

AMBIENTES VULNERABLES. APORTES CONCEPTUALES Y DEFINICIONES
PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD DE LOS SISTEMAS AMBIENTALES

Gabriel Freitas Scaraffuni

<https://orcid.org/0000-0002-9859-1122>

Laboratorio de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República.
gfreitas@fcien.edu.uy

Marcel Achkar Borrás

<https://orcid.org/0000-0001-7082-8557>

Laboratorio de Gestión Ambiental del Territorio y Desarrollo Sustentable, Facultad de
Ciencias, Universidad de la República.
achkar@fcien.edu.uy

Recibido: mayo, 2023.

Aceptado: junio, 2024.

RESUMEN

En las últimas décadas, los cambios producidos por las actividades humanas en los ecosistemas se han vuelto más evidentes, pues han causado procesos de degradación ambiental y social. Algunos análisis de esta situación atribuyen parte de la responsabilidad a las formas epistemológicas y teóricas de abordarlos, por lo que han sido propuestos varios modelos conceptuales alternativos. Por su parte, el concepto de vulnerabilidad ha sido utilizado para abordar cuestiones ambientales desde distintas construcciones teóricas y metodológicas, a causa de lo cual no existe un consenso sobre su definición o modelos para su aplicación. Si bien se ha avanzado en perspectivas que, desde el enfoque de sistemas, intentan modelar la vulnerabilidad de un territorio de forma integrada, aún permanecen limitaciones asociadas principalmente a las formas como se han buscado evaluar y representar las relaciones entre las partes que integran el sistema. Más allá de esto, el desarrollo de modelos de vulnerabilidad ofrece el potencial de superar miradas lineales de tipo intervención-impacto y permitir análisis sistémicos, lo cual lo convierte en un área con potencial para la innovación. El presente artículo tiene por objetivo proponer una definición conceptual de vulnerabilidad desde una perspectiva de sistemas ambientales, que permita modelar su variabilidad espacial y temporal. Este proceso implicará no solo reconocer la existencia de múltiples dimensiones y sus interrelaciones, sino, además, integrar elementos como las propiedades emergentes del sistema, la definición específica de la

degradación de su funcionamiento y la existencia y consideración de procesos estocásticos, propio de los sistemas abiertos y dinámicos.

Palabras clave: vulnerabilidad, sistemas ambientales, vulnerabilidad ambiental, territorio.

Vulnerable Environments: Conceptual Contributions and Definitions for the Analysis of Environmental Systems Vulnerability

ABSTRACT

In recent decades, the changes wrought by human activities upon ecosystems have become increasingly apparent, leading to processes of environmental and social degradation. Certain analyses of this situation attribute a portion of the responsibility to epistemological and theoretical approaches, prompting the proposition of several alternative conceptual models. The concept of vulnerability has been employed to address environmental issues across various theoretical and methodological frameworks, resulting in a lack of consensus regarding its definition or models for application. While strides have been made in perspectives aiming to model territorial vulnerability in an integrated manner within a systems framework, limitations persist primarily in how the relationships among system components are assessed and represented. Beyond these constraints, the development of vulnerability models holds the potential to transcend linear intervention-impact paradigms and facilitate systemic analyses, rendering this field ripe for innovation. This article aims to propose a conceptual definition of vulnerability from the perspective of environmental systems, enabling the modeling of its spatial and temporal variability. This process will entail not only acknowledging the existence of multiple dimensions and their interrelations, but also integrating elements such as the emergent properties of the system, the specific definition of its functional degradation, and the recognition and consideration of stochastic processes inherent to open and dynamic systems.

Keywords: Vulnerability. Environmental Systems. Environmental Vulnerability. Territory.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, los cambios producidos por las actividades humanas en los ecosistemas se han vuelto más evidentes (Eschenhagen 2011; Ciftcioglu 2017). Algunos autores sostienen que el grado de intervención causado por las actividades humanas y su uso del suelo han sido de tal magnitud que permiten definir una nueva era geológica en el desarrollo evolutivo del planeta llamada *Antropoceno* (Ellis 2018). La crisis ambiental resultante se atribuye a perspectivas que asocian el desarrollo con el crecimiento económico desde una visión de la naturaleza centrada en una racionalidad económica que destierra al componente natural de la esfera de producción (Leff 1998). Esta crisis, que se manifiesta en procesos de degradación ambiental y el avance de la desigualdad y la pobreza, es en definitiva una *crisis civilizatoria* (Leff 1998: 9),

que algunos vinculan a los axiomas de la cultura capitalista (Figueiró 2020: 16) y que incluyen una cultura tecno-científica a la que se le atribuye la capacidad de consumir a la naturaleza sin recrearla (Gazzano & Achkar 2013). La degradación ambiental se asocia, en definitiva, a los modos de producir, valorar y distribuir la riqueza (Sevilla & González 1989).

Han sido múltiples los abordajes utilizados para buscar entender, mitigar o revertir los efectos de la crisis ambiental. A modo de ejemplo, uno de los enfoques más extendidos es el de evaluación de impacto ambiental, en el cual, a partir de una acción que puede generar cambios en el medio, se identifican los efectos más importantes en los sistemas naturales y humanos (Gómez 2001). A su vez, en el marco de la crisis climática, se profundiza en los abordajes sobre la evaluación del riesgo de desastres, en los que se ha avanzado desde perspectivas centradas en el riesgo de ocurrencia de un fenómeno físico con efectos nocivos sobre los humanos hacia visiones más complejas que intentan integrar en el análisis al elemento humano y a sus acciones como parte del problema.

Sin embargo, más allá de la preocupación global manifiesta, de los desarrollos técnicos, conceptuales y hasta legales, es innegable el agravamiento de la situación ambiental, constituyéndose como el principal desafío en el primer cuarto del siglo XXI. Autores como Eschenhagen (2011) o Uribe y colaboradores (2014) sostienen que parte de la explicación del porqué no se han logrado avances en la resolución de los problemas ambientales tiene que ver con las formas (epistemológicas y teóricas) de abordarlas, a las que vinculan con los paradigmas de la modernidad y el modelo hegemónico de desarrollo.

