



ANIVERSARIO

ISSN 0798-1171

Depósito legal pp. 197402ZU34

Esta publicación científica en formato digital es continuidad de la revista impresa



REVISTA DE FILOSOFÍA

I. Repensando la Democracia: Desafíos en la Transformación Social Mundial

II. Ciencias de la Educación y Pensamiento Intercultural: Diálogos y Prospectivas

III. Bioética y Crisis Epistémica en Contextos de Pandemia

Centro de Estudios Filosóficos
"Adolfo García Díaz"
Facultad de Humanidades y Educación
Universidad del Zulia
Maracaibo - Venezuela

Nº100
2022 - 1
Enero - Abril

Revista de Filosofía

Vol. 39, Nº100, 2022-1, (Ene-Abr) pp. 488 - 501

Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela

ISSN: 0798-1171 / e-ISSN: 2477-9598

Geología urbana y su impacto en indicadores de sostenibilidad ambiental

Urban Geology and its Impact on Environmental Sustainability Indicators

José Miguel Rutti-Marín

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2220-1623>

Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa

Chanchamayo – Junín - Perú

jrutti@uniscjsa.edu.pe

Yuli Anabel Chávez-Juanito

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0136-2113>

Universidad Nacional Autónoma de Chota – Cajamarca - Perú

yachavezj@unach.edu.pe

Miriam Elizabeth Moreno-Cueva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2466-2941>

Universidad Nacional de Cajamarca – Cajamarca - Perú

miriammoreno@unc.edu.pe

Este trabajo está depositado en Zenodo:

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6015455>

Resumen

La presente investigación plantea como objetivo, repensar las funciones de la Geología Urbana y su vinculación con indicadores de sostenibilidad ambiental en asentamientos urbanos, producidos por la actividad de segregación socioespacial y fenómenos geológicos propios de la geodinámica interna y externa de la Tierra. El estudio se realizó bajo el enfoque del análisis documental, considerando el paradigma de valoración crítica del autor. Se identificaron cinco indicadores de sostenibilidad: uso adecuado de la tierra urbana, cobertura de agua, capacidad de generación de energía limpia, diseño espacios de disposición de residuos, cobertura en el manejo de sistemas de drenaje intraurbanos e índices de riesgos ante desastres naturales, este último, subdividido en cinco subindicadores que dependen de la fenomenología geológica actuante. Para el logro de los propósitos, la Geología Urbana recurre a métodos alternativos multidisciplinarios para generar información geocientífica útil para la elaboración de estrategias para la sostenibilidad de las ciudades.

Palabras claves: geología urbana; indicadores; sostenibilidad; ciudades

Abstract

The objective of this research is to rethink the functions of Urban Geology and its relationship with indicators of environmental sustainability in urban settlements, produced by the activity of socio-spatial segregation and geological phenomena typical of the internal and external geodynamics of the Earth. The study was carried out under the focus of documentary analysis, considering the author's critical appraisal paradigm. Five indicators of sustainability were identified: adequate use of urban land, water coverage, capacity to generate clean energy, design of waste disposal spaces, coverage in the management of intra-urban drainage systems, and risk indexes in the event of natural disasters, last, subdivided into five sub-indicators that depend on the geological phenomenology in effect. For the achievement of the purposes, Urban Geology uses alternative multidisciplinary methods to generate useful geoscientific information for the elaboration of strategies for the sustainability of cities.

Keywords: urban geology; indicators; sustainability; cities

Introducción

La geología urbana, ciencia disciplinar que hasta hace pocos años había quedado rezagada por la geología del petróleo y la geología minera, está cobrando una importancia relevante debido al crecimiento vertiginoso y desordenado de los centros urbanos, y a los efectos de los fenómenos naturales sobre la población. Este crecimiento ha generado situaciones peligrosas de orden socioespacial, produciendo segregación de personas en hábitat de acuerdo a su poder económico. Sumado a esto, la poca implementación o carencia de acciones y políticas gubernamentales que mitiguen el problema ha devenido es un caos social en centros urbanos. Estas circunstancias de segregación socioterritorial, han intervenido negativamente en la evolución del ciclo de los espacios naturales; por tanto, ante la ocurrencia en número e intensidad de fenómenos geológicos y atmosféricos, estos últimos, debido a los cambios climáticos ha generado eventos mundiales de carácter catastrófico. Surge entonces en los últimos años, el valor de la información geocientífica como elemento de aportes sustanciales a la sostenibilidad ambiental de asentamientos urbanos, relanzado el valor de la Geología Urbana.

Es por ello, que esta investigación intenta como objetivo, definir las funciones de la Geología Urbana, en trabajo multidisciplinario con otras ciencias, para evaluar con indicadores de sostenibilidad la afectación de la calidad del ambiente en asentamientos urbanos. En primera instancia, se define conceptualmente, el significado de ciudades sostenibles en el marco del programa de Naciones Unidas para los asentamientos humanos, para luego, emancipar La Geología Urbana, y sacarla del ostracismo donde quedo oscurecida para convertirla en una herramienta, con métodos capaces de aportar soluciones a la sostenibilidad territorial. Finalmente, se proponen unos indicadores asociados al quehacer del geólogo urbano, para definitivamente aportar conocimientos y determinar la aptitud de las áreas urbanas y periurbanas para la gestión de la sostenibilidad ante las amenazas y los riesgos potenciales que afectan a las ciudades.

