: organización y definición de condiciones de operación y riesgos genéricos.

---

## Bibliografía

- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), 2004. ¿Está listo? Una guía completa para la preparación ciudadana. Emmitsburg, MD.
- Bayro, G., 2008. Patrimonio cultural, cambio climático, desastres naturales y antrópicos. Disponible en: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc708/doc708.htm>; consultado: mayo de 2018.
- Capurro, L., 2001. Huracanes, tifones, baguíos, willy-willies y ciclones. *Avance y Perspectiva* 20, 221-233.
- Cardona-Arboleda, O., 2001. Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos. Tesis de doctorado. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, España.
- Cardona-Arboleda, O., 2008. Medición de la gestión del riesgo en América Latina. *Rev. Int. Sosten. Tecnol. Humanismo* (3), 1-20.
- Cardona, Y., Toro, M., Vélez, J., Otero, L., 2005. Modelación de tsunamis en la costa pacífica colombiana: Caso Bahía de Tumaco. *Av. Recur. Hidraul.* (12), 43-54.
- Cediel, N., Villamil, L., 2004. Riesgo biológico ocupacional en la medicina veterinaria, área de intervención prioritaria. *Rev. Salud Pública* 6, 28-43.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), 2009. Inundaciones. México DF.
- Chang, R., 2010. Química. 10a ed. Mcgraw-Hill/Interamericana Editores, México DF.
- Chmielewski, S., Lee, D., Tompalski, P., Chmielewski, T., Wężyk, P., 2016. Measuring visual pollution by outdoor advertisements in an urban street using intervisibility analysis and public surveys. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 30, 801-818. DOI: 10.1080/13658816.2015.1104316
- Crowl, D., 2003. Understanding Explosions. American Institute of Chemical Engineers, Nueva York, NY. DOI: 10.1002/9780470925287
- Cruden, D., 1991. A simple definition of a landslide. *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.* 43, 27-29. DOI: 10.1007/BF02590167
- Cruz, C., 2015. Evaluación del riesgo por rayos incluyendo un Sistema de Alarma de Tormentas (SAT) en Colombia. Tesis de maestría. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Durán, J., Torres, A., 2006. Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media. *Espiral* 12, 129-162.
- FAO; OMS, 2017. Manual para manipuladores de alimentos. Washington DC.
- Galindo, E., Ruiz, C., Sánchez, N., Cabal, V., Pardo, M., Roselli, J., Cardona, R., 2010. Caracterización del accidente con riesgo biológico en estudiantes de pregrado en facultades de salud en una institución de educación superior de Bogotá 2009-2010. *Rev. Colomb. Enferm.* 6, 90-101. DOI: 10.18270/rce.v6i6.1438
- Gallego, E., 2010. Las radiaciones ionizantes: una realidad cotidiana. *Rev. Salud Ambient.* 10, 6-23.
- Garzón, P., 2011. Evaluación de la amenaza sísmica de Colombia mediante análisis de valores extremos históricos. Tesis de maestría. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- González, F., Sánchez, M., 2011. Evaluación de amenaza por tsunamis. Tesis de grado. Departamento de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Henao-Kaffure, L., 2010. El concepto de pandemia: debate e implicaciones a propósito de la pandemia de influenza de 2009. *Rev. Gerenc. Polit. Salud* 9, 53-68.
- ICONTEC, 2009. GTC 104, gestión del riesgo ambiental. Principios y proceso. Bogotá.
- ICONTEC, 2010. GTC 45, guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. Bogotá.
- ICONTEC, 2011. NTC-ISO 31000, gestión del riesgo. Principios y directrices. Bogotá.
- Kumar, R., Mohammad, N., Roychoudhury, N., 2016. Soil pollution: causes, effects and control. *Van Sangyan* 3, 1-15.
- Lavell, A., 2001. Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición. PREDECAN. Disponible en: [https://www.academia.edu/9808476/Sobre\\_la\\_Gesti%C3%B3n\\_del\\_Riesgo\\_Apuntes\\_hac%C3%ADa\\_una\\_Definici%C3%B3n](https://www.academia.edu/9808476/Sobre_la_Gesti%C3%B3n_del_Riesgo_Apuntes_hac%C3%ADa_una_Definici%C3%B3n); consultado: agosto de 2015.
- Lisi, R., Milazzo, M., Maschio, G., 2010. Risk assessment of explosive atmospheres in workplaces. *Reliab. Theor. Appl.* 1, 23-31.
- Lizarazo, J., López, D., 2007. Identificación de amenazas y vulnerabilidad para la elaboración del plan de emergencias del PNN corales del Rosario y San Bernardo. Tesis de grado. Facultad de Ciencias, Universidad Piloto de Colombia, Bogotá.
- Méndez, C., 2013. La contaminación visual de espacios públicos en Venezuela. *Gest. Ambient.* 16, 45-60.
- Murphy, E., King, E., Rice, H., 2009. Estimating human exposure to transport noise in central Dublin, Ireland. *Environ. Int.* 35, 298-302. DOI: 10.1016/j.envint.2008.07.026
- Olivar, G., Peña, C., 2011. Deslizamiento de suelos visto desde la dinámica de sistemas. En: Memorias del 9º Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, Bogotá. pp. 10-12.
- Ortiz, J., 2007. Huracanes y tormentas tropicales en el Mar Caribe colombiano desde 1900. *Bol. Cient. CIOH* 25, 54-60. DOI: 10.26640/22159045.162