Algunos planteamientos sostienen que las bases epistemológicas positivistas impiden entender las relaciones complejas entre lo humano y lo natural (Ángel-Maya 2013), por lo que es necesario replantear esas bases (Eschenhagen 2011; Uribe et al. 2014). En el mismo sentido, Gazzano y Achkar (2013) agregan que la comprensión del *objeto ambiente*, desde una perspectiva clásica, ha llegado a un punto límite. Por lo tanto, son necesarias propuestas que superen la dualidad sociedad–naturaleza y avancen hacia la construcción de nuevas lecturas e interpretaciones basadas en la idea de *sistema ambiental*.

En los últimos años, se han promovido nuevos paradigmas que buscan trascender, en mayor o menor medida, la dualidad sociedad-naturaleza y las limitaciones de las miradas disciplinares. Según Bocco (2019), actualmente, la visión hegemónica sobre los problemas relacionados a la crisis climática y los desastres resultantes se basa en el enfoque socioecológico. En este se parte de conceptos como vulnerabilidad, adaptación y resiliencia sociales frente a esos desastres y se promueve una mirada sistémica sobre los problemas ambientales en general. Sin embargo, han surgido voces críticas sobre esta mirada y se mantiene la búsqueda por perspectivas que avancen en la deconstrucción de los paradigmas cientificistas sobre el ambiente y la dualidad sociedad-ambiente (Castro & Zusman 2009).

El concepto de vulnerabilidad ha sido utilizado para abordar cuestiones ambientales desde distintas construcciones teóricas y metodológicas (Gómez 2001; Adger 2006; Birkmann & Wisner 2006; Eakin & Luers 2006; Tran et al. 2010; Berrouet et al. 2018). Además, se procura promover su uso como una herramienta para el análisis y gestión del territorio, debido a que permite, potencialmente, integrar distintas variables e identificar puntos clave de susceptibilidad a amenazas (Cutter 1996; Adger 2006; Furlan et al. 2011; Freitas et al. 2019). Originalmente, fue vinculado al abordaje sobre riesgos de desastres, no obstante, a lo largo del tiempo su uso ha sido más amplio, aunque sus definiciones han resultado diversas y difusas. Así, ante la necesidad de abordar los problemas ambientales desde una perspectiva que permita explicitar la variación espacial y temporal de los factores que hacen que el sistema ambiental sea más o menos sensible a cualquier tipo de alteración, el concepto de vulnerabilidad ofrece la posibilidad de discutir cuáles son los factores determinantes de esa sensibilidad y su variabilidad.

Cabe preguntarse si es posible trascender las limitaciones de los abordajes actuales, recuperando sus potencialidades, hacia un modelo conceptual y operativo que permita una mejor interpretación de las relaciones sociedad-naturaleza e identifique los patrones de vulnerabilidad del ambiente. A partir de lo expuesto anteriormente, el presente artículo tiene por objetivo proponer una definición conceptual de vulnerabilidad desde una perspectiva de sistemas ambientales, que permita modelar su gradiente y su variabilidad territorial. Este proceso implicará no solo reconocer la existencia de múltiples dimensiones y sus interrelaciones, sino también, integrar elementos como las propiedades emergentes del sistema, la definición específica de la degradación de su funcionamiento y la existencia y consideración de procesos estocásticos, propio de los sistemas abiertos y dinámicos.

VULNERABILIDAD Y AMBIENTE. DESARROLLOS CONCEPTUALES

Si bien autores como Cardona (2001a), Turner y colaboradores (2003) o Luers (2005) han definido en términos generales la vulnerabilidad como una propiedad emergente de sistemas expuestos a una amenaza relacionada a su predisposición de sufrir daño a partir de una perturbación, no existe un consenso en torno a una comprensión universalmente aceptada de este concepto, debido al gran número de disciplinas y visiones teóricas y epistemológicas relacionadas (Eakin & Luers 2006; Füssel 2007), así como tampoco existen teorías o modelos universales para su aplicación (Gómez 2001; Jamshed et al. 2017; Berrouet et al. 2018). En la actualidad, es posible describir marcos conceptuales que coexisten y generan tanto abordajes híbridos como nuevas visiones sobre las causas y las consecuencias de la vulnerabilidad, y sobre las formas de medirla (Eakin & Luers 2006). Al igual que Adger (2006), Birkmann y Wisner (2006) argumentan que la diversidad de enfoques teóricos y metodológicos, y de los desafíos

que ello supone, refleja la ebullición de un área en pleno desarrollo que, a partir de su flexibilidad, permite distintas visiones e intereses, por lo que puede también ser una fortaleza. Eakin y Luers (2006), por su parte, sostienen que la diversidad de abordajes puede ser vista como complementaria e incluso necesaria para atender la complejidad del concepto.

Más allá de la amplitud de la temática, el desarrollo de indicadores de vulnerabilidad es considerado como un elemento central para la toma de decisiones (Turner et al. 2003; Aroca-Jiménez et al. 2018) y para el desarrollo de políticas para distintas áreas (Birkmann & Wisner 2006; Eakin & Luers 2006). Sin embargo, muchos de los desafíos que han acompañado la evolución de estos abordajes persisten, lo cual hace de esta un área con potencial para la innovación. Algunos de ellos incluyen elementos como la complejidad de los sistemas estudiados, así como las deficiencias de conocimiento o información sobre los mismos, la falta de consenso sobre su definición, la ausencia de mediciones que representen el abordaje de perturbaciones múltiples e interactuantes (Adger 2006; Eakin & Luers 2006; Tran et al. 2010), y la escala de análisis o el desarrollo de indicadores o índices de medición (Gómez 2001). Quizás uno de los desafíos conceptuales más importantes para este tipo de abordajes sigue siendo la resolución sobre cómo articular las dimensiones sociales y ecológicas a la evaluación de la vulnerabilidad (Berrouet et al. 2018).

Una de las esferas desde las que se ha expresado de forma más flagrante los desajustes de la relación entre la sociedad y su entorno natural ha sido el de los llamados desastres naturales. La historia evolutiva de las sociedades humanas ha estado acompañada por situaciones de desastre en distintos momentos históricos, en los cuales un fenómeno natural puntual desencadena una serie de procesos que resultan en impactos negativos para la sociedad. Diferentes perspectivas han abordado este problema, desde aquellas que priorizan la amenaza natural hasta aquellas que indican que los determinantes del desastre están en las condiciones sociales y económicas del territorio (Bocco 2019). En ambos casos, prima una mirada dicotómica que desvincula la relación entre las sociedades y su entorno, y que, a lo largo de los años, ha oscilado en su énfasis sobre en cuál de las dos dimensiones están las variables explicativas del desastre y su alcance (Castro & Zusman 2009; Bocco 2019).