Ciudades sostenibles

Se estima que la población mundial para finales del año 2021 esté por el orden 7970 millones de habitantes, esperando que el ritmo de crecimiento futuro se desacelere porcentualmente, sin embargo, numéricamente podría aumentar casi 2000 millones de personas para el año 2050, hasta alcanzar un máximo de 11000 millones de habitantes para el año 2100 ¹. Si agregamos que en la actualidad vive alrededor del 56% en pueblos y ciudades, y para el 2050 este indicador podría aumentar hasta un 70%, estamos en vía de una crisis demográfica sin precedentes. Estas proyecciones y otras variables hacen que la redistribución poblacional dificulte los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de Naciones Unidas para alcanzar mejoras en la prosperidad económica, el bienestar social y proteger el medio ambiente de eventuales desvíos, producidos por el explosivo y mal distribuido crecimiento poblacional. En particular, se prevén impactos en zonas urbanas y periurbanas debido a la falta de planificación urbana en los países en vías de desarrollo.

Inverosímilmente, hasta el año 2050 el 50% del crecimiento poblacional se producirá en solo 9 países, la India, Nigeria, Pakistán, la República Democrática del Congo, Etiopía, Tanzania, Indonesia, Egipto y los Estados Unidos de América, otro dato importante, es la proyección de la disminución poblacional en Europa ². Ante tales acontecimientos, será necesario la sostenibilidad y resiliencia de las ciudades, ya que, la mayor parte del índice poblacional se producirá en las grandes urbes, provocada en parte por las grandes migraciones y desplazamientos internos experimentados en los últimos años hacia ciudades de países de mayor bienestar económico. En la actualidad se observan índices de sostenibilidad urbanos bajos en las grandes ciudades de África, Asia y América Latina provocados por diversos factores que han generado grandes impactos en los indicadores sociales, económicos y ambientales. Por otro lado, las ciudades de Europa Occidental han mejorado los índices de sostenibilidad, en muchas de ellas, se percibe la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, como por ejemplo Londres, Estocolmo y Edimburgo que ocupan los tres primeros puestos de ciudades más sostenibles del mundo según el ranquin del año 2018 ³.

Como elementos a contrastar, el medio ambiente urbano en armonía implica un equilibrio entre la sostenibilidad y los riesgos de los habitantes de la ciudad, el cual está íntimamente asociado a fenómenos de ocurrencia múltiples, tanto antropogénicos como naturales. Esta multiplicidad de eventos que ocurren en las ciudades, son los causantes de la capacidad de resistencia que tenga la misma para soportar los embates. Bajo este enfoque nace

¹ Cfr. ONU (2019). Creciendo a un ritmo menor, se espera que la población mundial alcanzará 9.700 millones en 2050 y un máximo de casi 11.000 millones alrededor de 2100: Informe de la ONU. https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_PressRelease_ES.pdf ONU (2020). Objetivo de desarrollo sostenible 11. Ciudades y comunidades sostenibles. <https://venezuela.un.org/es/sdgs>

² Cfr. *Ibidem*

³ Cfr. ARCADIS (2019). *Índice de Ciudades sostenibles 2018*. Informe del 2019. <https://www.Arcadis.com/es-es/noticias/europe/spain/2019/7/indice-de-ciudades-sostenibles>

el concepto de resiliencia de una ciudad, que es la capacidad que tiene la ciudad de recuperarse ante la adversidad por impactos producidos por el mismo hombre y eventos catastróficos naturales, saliendo del mismo y proyectándose hacia el futuro para la producción y el bienestar social⁴. Es así como el líder político o gerente urbano en una ciudad debe administrar y gestionar la urbe y el territorio desde tres enfoques: la naturaleza territorial donde se asienta la ciudad, el riesgo que representa el entorno ante la fenomenología descrita y el manejo político, catastral y administrativo de la ciudad⁵.

El 27 de mayo-2019 se realizó en el seno de las Naciones Unidas la primera Asamblea general ONU-HÁBITAT, para tratar temas relacionados con asentamientos urbanos, estos se venían trabajando en un Consejo de Administración de ONU-Hábitat el cual se suprimió para dar alta importancia al asunto y discutir los temas en el seno de las Asambleas Generales de Naciones Unidas, instancias en la que se han tratado asuntos importantes, se han tomado decisiones relativas a la Nueva Agenda Urbana en materia de asentamientos humanos y urbanización, ya que las ciudades a pesar de ser centros económicos, financieros y de desarrollo técnico-social, se enfrentan a situaciones difíciles en cuanto al crecimiento desmedido⁶. El objetivo de la agenda es ser un órgano de asesoramiento y ejecución en materia de: reducción de la desigualdad espacial y la pobreza en las comunidades urbanas y rurales; aumentar la prosperidad en ciudades y asentamientos urbanos; actuar ante la acción climática y desastres naturales y geológicos y promover la prevención y respuesta efectiva ante las crisis urbanas para hacer las ciudades más sostenibles y resilientes⁷.