- Pérez, R., Santillán, A., Narváez, F., Galeote, B., Vásquez, N., 2018. Riesgo del arbolado urbano: estudio de caso en el Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, Puebla. *Rev. Mex. Cienc. Forest.* 9, 208-228. DOI: 10.29298/rmcf.v9i45.143
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2016. Radiación: efectos y fuentes. ¿Qué es la radiación? ¿Cómo nos afecta la radiación? ¿De dónde procede la radiación? DEW/2035/NA. Disponible en: <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7790>; consultado: septiembre de 2017.
- Rodríguez, H., Barreto, G., Sedrés, M., Bertot, J., Martínez, S., Guevara, G., 2015. Las enfermedades transmitidas por alimentos, un problema sanitario que hereda e incrementa el nuevo milenio. *Rev. Elect. Vet.* 16, 1-27.
- Rodríguez, N., McLaughlin, M., Pennock, D., 2018. Soil pollution: a hidden reality. Roma: FAO.
- Rojas, N., 2007. Aire y problemas ambientales de Bogotá. IDEAM, Bogotá.
- Romero, M., Diego, F., Álvarez, M., 2006. La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Rev. Cubana Hig. Epidemiol.* 44, 1-14.
- Santander, C., 2017. Gestión de riesgos del patrimonio cultural: alcances para el patrimonio histórico inmueble. *Devenir* 4, 145-162. DOI: 10.21754/devenir.v4i7.140
- Sarmiento, M., Ortiz, E., Álvarez, J., 2003. Emergencias ambientales asociadas a sustancias químicas en México. *Gacet. Ecol.* (66), 54-63.
- Sedano, R., 2012. Gestión integrada del riesgo de inundaciones en Colombia. Tesis de maestría. Universitat Politècnica de València, Valencia, España.
- Singh, N., Davar, S., 2004. Noise pollution-sources, effects and control. *J. Human Ecol.* 16, 181-187. DOI: 10.1080/09709274.2004.11905735
- Thatai, S., Verma, R., Khurana, P., Goel, P., Kumar, D., 2018. Water quality standards, its pollution and treatment methods. En: Naushad, M. (Ed.), *A new generation material graphene: applications in water technology*. Springer International Publishing, Cham, Suiza. pp. 21-42. DOI: 10.1007/978-3-319-75484-0
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), 2017. Terminología sobre gestión del riesgo de desastres y fenómenos amenazantes. Bogotá.
- United Nations Disaster Relief Coordinator (UNDRO), 1979. Natural disasters and vulnerability analysis. Report of Experts Group Meeting. Ginebra, Suiza.
- Vallejo, H., 2012. Caracterización de los casos de electrocución fatales atendidos por el instituto nacional de medicina legal y ciencias forenses en Colombia entre enero y junio 2007. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de especialista. Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Wilches-Chaux, G., 1998. Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, mecánico y soldador o Yo voy a correr el riesgo: guía de La Red para la Gestión Local del Riesgo. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, Quito.
- Zúñiga, L., Egler, T., 2016. Dimensiones físico-espacial y sociopolítica de la resiliencia urbana: aportes y perspectivas. *Cienc. PC* 2, 71-85.