En los últimos años, se han realizado revisiones sistemáticas sobre la literatura existente en el tema a partir de textos de tipo conceptuales o de ejemplos prácticos de aplicación, cada una, además, con una interpretación específica sobre la vulnerabilidad (tabla 1). Estas miradas generales sobre las formas conceptuales y operativas en las que se ha trabajado el tema permiten tener una idea sobre los alcances, fortalezas y limitaciones en cada corriente o perspectiva, más allá de algunos matices en las interpretaciones y la construcción de categorías que agrupan lo existente.

Tabla 1. Principales perspectivas sobre desastres naturales y su vinculación con el concepto de vulnerabilidad.

Relación Sociedad - Naturaleza	Énfasis	Perspectiva	Descripción	Vulnerabilidad
Dualista	Dimensión natural	Riesgo - amenaza	Los fenómenos naturales son la causa fundamental de los desastres. La sociedad es mera receptora de los efectos negativos.	Limitado al análisis de infraestructura. La dimensión humana se aborda desde el concepto de exposición.
		Funcionalismo	Los desastres se vinculan a la percepción individual sobre el riesgo.	El foco está puesto en la capacidad de adaptación, no en la vulnerabilidad.
	Dimensión humana	Economía política	Los desastres son causados por procesos económicos y sociales generales. El desastre es una construcción social.	Enfocada en la dimensión humana, considera variables socioeconómicas para explicar la susceptibilidad de la población al desastre.
Monista	Abordajes sistémicos	Socioecología	Enfatiza la importancia de comprender las relaciones entre los sistemas humanos y naturales.	Considera factores ecológicos y sociales en la evaluación de la vulnerabilidad.
		Resiliencia	Capacidad de los sistemas sociales y ecológicos para mantener su estructura y función después de la perturbación.	

Desde una mirada dualista, que separa sociedad de naturaleza, encontramos los abordajes de riesgo-amenaza (*risk-hazard*), que han sido una de las corrientes conceptuales primigenias desde las que se ha abordado los desastres desencadenados por fenómenos naturales, sus causas, procesos e impactos. Según Berrouet (2018), esta perspectiva trata el riesgo de ocurrencia de un desastre a partir de las relaciones entre un fenómeno natural, que es una amenaza, y el impacto que produce sobre los

componentes ecológicos o sociales. Castro y Zusman (2009) describen esta perspectiva como fisicalista, vinculada a la geografía física, y desde la que surge la expresión “desastre natural”, puesto que centra su atención en el componente físico que figura como amenaza y causa fundamental de los desastres.

Las voces críticas sostienen que esta visión recae en un reduccionismo natural (Castro & Zusman 2009), pues no considera las interacciones entre el componente natural y el social, ni el hecho de que las amenazas a veces no son un evento, sino un proceso de tipo continuo, o que ignoran elementos como sensibilidad y umbrales de tolerancia a distintos vectores de estrés (Berrouet et al. 2018). Bocco (2019) agrega, además, que la pobreza no se integra al análisis de las causas estructurales que hacen que una sociedad sea susceptible. Desde esta perspectiva, la vulnerabilidad se limita a la dimensión física que incluye a la infraestructura, lo cual la posiciona como un abordaje más descriptivo que explicativo (Füssel 2007).

Otros abordajes desde el paradigma dualista han buscado encontrar en la esfera humana las causas fundamentales que explican la situación de desastre, por lo que son esencialmente antropocentristas. En este campo, se describen también lecturas específicas, en general, relacionadas a las disciplinas desde la que se observan los desastres. De esta forma, por ejemplo, el abordaje *funcionalista* es antropocéntrico en la medida en que centra su atención en las respuestas individuales y en los factores psicológicos o socioculturales que determinan la percepción de la persona sobre el riesgo y, por lo tanto, su respuesta ante el mismo (Castro & Zusman 2009). El elemento conceptual destacado en esta perspectiva es el de adaptación, aún utilizado en la bibliografía sobre cambio climático. En este contexto, se plantea como alternativa la adaptación del individuo a los riesgos naturales. Según Bocco (2019), la mirada adaptativa, con fuerte presencia en el discurso científico y de las organizaciones internacionales, influye en las agendas nacionales para el tratamiento del riesgo. Entre las principales críticas a este abordaje se destacan el no considerar al riesgo y al desastre como procesos, y no interpelar las causas últimas que terminan generando, desde la dimensión social, la materialización de un escenario de riesgo de desastre en un espacio específico.

Buscando levantar estas y otras limitaciones, y aún desde la visión antropocéntrica, se desarrollaron miradas que podrían definirse como una perspectiva *socio-crítica* de los desastres. Desde esta aproximación, se buscó ir más allá de las respuestas individuales –que fueron el centro de los funcionalistas–, hacia análisis enfocados en condiciones estructurales de las sociedades, principalmente políticas y económicas. En este enfoque, la atención está centrada sobre el riesgo de ocurrencia del desastre. Además, este es tratado como un proceso dinámico y, por lo tanto, como resultado de determinantes y procesos sociales en un territorio específico (Bocco 2019) y no de respuestas individuales. De esta manera, en este análisis surge como elemento conceptual destacado la *vulnerabilidad* de la sociedad ante ese desastre, la cual, inicialmente, fue asociada

a la exposición diferencial de la población al riesgo, pero luego se fue complejizando a partir de la integración de otras variables (Castro & Zusman 2009).

En definitiva, es importante destacar que el concepto de *vulnerabilidad*, asociado a temas ambientales, surge desde un conjunto de nociones que parten de una visión esencialmente dualista de la relación sociedad-naturaleza y que, por su interpretación antropocéntrica de la construcción social del riesgo de desastre, enfatiza el análisis en la dimensión humana como actor que sufre de forma diferencial y progresiva las consecuencias negativas de una relación disfuncional con su entorno natural. La sociedad enfrentada a la naturaleza es susceptible de ser dañada en sus intereses ante el riesgo de ocurrencia de un desastre. La vulnerabilidad es, por lo tanto, una propiedad del sistema social, y la comprensión y análisis de esta relación conflictiva comprendería, entonces, a disciplinas del área de las humanidades tales como la sociología, la antropología, la economía y las ciencias políticas.