La Asamblea General ONU-Hábitat del año 2020 se realizó bajo el espectro de resultados esperados, los acuerdos de esta asamblea se pueden sintetizar de la siguiente manera: evaluar el plan estratégico del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos para el período 2014-2019, y aplicación del plan estratégico del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos para el período 2020-2023; también se acordó por unanimidad crear instancias de asesorías técnicas a los gobiernos para la reconversión de ciudades a entornos sostenibles⁸. A raíz del impacto del calentamiento global, producidos por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y subsecuentes desastres naturales asociados, como inundaciones, deslaves, sequías, incendios y otros, las instancias de la ONU-Hábitat están cobrando una importancia

⁴ Cfr. ESPINO, Alejandro (2018). Resiliencia urbana: así serán las ciudades del futuro. *Revista Circle*. <https://www.revistacircle.com/2018/11/12/ciudades-resilientes/>

⁵ Cfr. METZGER, Pascale (2005). *Medio ambiente urbano y riesgos: elementos de reflexión*. La Red, Ciudades en Riesgos. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. P. 2

⁶ Cfr. ONU-Hábitat (2019). *Actividades del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos*. Informe de la Directora Ejecutiva. P. 2 https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/05/hsp_ha_1_2_s.pdf

⁷ *Ibidem*, p. 5

⁸ Cfr. ONU-Hábitat (2020). Informe de la Junta Ejecutiva del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos sobre la labor realizada en su segundo período de sesiones de 2020. P. 10 https://unhabitat.org/sites/default/files/2021/01/spanish-report_of_the_executive_board.pdf

relevante, hasta el punto de aprobar asuntos financieros, presupuestarios y administrativos del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.

De acuerdo a un estudio realizado por Arcadis en colaboración con ONU-Hábitat se determinó que los índices de sostenibilidad para monitorear y clasificar ciudades están basados en tres pilares: el componente social, el factor ambiental y el condicionante económico. En este artículo agregaremos un nuevo componente para la sostenibilidad: la vulnerabilidad ante eventos geológicos, por considerar que los fenómenos naturales inciden negativamente sobre la calidad de vida y el riesgo a pobladores de las ciudades, atentando en contra de la sostenibilidad, crecimiento y desarrollo ambiental de las urbes. La inclusión de este pilar está soportada por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, que establece en su objetivo de desarrollo sustentable número 11 (ODS-11), lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles, el cual expresa, textualmente en su meta 11.5:

“De aquí a 2030, reducir significativamente el número de muertes causadas por los desastres, incluidos los relacionados con el agua, y de personas afectadas por ellos, y reducir considerablemente las pérdidas económicas directas provocadas por los desastres en comparación con el producto interno bruto mundial, haciendo especial hincapié en la protección de los pobres y las personas en situaciones de vulnerabilidad”⁹.

Es importante incluir dentro de la sostenibilidad de la ciudad la capacidad que tiene ésta de resistir y modificarse ante el calentamiento global producido por causas antropogénicas que, resistiendo los efectos del cambio climático para garantizar la seguridad de sus habitantes. Por ello, el responsable de gerenciar la ciudad, debe conocer de gestión en resiliencia para ir a la sostenibilidad, debe ser capaz de evaluar constantemente el medio físico donde se asienta la ciudad, para tener parámetros de referencia complementarios en el seguimiento de planes preventivos y reactivos ante desastres naturales y antrópicos, para así mitigar el impacto ambiental negativo sobre los ciudadanos y activos urbanos. Esta preparación previa y gestión urbana permite, generar una línea base ambiental de datos e información para el quehacer ante la eventualidad sea social o geológica.

El componente social para la sostenibilidad incluye factores relacionados con la calidad de vida de los habitantes de una ciudad como: sanidad, trabajo y educación, mientras que el condicionante ambiental incluye ciudades con planes de transición energética hacia la generación de energía eléctrica, industrial y del parque automotor bajo en carbono, que permita emisiones mínimas de GEI a la atmósfera. Estas energías renovables, deberán ser hídrica, solar, eólica, biomasa y la energía que impulsa los sistemas de industriales y de transporte deben estar basados en eficiencia ambiental. Desde este punto de vista, la ciudad se puede considerar sostenible cuando integra una infraestructura verde en sus espacios de recreación y de transitar común, promueve el uso de vehículos eléctricos o de empuje humano para la movilidad de las personas, planes que impulsen y motiven la transición a la

⁹ ONU (2020). Objetivos de desarrollo sostenible. 11 ciudades sostenibles. Ciudades y comunidades sostenibles. <https://venezuela.un.org/es/sdgs/11>

descarbonización e ir al uso energías limpias, también apostando al cambio de patrones de consumo excesivos, con la eliminación o reducción progresiva del plástico y el sobreempacado.

El condicionante económico está relacionado con las capacidades financieras de los ciudadanos para mejorar la calidad de vida y apostando por una economía circular basada en la optimización de recursos a la máxima expresión, reducción de materias primas y aprovechamiento de residuos con el reciclaje y reuso ¹⁰. La propuesta objeto en esta investigación, son los riesgos geológicos que afectan las ciudades y otros asentamientos humanos, estos pueden tener efectos devastadores sobre la población, la economía y el territorio alterando el ambiente e inclusive en muchos casos el relieve y la topografía del territorio. Es importante destacar que, la mayoría de las ciudades ya establecidas fueron fundadas sin una evaluación científica de los riesgos ante desastres naturales originados por eventos geológicos, como sismos, tsunamis, erupciones volcánicas, inundaciones, deslizamientos o deslaves del terreno y otros. Reducir la vulnerabilidad en asentamientos urbanos ante estas amenazas es objeto final de la Geología Urbana.

Geología urbana

La Geología Urbana, como ciencia –de manera insólita- ha quedado rezagada por la geología minera y petrolera, a pesar de que ésta representa una herramienta para la solución de los problemas causados frecuentemente por una inadecuada planificación de ciudades y uso del territorio ante las crecientes amenazas de los fenómenos naturales. Con el pasar del tiempo, las grandes ciudades y los pequeños asentamientos urbanos lucen cada vez más, como territorios con vulnerabilidad, debido a la concentración de población en las mismas sin criterios geocientíficos. Hasta el momento la sociedad gubernamental y científica solo ha accionado de manera reactiva para utilizar los mecanismos y herramientas que ofrece esta disciplina, que se puede definir, según nuestro criterio como la ciencia que se ocupa de las interacciones entre el espacio, visto como una unidad geológica y las sociedades que tienen fines sociales, económicos, políticos y culturales sobre el territorio. Por ello, el trabajo del geólogo urbano es la determinación de la factibilidad de los múltiples usos del suelo y del subsuelo, para optimizar los requerimientos sociales que propicie la sostenibilidad de la ciudad en el futuro.

Los seres humanos pueden hacer muy poco para cambiar la naturaleza e incidencia de la mayoría de los fenómenos geológicos, ya que estos son parte de la geodinámica interna y externa de la Tierra, son eventos propios de la evolución continua del planeta, sin embargo, pueden tomar medidas preventivas a través de la evaluación de riesgos del territorio y así reducir la vulnerabilidad ante la amenaza, es aquí donde entra la Geología Urbana con sus métodos, herramientas y recomendaciones finales sobre el uso de ocupación y planificación de la convivencia social de las zonas urbanas, para que los eventos naturales

¹⁰ Cfr. IBERDROLA (2021). Ciudades Sostenibles: te descubrimos las ciudades más sostenibles del mundo. <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/ciudades-sostenibles>

no se conviertan tragedias o desastres. La Geología Ambiental está estrechamente vinculada a la Geología Urbana, van de la mano, ambas juegan un papel de primer orden para la sostenibilidad de los asentamientos urbanos, más aun, el crecimiento de las ciudades ha demandado un crecimiento constante de recursos naturales, como materias primas, minerales, agua potable e industrial y energía, por supuesto, ésta demanda de recursos genera un aumento continuo de impactos ambientales sobre el territorio.

Este crecimiento continuo, genera residuos sólidos, líquidos y gaseosos provocando la contaminación del suelo y las aguas que son vitales para la sostenibilidad de las ciudades, siendo esta la razón por lo que la Geología Urbana, está prácticamente obligada a aportar conocimientos e información para la concepción de ciudades sostenibles, por otro lado, el cambio climático han provocado un aumento sustancial en número e intensidad de fenómenos naturales vinculados al calentamiento global y estos han provocado un gran impacto en la sociedad en las últimas décadas ¹¹, por ello una intervención geocientífica temprana, promoverá soluciones a los problemas ambientales causados por fenómenos geológicos en los urbanismos, esta geoperspectiva de gestión de ciudades sostenibles asegura para el espacio territorial niveles bajos de vulnerabilidad ambiental¹². También es pertinencia por vinculación directa con la Geología Urbana, la contribución al estudio de las aguas superficiales y subterráneas, los espacios de salubridad para actividades de acumulación de desechos sólidos, el estudio de suelos para asentamientos urbanos y la contribución en los proyectos de generación de energías de fuentes limpias.

Los fenómenos de naturaleza geológica que afecta la sostenibilidad de las ciudades, tienen características que producen impacto social atentando contra la vida misma y recrean condiciones de ruptura del equilibrio ambiental urbano. Entre los riesgos geológicos están los sísmicos, producidos por movimientos verticales y laterales de fallas geológicas, cuyos efectos pueden generar deformación del terreno, proceso de licuefacción de sedimentos y tsunamis. El vulcanismo, producido por irrupción del magma a la superficie en forma de lava, cenizas y gases, generando alteraciones al terreno circundante, desvíos de la red hidrológica, destrucción de cultivos y entornos urbanos, contaminación de la atmosfera con sólidos y gases tóxicos, entre otros impactos. Los procesos de remoción en masas, son comunes en ciudades intratramontanas, producen avalanchas de derrubios, expansión del suelo, deslizamiento de tierras y hundimientos. Por último, los hidrológicos, que producen inundaciones fluviales y costeras, desertificación, salinización, sequias, eventos erosivos, contaminación de fuentes de agua potable y sedimentación aluvial violenta.