Durante el proceso de evolución del pensamiento ambiental en las últimas décadas, ha crecido el consenso sobre la necesidad de miradas integradoras sobre el ambiente y su problemática que permitan trascender la dicotomía sociedad-naturaleza. Las nuevas perspectivas con sus fortalezas y debilidades, como se verá en los próximos puntos, fundamentadas en el enfoque de sistemas (abordajes sistémicos) y sus adaptaciones disciplinarias, han enriquecido la discusión sobre cuáles son los factores constitutivos determinantes para describir el ambiente y han permitido redefinir conceptos tales como el de desastre, riesgo o vulnerabilidad.

EL AMBIENTE COMO SISTEMA

El pensamiento sistémico, como una alternativa al análisis fragmentado de la realidad, no es precisamente un enfoque novedoso. En particular, se ha venido desarrollando un conjunto de conceptos, principios y postulados bajo el nombre de Teoría General de Sistemas como campo transdisciplinario de estudios de aplicación universal a distintos niveles (Whitchurch & Constantine 2018). Desde esta perspectiva, uno de los elementos fundamentales que se plantean tiene que ver con su pretensión de convertirse en un camino para la unificación de las ciencias (Johansen 1993; Arnold & Osorio 1998; Whitchurch & Constantine 2018), es decir, se parte del reconocimiento de que existen realidades que, de abordarse desde una perspectiva clásica, son difíciles de entender.

Bertalanffy (1989) construyó la que probablemente sea la definición más genérica de un sistema al describirlo como un conjunto de elementos que se encuentran en interrelaciones. Otras comprensiones los describen como un conjunto de elementos que guardan estrechas relaciones entre sí, que mantienen al sistema directa o indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo (Arnold & Osorio 1998). Dentro de diversas

clasificaciones sobre los sistemas, se puede encontrar la diferenciación tradicional que en física se hace entre sistemas aislados, cerrados o abiertos. Esta distinción se basa en la capacidad de este de intercambiar energía o materia con su entorno (Arnold & Osorio 1998; García 2006).

Dentro de los sistemas abiertos o adaptativos es posible describir un conjunto de propiedades universales. Una de ellas tiene que ver con el hecho de que los elementos de un sistema no son separables. De esta manera, no solo no podrán ser estudiados aisladamente (Bertalanffy 1989; Arnold & Osorio 1998; García 2006; Whitchurch & Constantine 2018), sino que, además, el análisis de los elementos más básicos del sistema no permitirá una interpretación cabal del funcionamiento de los niveles más altos (Conway, 1987). Arnold y Osorio (1998) definen esta propiedad como la *emergencia del sistema*, la cual refiere a la aparición de cualidades o atributos que no se sustentan en las partes aisladas.

García (2006) agrega a los ya mencionados un conjunto de elementos que considera centrales a la hora de abordar la descripción y modelado de este tipo de sistemas. Una de ellas está relacionada a la identificación de los límites que lo contienen, la cual, en sistemas abiertos, puede resultar particularmente desafiante. Ningún sistema está dado en el punto de partida de la investigación, por lo que una parte fundamental del proceso será la conceptualización de este como un recorte arbitrario de la realidad y, por lo tanto, la definición de cuáles serán sus límites. Ellos no refieren solamente al componente físico, sino a otros aspectos, como la dimensión cultural, económica o de conflictos, debido a que siempre es necesario definir qué quedará dentro o fuera del sistema. Esto llevará indefectiblemente a la caracterización de lo que el autor llama *condiciones de contorno*, las cuales, a partir de sus relaciones y flujos, terminarán por operar sobre el funcionamiento del sistema.

Asociada a la definición de los límites estará la identificación de los elementos constitutivos del sistema y sus relaciones. Cada elemento identificado podrá considerarse como un sistema de menor nivel o subsistema con sus propias características. García (2006) afirma que las relaciones entre esos componentes están determinadas por los principios de interdependencia y de interdefinibilidad, claves en la comprensión de cómo los sistemas funcionan y cómo están interconectados. Por un lado, la interdependencia refiere a la relación que existe entre las partes de un sistema, por lo que el cambio en una parte puede afectar directa o indirectamente a otras. Por otro lado, la interdefinibilidad es la propiedad de un sistema en la que sus partes se definen y construyen en relación con las otras partes. En otras palabras, las partes de un sistema se definen en función de su relación con las otras partes, y el cambio en una parte puede afectar la definición y función de las demás.

Según el mismo autor, el conjunto de los componentes del sistema y las características de sus relaciones terminará por definir su estructura. La identificación de la

estructura de un sistema no es menor, puesto que ella determina un gran número de las propiedades del sistema observado (García 2006). Por ello, un sistema “solamente estará definido cuando se haya identificado un número suficiente de relaciones entre cierto conjunto de elementos que permitan vincularlos con referencia al funcionamiento del conjunto” (García 2006: 98).

Otra cuestión que destaca el autor está relacionada a sus dinámicas de funcionamiento. Los sistemas abiertos no tienen estructuras rígidas e inmutables, sino que, dependiendo de la escala temporal, alternan entre estados estacionarios o de equilibrio dinámico y de reorganización o evolución. Las segundas tienen lugar a través de desestructuraciones y reestructuraciones, es decir, la evolución del sistema no procede por desarrollos continuos, sino por reorganizaciones sucesivas que serán el resultado de la interacción entre perturbaciones (cambios en las condiciones de contorno) y la capacidad del sistema de amortiguarlas. Una definición relevante para el estudio de sistemas complejos en relación con este aspecto será, por lo tanto, la de la escala temporal del análisis. Por ello, para García (2006), desde un punto de vista dinámico, todo sistema es determinado por su estructura, lo cual incluye su estabilidad frente a perturbaciones y las posibilidades de alcanzar un punto crítico. Según el autor, surgen en relación con esto algunas propiedades estructurales emergentes que son fundamentales para comprenderlos tanto en sus estados de equilibrio como en sus procesos de transformaciones. La primera de ellas es la vulnerabilidad, y para García se trata de la propiedad clave y que se relaciona con “los mecanismos homeostáticos que previenen disrupciones en el conjunto de las relaciones que están bajo la influencia de perturbaciones” (2006: 153). Aún vinculado a la noción de estabilidad del sistema (o su ruptura), la segunda propiedad es definida por él como *resiliencia* y refiere a “la capacidad que tiene el sistema de adaptarse o absorber las perturbaciones de cierta magnitud” (2006: 83).