¹¹ Cfr. SINGER, André (2015). *Geología Urbana*. Bol. Academia. Ciencias, Física, Matemática y Naturaleza. Vol. LXXV, No.4: 55-74. P.69

¹² “...En definitiva, para que las ciudades sean sostenibles y ecológicamente viables, se debe replantear y reorganizar su funcionamiento mediante la introducción de la cuestión ambiental en la gestión local a través de políticas sectoriales y macroeconómicas. Tampoco hay que olvidar que existe una relación intrínseca entre la problemática del mantenimiento de los recursos naturales, el consumo de energía y la generación de residuos. En concreto, las ciudades son consumidoras de altas cantidades de energía, energía que desempeña un papel importante en el funcionamiento de los sistemas urbanos”, ECHEBARRÍA, C. y AGUADO, I. (2003). *La planificación urbana sostenible Univ. del País Vasco*. Fac. de CC. Económicas y Empresariales. [24,643-660]. P.647 <https://core.ac.uk/download/pdf/11498065.pdf>

Un elemento importante destacar para la sostenibilidad de la ciudad es el abastecimiento de agua potable de calidad, que es una labor cuyas competencias técnicas en gran parte vinculan a la hidrogeología local y a las condiciones ambientales que subyacen en el entorno cercano urbano. Si la fuente de agua es de la red superficial o acuíferos de subsuelo, los especialistas realizan estudios que conducen a la elaboración de mapas hídricos para conocer características y movimiento de las aguas, cuyos resultados finales permite cuantificar los recursos y así poder realizar planificación a largo plazo para gestionar este preciado líquido, que cada vez más escaso en todo el mundo. Es bien sabido que, el aprovechamiento del recurso agua es diferente en cada ciudad, debido a la disponibilidad y complejidad de las cuencas hídricas y a los problemas de administración y gestión local, esto provoca la diferenciación geográfica de los problemas de sostenibilidad ¹³. Por ello, las evaluaciones técnicas propias de los estudios hidrogeológicos deben ser atribuidas al geólogo urbano con conocimiento del tema, pues se trata entonces de predecir con criterios científicos la gestión de la calidad y volúmenes de agua potable para los habitantes.

Lo expuesto, permite aclarar que los fenómenos geológicos, impactan en la evolución catastral y ambiental de una ciudad, es claro colocar como ejemplo las diferencias entre las ciudades de Los Ángeles y Nueva York, en Estados Unidos, la primera es una ciudad de crecimiento horizontal, llena de espacios verdes, camineras debido a que está situada en la misma traza sísmica activa de la falla de San Andrés, mientras que Nueva York, situada en zona de bajo riesgo sísmico, es una ciudad vertical con característica de hacinamiento urbano, así pudiésemos indicar diferencias notables en la evolución urbana de acuerdo al contexto geológico y territorial de cada ciudad. Por tanto, es necesario y conveniente realizar zonificaciones de uso conforme del terreno donde se encuentran emplazadas las urbes, aquí interviene el trabajo de la Geología Urbana.

El conocimiento del proceso de zonificación territorial en función de factores sociales, económicos y geológicos es fundamental para el desarrollo urbano sostenible. Según Chipana ¹⁴ la zonificación territorial consiste en delimitar el espacio urbano y periurbano con ciertos atributos y conformando unidades homogéneas, a partir de la aplicación de criterios de sociales, de vulnerabilidad y aptitud geológica urbana para la mitigación de desastres naturales. También es conveniente delimitación de áreas propensas al crecimiento de la ciudad y establecer perímetros de protección, de esta manera se facilita la gestión y planificación, para generar mínimos conflictos ambientales. Es importante por tanto, el manejo de los tiempos en la toma de decisiones y acciones a ejecutar, de por sí, la interacción desarrollo urbano y el medio geológico es intempestivo, no predecible en muchas ocasiones y a veces se convierte en una vorágine de sucesos que toma por sorpresa a los habitantes y a los propios responsables de la gestión de ciudades. La zonificación territorial es un proceso

¹³ Cfr. DOUROJEANNI, A.; JOURAVLEV, A. y CHÁVEZ, G. (2002). Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. Serie recursos naturales e infraestructura. ONU, CEPAL y ECLAC. Santiago de Chile, p. 13

¹⁴ Cfr. CHIPANA MENA, Félix (2014). Geología Urbana y procesos de zonificación territorial en la ciudad de Tacna. Tesis de Grado de la Universidad Nacional del Altiplano. Fac. de Ing. Geológica y Metalurgia. Perú. P. 8

mediante el cual se orienta la ocupación y utilización del territorio para optimizar la ubicación del espacio geográfico, para el ordenamiento de las vías, servicios públicos, zonas de hábitat y actividades socioeconómicas.

Es de especial importancia entre las funciones del geólogo urbano, la evaluación de riesgos de eventos naturales, debido al creciente aumento en números y severidad de desastres naturales, generados por un lado, por el cambio climático y otras veces por la misma insistencia del hombre de construir hábitat e infraestructuras en zonas potencialmente vulnerables. Aunque en los últimos años, se observa mayor preocupación por los gobiernos de las naciones de poner en marcha voluntad política para generar legislación que contribuya a la reducción de los efectos impactantes de los desastres naturales, sin embargo, aún estamos crudos para enfrentar los eventos de esta naturaleza. Por ello, es necesario en la gestión de la ciudad para la sostenibilidad conformar grupos con fortalezas técnicas, científicas y legales en gestión de amenazas causadas por desastres naturales, brindando así la oportunidad a todos de dar forma a estrategias para que la gestión administrativa y legal sea eficiente desde los enfoques prospectivos y correctivos, con la única base de promover ente los ciudadanos la corresponsabilidad de la gestión y la comprensión de la relación amenaza-vulnerabilidad^{15 16}.