Según Eschenhagen (2011), el abordaje del ambiente, desde una perspectiva de complejidad, es indispensable a esta altura de los desarrollos conceptuales sobre el tema. La autora agrega que esa perspectiva es necesaria para superar las limitaciones del positivismo científico y comprender de forma más profunda las raíces de la problemática ambiental contemporánea.

Una comunidad humana es un sistema en sí mismo, compuesto por distintos componentes. A su vez, esa comunidad existe en un período de tiempo específico y en una materialidad (territorio) particular, también con un conjunto de elementos biofísicos que interactúan permanentemente. De la interacción entre ambos sistemas surge un sistema síntesis cualitativamente superior a los dos mencionados (Wilches-Chaux 1993). Desde esta perspectiva, se aborda al ambiente como un sistema complejo e integrado por múltiples subsistemas interactuantes dentro de los que se destacan el subsistema natural con sus componentes bióticos y físicos, y el subsistema socioeconómico.

La mirada sobre el ambiente como un conjunto de componentes interdependientes que interactúan de forma compleja tampoco es novedosa. Por ejemplo, Gazzano y Achkar (2013) identifican ya en los años 50 y en los principales postulados de la “nave espacial tierra” de Lovelock, el reconocimiento de la complejidad ambiental a partir de la identificación de sus componentes y las interacciones entre los mismos. El ambiente es el resultado de la interacción entre la sociedad y la naturaleza, las cuales están fundamentalmente expresadas por las actividades productivas (Sejenovich & Panario 1996). El ambiente pasa a concebirse como “concreción espacial y temporal de complejas interrelaciones entre procesos físicos, químicos, biológicos, sociales, económicos, políticos y tecnológicos, productos de un modelo de desarrollo” (Achkar et al. 2011: 25). A partir de allí, se ha propuesto un conjunto de modelos con un creciente grado de complejidad para describir el funcionamiento sistémico del ambiente y llegar a explicar las causas de sus problemáticas.

En todos los casos, la imbricación entre los subsistemas natural y humano ha sido uno de los elementos más discutidos y aún hoy presenta limitaciones (Gazzano & Achkar 2013; Bocco 2019). Los abordajes sistémicos no han logrado un consenso respecto a cómo abordar los problemas de las interacciones entre el contorno y la sociedad desde un punto de vista sistémico (García 2006).

Finalmente, teniendo en cuenta los elementos antes mencionados, Gazzano y Achkar (2013) definen al sistema ambiental como una totalidad compleja y diversa en permanente transformación y autoorganización. Su configuración surge de la interacción de procesos físicos, químicos, biológicos, tecnológicos, socio-económicos, políticos y culturales, los cuales hacen emerger sus diversas expresiones territoriales y temporales. Los mismos autores agregan que la teoría de sistemas demostrará y construirá una noción de ambiente en la que este recupera, en parte, su integridad, y pondrá en juego respuestas a acciones surgidas tanto desde la cultura como desde la naturaleza. Así, esta perspectiva considera que, a partir de las interacciones entre ambas, se trasladarán efectos a uno y otro ámbito y cuestiona la separación (Gazzano & Achkar 2013).

AVANCES HACIA UNA MIRADA INTEGRADORA: EL ENFOQUE SOCIOECOLÓGICO

Los orígenes del enfoque socioecológico se remontan a la década de 1970 cuando se agudizaron las preocupaciones sobre el impacto humano en la naturaleza. En este contexto, algunos investigadores comenzaron a explorar la relación entre los sistemas sociales y los sistemas ecológicos, por lo que intentaron desarrollar un marco teórico que permitiera comprender y abordar los problemas ambientales desde una perspectiva más integral. Este enfoque propone una mirada sobre el ambiente que pretende hacer “explícita la heterogeneidad, complejidad e incertidumbre que resulta de la interrelación entre los humanos y su entorno biótico y abiótico” (Uribe et al. 2014: 111). Como

señalan Folke y colaboradores (2005), el enfoque socioecológico proporciona un marco para entender y abordar los desafíos ambientales y sociales a través de la integración de múltiples perspectivas y la promoción de la participación y la colaboración entre actores diversos. Algunos autores señalan que, a juzgar por el número de publicaciones en la actualidad, esa es la perspectiva hegemónica sobre temas ambientales, al menos en lo relativo a cambio climático y desastres derivados de fenómenos naturales (Bocco 2019). Organismos internacionales como el IPCC han promovido este tipo de miradas sobre el cambio climático, así como en otros problemas ambientales a diferentes escalas.

Sin embargo, como en todo modelo que recorta la realidad, este abordaje no está exento de limitaciones. Una crítica habitual es su falta de claridad conceptual y terminológica. Como señala Neimark y colaboradores (2019), el término *socioecológico* se utiliza de manera inconsistente y a menudo se confunde con otras palabras como *sostenibilidad* o *resiliencia*. Además, algunos autores lo utilizan de manera muy amplia, lo que dificulta su aplicación práctica y la posibilidad de comparar abordajes empíricos, así como identificar y generalizar conceptos sobre sus principales debilidades.

Otra crítica es que, como argumentan Soini y colaboradores (2020), el enfoque socioecológico se basa en la idea de que los sistemas sociales y ecológicos están interconectados, pero esto puede llevar a una simplificación excesiva de la realidad. Además, algunos autores han señalado que tiende a pasar por alto el papel de las instituciones y las políticas públicas en la gestión de los sistemas sociales y ecológicos, sin integrar a la distribución de poder en la toma de decisiones y a la influencia de las estructuras políticas y económicas en la gestión de los recursos naturales (Leach et al. 1999; Brosius et al. 2005).