Indicadores geológicos de sostenibilidad urbana

Existen muchos indicadores de sostenibilidad urbana, con distintas propuestas que provienen de, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), de la oficina estadística de la Unión Europea (EUROEST), los indicadores propios de la ONU-Hábitat para uso global y están también los utilizados por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). En América Latina y el Caribe, se han estado desarrollando desde el año 2004 indicadores propios que generan una base estadística de información en el marco de los objetivos del milenio, específicamente el ODM-7¹⁷ y ahora relacionados con los ODS-7 y ODS-11 de los la Agenda 2030. Todos estos indicadores están relacionadas con las áreas sociales, ambientales y económicas. Sin embargo, como se documentó anteriormente, en esta investigación se tratarán los indicadores solo vinculados a las funciones y gestión relacionadas con la Geología Urbana para dar sostenibilidad a la ciudad, por ser el objeto de este estudio.

¹⁵ Cfr. PADRÓN, Carlos (2018) *Gestión del riesgo de desastres en barrios informales. Buenas prácticas para la construcción de resiliencia*. Terra Nueva Etapa, vol. XXXIV, núm. 56, 2018. Universidad Central de Venezuela. <https://www.redalyc.org/journal/721/72157132003/html/>

¹⁶ "...además de propiciar la ocupación de territorios en armonía con el ambiente, sostenibles, seguros y resilientes. Entendiéndose la gestión, como mejoras no sólo de las condiciones de vida de los individuos, sino del bienestar colectivo, además enmarcada dentro de una planificación y gestión urbana integral con principios de sostenibilidad" (*Ibidem*)

¹⁷ Cfr. QUIROGA, Rayen (2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*. División de Estadística y Proyecciones Económicas. ONU-CEPAL. Santiago de Chile. P. 29

Entre los indicadores de sostenibilidad vinculados a las funciones y participación en grupos multidisciplinarios, están: uso adecuado de la tierra urbana, cobertura de agua, capacidad de generación de energía limpia, diseño de espacios de disposición de residuos, cobertura en el manejo de sistemas de drenaje intraurbanos e índices de riesgos ante desastres naturales, este último con cinco subindicadores: porcentaje del territorio urbano sujeto a inundación, porcentaje del territorio urbano sujeto a deslaves, índice de riesgo sísmico o zonificación sísmica, índice de riesgo volcánico e índice de riesgo ante tsunamis, pudiendo estar otros indicadores transversalizados e interrelacionados con otros campos. Del manejo adecuado de estos indicadores los líderes locales y los planificadores urbanos, pueden direccionar acciones y priorizar recursos para la mitigación de impactos ambientales. Esta información generada por el monitoreo del sistema indicadores urbanos, contribuye a resolver la problemática creciente en grandes ciudades debido básicamente a la falta de datos que comúnmente entorpece la gestión ambiental.

El indicador uso adecuado de la tierra urbana, es sin duda el firme comienzo de evitar un impacto ambiental a futuro que atente en contra de la sostenibilidad de la ciudad y de la vida de sus pobladores. Aunque el objetivo de la zonificación urbana implica variables sociales, económicas y culturales para disminuir los desequilibrios de poblamiento, comerciales e industriales para el control del crecimiento, su principal mirada debe ser desde el punto de vista geológico. Para ello, la Geología junto a otras disciplinas vinculadas a los propósitos urbanísticos, proponen, de acuerdo a la estructura, composición y características del suelo y subsuelo donde se asienta la ciudad su uso conforme. De acuerdo con Chipana ¹⁸ el uso del espacio urbano o aptitud del suelo, es la sumatoria de variables técnicas y naturales vinculadas al perfil del territorio urbano y los fenómenos ligados que se detonan a partir de la geodinámica interna y externa.

Los criterios geológicos a tomarse en cuenta para el uso conforme del terreno urbano son: la geomorfología del relieve urbano, que está referido a los grados de inclinación del terreno o pendientes, es una variable que representa una información importante para el diseño de servicios sanitarios, acueductos, drenajes superficiales de la ciudad, diseño de la vialidad y emplazamientos urbanísticos e industriales. Otra variable es la composición del suelo y el basamento litológico por zonas, este se refiere a las características del sustrato para estudios geotécnicos que conducen a la construcción de infraestructuras de gran peso, como edificios, centros comerciales y fábricas, por último, los procesos propios de la geodinámica externa condicionan los movimientos de materiales. Estos factores están continuamente evolucionando el suelo de manera natural, produciendo degradación o cambios volumétricos de materiales, por ello, un inadecuado uso del terreno urbano puede alterar estos procesos naturales produciendo eventos desafortunados.