Para este enfoque, algunos elementos conceptuales como vulnerabilidad, adaptación y resiliencia han sido fundamentales y ampliamente utilizados en el análisis de riesgo de desastres (Young et al. 2006; Hummel et al. 2017; Bocco 2019). Sin embargo, se sostiene que estos conceptos se fundamentan en la ecología o, más precisamente, en la ecología humana o la ecología social, y las bases utilizadas para explicar niveles menos complejos como el natural terminan siendo insuficientes al aplicarse sobre niveles más complejos como el social. Autores como Bocco sostienen que gran parte de la socioecología se trata de una “ecología socializada de riesgos y desastres” (2019: 7) con diferentes limitaciones en la aplicación de algunos de sus conceptos centrales. La crítica es esencialmente epistemológica y sostiene que “desde una visión hegemónica, se impone una aproximación ecosistémica unificada a la comprensión de la relación sociedad-ambiente” (Bocco 2019: 11), lo cual alude a una suerte de imperialismo científico desde el que se busca proyectar sobre la dimensión social elementos teóricos de la ecología con teorías particulares y no unificadoras.

Es importante destacar que no necesariamente reconocer el todo implicará una interpretación unificadora de la realidad, sino que, por el contrario, supondrá identificar

y reconocer las diferencias y abordarlas desde sus especificidades. Justamente, Bocco (2019) plantea el concepto de *pluralismo científico*, que podemos relacionar al de interdisciplina, como alternativa a los postulados unificadores de la resiliencia. Esta estrategia, según indican los autores, supone la contribución de teorías particulares y no unificadoras –como la socioecológica– para la solución de problemas que requieren la integración de conocimientos.

Más allá de las críticas, es innegable que desde esta perspectiva se ha buscado superar, en gran medida, la mirada dicotómica sobre la relación sociedad-naturaleza, puesto que, desde sus postulados generales, se han realizado innumerables abordajes empíricos y propuestas de aplicación de modelos, los que aportan a la discusión y al avance en la comprensión de los problemas ambientales. A pesar de ello, es necesario, desde el reconocimiento de sus limitaciones, concretar propuestas verdaderamente rupturistas de la dualidad aludida y que, reconociendo la diversidad en la unidad, permitan una mejor interpretación del ambiente, su funcionamiento y sus propiedades.

El ambiente como un sistema vulnerable: definición y dimensiones de análisis

La determinación de la vulnerabilidad de los sistemas ambientales es uno de los elementos centrales en la investigación sobre sustentabilidad (Turner et al. 2003). Desde los abordajes socioecológicos, la vulnerabilidad se ha definido, en general, como la exposición y la susceptibilidad de las personas y las comunidades a las perturbaciones ecológicas y sociales, así como a la incapacidad para hacer frente a sus consecuencias (Adger 2006; Leichenko & O'Brien 2008). Sin embargo, como hemos visto, mucho de lo realizado desde esa perspectiva, en el marco de la evaluación de riesgos de desastre, ha asociado el concepto de vulnerabilidad al de resiliencia y adaptación, conceptualmente concebidos desde la ecología y proyectados luego a componentes esencialmente diferentes como el social. Desde esta y otras perspectivas, múltiples definiciones se han bosquejado con diferentes grados de especificidad y profundidad dependiendo del objeto de estudio y la disciplina desde la que se parte para interpretar la realidad. Algunas de estas definiciones se presentan en la tabla 2.

La vulnerabilidad ha sido sinónimo de expresiones como susceptibilidad, predisposición o propensión, por lo que se interpreta como una propiedad interna y emergente del sistema. Algunas de estas definiciones destacan, justamente, el carácter sistémico de su objeto de estudio y, en algunos casos, indican incluso explícitamente sus componentes (comunidad, estructura social, naturaleza, medio físico). Finalmente, surge como elemento indisociable la presencia de, al menos, una amenaza o perturbación cuyo alcance o características no se definen.

Tabla 2. Definiciones de vulnerabilidad relacionadas con temas ambientales.

Autores	Definición
Adger (2006: 269)	Susceptibilidad a ser dañado. Grado en el cual un sistema es susceptible al daño e incapaz de soportar efectos adversos.
Cardona (2006: 2)	Susceptibilidad, la predisposición intrínseca a ser afectado. Las condiciones que favorecen o facilitan que haya daño.
Eakin y Luers (2006: 255)	Grado en el que los sistemas humanos y ambientales pueden experimentar daño a partir de una perturbación o estrés.
IPCC (2014: 5)	Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación.
Lavell (1996: 10)	Propensión a sufrir daños que exhibe un componente de la estructura social (o la naturaleza misma). Expresión del desequilibrio o desajuste, en igual medida, entre la estructura social (ampliamente concebida) y el medio físico-constructivo y natural que lo rodea.
RAE (2023)	Que puede ser herido o recibir lesión, física o moralmente.
Turner y colaboradores (2003: 8074)	Grado en el que un sistema, subsistema o componente del sistema puede recibir daño debido a la exposición a una amenaza, ya sea una perturbación o un agente estresante.
Wilches-Chauz (1993: 7)	Incapacidad de una comunidad para “absorber”, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, es decir, “inflexibilidad” o incapacidad para adaptarse a ese cambio. La vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que produzca la ocurrencia efectiva del riesgo sobre la comunidad.

Más allá de elementos comunes y matices, es necesario explicitar algunos puntos de partida conceptuales antes de desembocar en una definición de vulnerabilidad que permita, a partir de la reinterpretación de algunos conceptos centrales, trascender algunas de las limitaciones enunciadas anteriormente. En primera instancia, se parte de una mirada del ambiente desde un enfoque sistémico, en el cual se entiende al ambiente como el resultado de una relación histórica y dialéctica entre el ser humano y su entorno biofísico o, tal como señala Maskrey (1993: 16), “un sistema síntesis, cualitativamente superior a los dos anteriores, los cuales, en verdad, mal podríamos concebir aisladamente de esa interacción en la cual se viene a materializar y concretar la realidad de la comunidad en un momento histórico determinado”. De esta forma,

la construcción de una propuesta conceptual de vulnerabilidad partirá de la definición de ambiente mencionada anteriormente propuesta por Gazzano y Achkar (2013).

En otra perspectiva, si se entiende que un sistema es vulnerable, debería indicarse claramente a qué. Como ya se mencionó, el abordaje de la vulnerabilidad en temas ambientales se construyó originalmente en torno a la evaluación de riesgo de desastres en la que alguien o algo, ante la presencia posible de un fenómeno natural extraordinario, está en riesgo de sufrir en mayor o menor medida efectos adversos a raíz de los procesos que aquel desencadena. Es así como, en parte de la bibliografía, se asocia la idea de desastre a la posible ocurrencia de un cambio más o menos radical en las características de un sistema. Wilches-Chaux (1993) afirma de forma genérica que un desastre ocurre en un escenario de crisis en el que el sistema pierde su capacidad de transformarse y adaptarse a estímulos provenientes de esos distintos niveles para mantener la continuidad de sus procesos, mientras que Gómez (2001) sostiene que ciertos cambios comprometen el funcionamiento de los sistemas, los cuales pueden tomar la forma de shock repentino, tendencia de largo plazo o ciclo estacional.

Aquí proponemos resignificar el desastre como el resultado de un conjunto de procesos que, sumados y en interacción, ponen en riesgo la capacidad del sistema ambiental para mantener funciones básicas que, por un lado, permiten la continuidad de los ciclos naturales y, por el otro, sostener actividades vitales y productivas de la sociedad. En otras palabras, el desastre será la degradación irreversible de sus propiedades constitutivas en un escenario de equilibrio en el que los componentes naturales y humanos coexisten y se interdefinen.

La Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas define la degradación ambiental como la reducción de la capacidad del medio ambiente para satisfacer objetivos y necesidades sociales y ecológicos, mientras que Lavell (1996: 8) afirma que degradación refiere a “una reducción de grado o a un rango menor, o a cambios en la homeóstasis de un sistema”. De esta manera, hay una reducción en su productividad. Según el mismo autor, esa forma de concebir la degradación y el ambiente se aleja de formas menos integradoras de considerar el problema, tales como aquellas en las que la degradación opera exclusivamente sobre el medio ambiente natural o sobre el ecosistema.

Este tipo de cambios que someten al sistema ambiental al riesgo de desastre son el resultado de la ocurrencia de lo que habitualmente la bibliografía denomina *amenazas*, o sea, vectores que ejercen presión sobre los componentes y dinámicas de los sistemas y que, en sistemas abiertos, pueden ser de distintos tipos. Las amenazas deben ser consideradas en función de la autoorganización del sistema que, independientemente de su origen aparente, emergen desde este y actúan sobre el sistema ambiental en diversas expresiones territoriales y temporales. A modo de ejemplo, una de las más relevantes, por el grado de alteración que genera sobre las estructuras, componentes y relaciones

de los sistemas ambientales, está relacionada, en mayor o menor grado, con la actividad agropecuaria, que tiende a la homogeneización de esos sistemas a partir de su organización bajo la forma de grandes superficies de monocultivos y sigue los principios de la revolución verde y de los agronegocios. En este proceso, se apuesta a la transformación de ecosistemas naturales (diversos, complejos) en agroecosistemas con una alteración (o cambio) del equilibrio y la elasticidad original de aquellos a través de una combinación diversa de factores regulados por acciones antrópicas y funcionamientos ecosistémicos.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, ante amenazas similares o iguales, no todos los sistemas se verán afectados de la misma manera, por lo que, claramente, no es la amenaza la única variable que explica el desastre. Aven (2015) indica que la comprensión de fragilidad se asocia a la idea de “fácil de romper o destruir”, o que, en otros términos, podría definirse como “aquello a lo que no le gusta la volatilidad” y, por lo tanto, no le gustan la “aleatoriedad, incerteza, desorden, errores y estresores, entre otros” (Taleb 2012: 18). En términos más específicos, Taleb y Douady (2013: 1677) afirman que la fragilidad “está relacionada con cómo un sistema sufre por la variabilidad de su entorno más allá de un cierto umbral preestablecido”. De esta manera, aquí adoptamos la idea de fragilidad como una propiedad inmanente del sistema ambiental abordado, pero que debe identificarse y describirse a efectos de determinar cabalmente la vulnerabilidad de ese sistema. De forma resumida, podríamos afirmar que la vulnerabilidad del sistema ambiental dependerá de la presencia de amenazas y de su fragilidad intrínseca. Un sistema frágil, pero sin amenazas, no es vulnerable, como tampoco lo será un sistema robusto, pero con amenazas presentes.

Habiendo resignificado la idea de desastre y asumiendo que el riesgo refiere a la posibilidad de que este ocurra, estamos en condiciones de establecer, en términos generales, en qué medida la susceptibilidad de un sistema ambiental a ser afectado por una o varias amenazas juega un rol en esa ecuación. De esta forma y términos específicos, podemos definir vulnerabilidad como una propiedad emergente del sistema ambiental que refleja el gradiente temporal y espacial de la susceptibilidad de un territorio a sufrir procesos de degradación de las características de sus componentes y sus relaciones (en términos de interdefinibilidad e interdependencia) y, por lo tanto, en su estructura y funcionamiento. El gradiente temporal o espacial de esa vulnerabilidad será el resultado, a su vez, de la presencia diferencial de amenazas, así como de la fragilidad de sus componentes y sus relaciones.

Entonces, lo vulnerable (en sentido emergente) es el territorio, un espacio específico que contiene todas las dimensiones en una transformación continua multiescalar, que genera y destruye en forma permanente la interdefinibilidad de los componentes del territorio. Justamente, es el concepto de territorio el que nos permitirá sortear algunos de los desafíos a la hora de estudiar un sistema ambiental (como, por ejemplo, la definición de sus límites) y, en particular, de conocer su vulnerabilidad, puesto que refiere

a una visión “integrada acerca de la relación sociedad-ambiente y ofrece plataformas espaciales donde convergen teorías de ambas aproximaciones (social y natural)” (Bocco 2019: 12). Dicho concepto facilita una primera aproximación a ese *sistema síntesis* mencionado anteriormente.

Luego, será necesario establecer el conjunto de componentes que, a partir de la sumatoria de sus características, mejor describen el territorio en cuestión. Allí, según Gazzano y Achkar (2013), deberán considerarse componentes relacionados a las dimensiones física, biológica, productiva, tecnológica, de organización social, política y económica. La identificación de los componentes esenciales en la evaluación de la vulnerabilidad de un sistema ambiental con expresión específica en un territorio es esencial, puesto que se corre el riesgo de llegar a un análisis que no explique, al menos en sus aspectos críticos, cómo varía en el tiempo y el espacio la vulnerabilidad.