Un indicador relevante e importante para la vida y el ambiente es, la cobertura del suministro seguro y futuro de agua con estándares de calidad, la Geología contribuye a resolver esta necesidad humana a través del estudio de las cuencas hidrológicas superficiales

¹⁸ Cfr. CHIPANA, *ob. cit.* p. 9

y acuíferos subterráneos, para conocer el movimiento del agua, sus volúmenes, composición química, física y biológica, así como la identificación de potenciales factores que mitigan o contaminen los cuerpos de agua. La sostenibilidad en el suministro de agua potable en muchas ciudades del mundo ha sido alterada por el cambio climático, de acuerdo con un informe elaborado por la Federación Europea de Geólogos (EFG), indica que muchas ciudades de Europa han experimentado un descenso de los niveles de los acuíferos debido a la sequía en años recientes, y existen amenazas en el suministro de agua para el futuro¹⁹. Los niveles de desertificación producidos por el calentamiento global también ha afectado el volumen de discurrimento de agua de las cuencas hidrográficas superficiales y subterráneas, pudiendo en el futuro recrear condiciones nefastas para la misma subsistencia humana.

La tendencia a la baja de la cobertura de disponibilidad de agua -producido por el cambio climático- adicionado, al crecimiento demográfico y al uso indiscriminado de este vital recurso, puede ser mejor comprendido, desde la perspectiva de ajustes ante la crisis. Con el concurso de la Georgia Urbana, se proponen planes de monitoreo a través de mapas hidrogeológicos interactivos que pueden ayudar a predecir el comportamiento futuro de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos que abastecen las ciudades. De este modo se genera información, datos y recomendaciones para la toma de decisiones que conduzcan a establecer estrategias y previsiones para mitigar el impacto sobre los habitantes. En un informe mundial sobre asentamientos humanos de la ONU para enfrentar el cambio climático, propone trabajar sobre la vulnerabilidad que enfrentan las grandes urbes, sobre todo de los países en desarrollo, con la carencia de agua, que deviene en crisis de suministro de líquido potable, alcantarillados, servicios sanitarios, y servicio de educación, por ello el Programa de Naciones Unidas para los Asentamiento Humanos considera el agua como el servicio prioritario e indiscutible²⁰.

Otro indicador de sostenibilidad de las ciudades propuesto es, la cobertura de energía limpia de la ciudad, para así contribuir con minimizar las emisiones de CO₂eq, por ello, las energías renovables están llamadas a ser puntales de desarrollo sostenible ir a una economía libre de carbono. El conocimiento geológico y multidisciplinario del entorno al territorio de la ciudad es sumamente importante para emplazamientos de plantas de generación eléctrica a base de fuentes hídrica, eólica, mareomotriz, solar y geotérmica. En los desarrollos de centrales hidroeléctricas y plantas de energía geotérmica es esencial la intervención del geólogo, como profesional que analiza y comprende los principios primarios naturales de generación de potencia. Es muy importante para las ciudades –con el concurso de diversos profesionales y compromisos gubernamentales y privados- ir hacia la transición energética

¹⁹ Cfr. FEDERACIÓN EUROPEA DE GEÓLOGOS (2015) *Geología y sociedad*. The Geological Society. P.7 <https://www.geolsoc.org.uk/geology-for-society>

²⁰ Cfr. ONU-Hábitat (2011). *Las ciudades y el cambio climático: orientaciones para políticas*. Informe mundial sobre asentamientos humanos 2011. Resumen ejecutivo. P. 62 <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/Las%20Ciudades%20Y%20El%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20Orientaciones%20Para%20Pol%C3%ADticas.pdf>

de fuentes verdes, con el uso de tecnologías diversificadas renovables de bajo impacto, estaremos ayudando a los ecosistemas del planeta, contribuyendo de esta manera al alcance de las metas del ODS-7.

El diseño de espacios de disposición de residuos es un indicador susceptible a la degradación ambiental, el número y diseño de estos, puede acarrear problemas que impactan a las ciudades, ya que, generalmente se ubican en los entornos perimetrales de estas. La ubicación final del relleno sanitario de residuos sólidos trae como consecuencia -si existiese un mal diseño- problemas de polución atmosférica con la generación de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) y problemas de filtración de fluidos contaminantes al subsuelo con la potencial contaminación de acuíferos. El Geólogo Urbano, especialista en espacios de disposición de deberá valorar para el diseño la aplicación de métodos y variables geológicas, como: uso del suelo, permeabilidad del subsuelo, profundidad del manto freático, cercanías de redes hídricas superficiales de ordenes elevados, posibilidades del material edafológico de cobertura para final del ciclo, geomorfología del terreno, dirección del viento, áreas protegidas, barreras sanitarias naturales, ruta de transporte de desechos y vulnerabilidad a riesgos naturales donde se emplaza el relleno. Otros elementos que también son condicionantes para la integralidad del diseño, la seguridad aérea, integridad de los recursos naturales y bienes culturales, infraestructura existente, proyectos de desarrollo urbano, regional y nacional ²¹ .

Otro indicador poco conocido, pero realmente impactante al ambiente que causa alteración del orden sostenible de las ciudades, es el grado de conservación y manejo de sistemas de drenajes intraurbanos. Sucede con mucha frecuencia que por un inadecuado manejo y mantenimiento de drenajes, quebradas y ríos que transcurren por las ciudades, ha provocado inundaciones durante periodos lluviosos originando una baja resiliencia de la ciudad. En el contexto de la Geología Urbana se pretende introducir este indicador bajo un esquema de estudio y monitoreo de la evolución hidrogeológica de los sistemas de drenajes urbanos, sus potenciales caudales de acuerdo a los diferentes periodos, volumen de sedimentación, implicaciones de los desechos sólidos y líquidos vertidos en su cauce y potencialidad para causar eventos con riesgos a la sostenibilidad. Muchos geólogos y expertos manejan la posibilidad de uso de las aguas pluviales urbanas, almacenándolas para luego utilizarlas en pro de aliviar las demandas del vital líquido en diferentes usos ²² como riego para huertos urbanos, abastecimiento en caso de sequias y hasta para uso industrial.

El índice de riesgos ante desastres naturales, es causado por la ocurrencia tempestiva de fenómenos geológicos, provocando grandes pérdidas humanas y materiales en centros urbanos no preparados para enfrentar estos fenómenos. La mayoría de los fenómenos

²¹ Cfr. MORALES, Simón y RODRÍGUEZ, Alina (2016). Evaluación geológica ambiental para ubicar un relleno sanitario manual en la parroquia Mene de Mauroa, Venezuela. *Minería y Geología*, vol. 32, núm. 2, p. 89 Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Holguín, Cuba.

²² Cfr. OCHOA Iturbe, J. (2017). El drenaje y su importancia para una ciudad sustentable. Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. Caracas. P.3 http://www.acading.org.ve/info/publicaciones/TRABAJOS_INCORPORACION/TI_JOSE_OCHOA.pdf

geológicos, no pueden ser reducidos ni mitigado ante la realidad natural, solo, con la acción humana hemos distorsionado la evolución natural de la fenomenología planetaria, sin embargo con una verdadera gestión preventiva de mitigación riesgos se reduce la vulnerabilidad ante esta amenaza. Este indicador se compone de cinco subindicadores: índice de riesgo ante inundaciones de redes fluviales y sistemas marinos que afectan a grandes ciudades ubicadas al borde de los cuerpos de agua; índice de riesgo ante deslaves o también conocidos como remoción en masa, los cuales que producen deslizamiento de masas de material rocoso y sedimentos, además afectan sectores urbanos sobre todo en ciudades ubicadas en zonas montañosas; índice de riesgos sísmico que propiamente dicho afectan la infraestructura de las ciudades y pérdidas de vida, provocando baja repentina en la resiliencia; el índice de riesgo volcánico en la cual la efusión de la lava y gases tóxicos expelidos a la atmosfera afecta grande extensiones produciendo importantes impactos a la actividad humana y por último el subindicador índice de riesgo ante tsunamis que afecta a las ciudades emplazadas en zonas costeras.

Reflexiones finales

Los procesos sociales inversos que han experimentado muchas ciudades del mundo, ha generado vulnerabilidad y falta de resiliencia ante amenazas geológicas, propiciando el desarrollo de áreas propensas a desastres. El geocientista a través de técnicas y métodos realiza estudios que permitan reducir esta vulnerabilidad, los resultados permiten obtener información, como: datos a través del estudio directo del terreno urbano; uso de un sistema de información geográfica (SIG) para el manejo territorial de riesgos; uso de sensores remotos para predecir o alertar la llegada de un evento, como por ejemplo, sistemas de pluviómetros con teletransmisión de datos para detectar posibles inundaciones; y por ultimo técnicas especiales para trazado de mapas, que se yuxtaponen con datos socioeconómico de la población para mejorar los alertas tempranos ante las amenazas geológicas. Los resultados obtenidos son utilizados para elaboración de planes y estrategias, que redundan en minimizar los impactos ambientales y hacer más sostenible el territorio. Es tan importante, la medición de indicadores de sostenibilidad urbana que organismos como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), ha facilitado el financiamiento de proyectos con cuatro componentes básicos y definitorios: identificación del riesgo, reducción del riesgo, manejo de desastres y gobernabilidad y protección financiera ²³.

Finalmente, el propósito principal de la Geología Urbana es aportar datos, información y orientaciones con basamento geocientífico que contribuyan a la formulación de indicadores de sostenibilidad en las ciudades, con la finalidad de aumentar la resiliencia urbana, que aporte al alcance de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de Naciones Unidas. Debe ser un esfuerzo coherente y sostenido entre el geólogo, profesionales urbanos, ambientales y líderes gubernamentales de la ciudad que deriven en una planificación urbanística de largo alcance para reducir la vulnerabilidad ante

²³ BID (2015). *Indicadores de Riesgo de Desastre y de Gestión de Riesgos*. Programa para América Latina y el Caribe. Nota Técnica N° IDB-TN-765. P. 38

los eventos generados por la acción combinada del hombre mismo y las amenazas de naturaleza geológica. Los asuntos técnicos de la Geología Urbana y sus aportes deben ir acompañados por el nivel ecológico de la comunidad, la participación de esta es trascendental para que sea diferenciada, una comunidad sostenible sus patrones de consumo son también diferenciados, el sistema debe ser participativo y flexible para el logro del fin común.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

REVISTA DE FILOSOFÍA

Nº 100-1 _____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada en febrero de 2022,
por el Fondo Editorial Serbiluz, Universidad del Zulia. Maracaibo-
Venezuela*

www.luz.edu.ve www.serbi.luz.edu.ve
www.produccioncientificaluz.org