Finalmente, una vez definidos y observados los límites del territorio y sus partes integrantes o componentes, deberán identificarse y caracterizarse las relaciones entre ellos para completar la descripción de la estructura y dinámicas del sistema ambiental en cuestión y poder ahí describir las características de su vulnerabilidad. Este análisis deberá realizarse desde los principios que identifica García (2006) de interdefinibilidad e interdependencia de los componentes como mecanismos fundamentales en la dinámica de funcionamiento sistémico del ambiente.

En este análisis, es importante considerar que la vulnerabilidad se puede incrementar a través de eventos acumulativos o cuando amenazas múltiples disminuyen la capacidad del sistema humano o ecológico para resistir o adaptarse al cambio (Clark et al. 2000). Este planteamiento facilita el entendimiento de la vulnerabilidad como una condición o circunstancia dinámica o cambiante y permite su formulación en términos de un proceso acumulativo de fragilidades, deficiencias o limitaciones que permanecen en el tiempo como factores que inciden en que exista o no una mayor o menor vulnerabilidad (Cardona 2001a).

CONCLUSIONES

Los problemas ambientales contemporáneos requieren un enfoque integral y sistémico para su evaluación y resolución efectiva. La comprensión y abordaje de estas problemáticas desde múltiples perspectivas, que consideran las interacciones entre los diferentes componentes del sistema ambiental, son fundamentales para alcanzar soluciones sostenibles y duraderas. La evaluación de problemas ambientales debe trascender las visiones fragmentadas y sectoriales para abordar la complejidad y las interconexiones inherentes a los sistemas ambientales.

Los enfoques integrados permiten considerar la diversidad de factores que influyen en la génesis y persistencia de los problemas ambientales. Al adoptar una visión

holística, se pueden identificar y comprender las causas y consecuencias múltiples y relacionadas de esos problemas, lo cual evita soluciones superficiales que no abordan sus raíces. Asimismo, los enfoques sistémicos promueven la comprensión de los problemas ambientales como sistemas complejos, en los cuales los elementos interactúan de manera dinámica y no lineal. Estos enfoques consideran las retroalimentaciones, los efectos acumulativos y las sinergias entre los diferentes componentes del sistema ambiental. Al analizar las interacciones y las relaciones de causa-efecto, se pueden identificar puntos críticos de intervención y diseñar estrategias de resolución más efectivas.

Desde esa perspectiva, el concepto de vulnerabilidad puede definirse como un objeto de frontera, dado que permite el intercambio interdisciplinario sin abandonar métodos y especificidades disciplinarias (Weißhuhn et al. 2018). En el mismo sentido, autores como Eakin y Luers (2006) afirman que la diversidad de enfoques es necesaria para abordar las especificidades locales y destacan la existencia de abordajes híbridos más allá de las tipologías presentadas anteriormente.

En este escenario general, el presente texto se propuso como meta considerar la amplia literatura sobre la vulnerabilidad en temas ambientales para avanzar sobre una definición que permita mejorar la comprensión de los problemas ambientales y, en consecuencia, proponer mejores posibilidades de soluciones para la crisis civilizatoria contemporánea. Las elaboraciones conceptuales presentadas en este trabajo son necesarias e imprescindibles para el analizar el gradiente temporal y espacial de la vulnerabilidad de los sistemas ambientales, pues evita las propuestas de uso de esquemas sectoriales que limitan el alcance de los estudios de vulnerabilidad en el territorio.

Para ello, cualquier debate sobre estos temas deberá partir de un acuerdo que parece ser irrefutable: toda aproximación conceptual y metodológica deberá reconocer la existencia de múltiples dimensiones y sus relaciones, por lo que nuevos abordajes amparados en la teoría de sistemas son necesarios. El debate sobre el que se procura aportar sigue siendo sobre cómo resolver este aspecto, que resulta ser tan conceptual como metodológico. Quizás la raíz del problema sea la idea misma de intentar definir un sistema complejo como lo son los ambientales, puesto que cualquier abordaje será siempre parcial y limitado. Un sistema ambiental, en cuanto hipervolumen multidimensional es, en términos prácticos, irreproducible. Por lo tanto, será fundamental poder identificar a partir de los debates y de la práctica aquellas variables críticas (componentes, relaciones, amenazas y fragilidades) del sistema ambiental sin cuya identificación y descripción no es posible llegar a reflejar mínimamente sus dinámicas internas y relaciones con su entorno. Estas variables críticas, además, dependerán del territorio, la escala y el período.

Reconociendo en el ambiente una totalidad compleja, lo esencial es el énfasis en las relaciones horizontales y verticales en las estructuras y procesos más que en la descripción detallada de los componentes. En la interpretación propuesta en este

trabajo prima el principio de interdefinibilidad e interdependencia de los distintos elementos constituyentes del sistema ambiental, los que delimitarán las propiedades de este, incluido su gradiente de vulnerabilidad.

Otro de los elementos centrales es el que plantea Cardona (2001b) cuando indica que la degradación del entorno, el empobrecimiento y los desastres no son otra cosa que sucesos ambientales y su materialización es el resultado de la construcción social del riesgo. Aquí, es importante marcar la diferencia con el enfoque antropocéntrico clásico, pues la vulnerabilidad –y su variación espacial y temporal– es tanto una construcción social como lo es el ambiente en sí mismo, por lo que dicha noción no es de aplicación exclusiva del subsistema social. Esta es una diferencia esencial con gran parte de la producción académica sobre este tema, en la que la vulnerabilidad se asocia al componente humano del análisis.

En este sentido, este trabajo busca aportar a la discusión un marco conceptual general que oriente la identificación de variables críticas para hacer emerger la vulnerabilidad de un sistema ambiental específico. De esta forma, no debe abandonarse la idea de que la vulnerabilidad está asociada a la idea de un riesgo, sino que debe discutirse a cuál riesgo hacemos referencia, puesto que se propone trascender la idea tradicional del desastre desencadenado por un fenómeno natural. Desde esta perspectiva, promovemos la resignificación de conceptos antes mencionados, ya que el desastre referirá a la degradación del sistema ambiental y el riesgo a la posibilidad de ocurrencia de este. No es, por lo tanto, una lectura absolutamente rupturista, sino que busca reformular lecturas previas y ampliar su alcance de aplicación.

A partir de estas elaboraciones conceptuales, será necesario avanzar en una propuesta operativa desde la cual puedan aterrizar estos conceptos para su aplicación a territorios concretos y evaluar su fortaleza para identificar y describir el gradiente temporal y espacial de la vulnerabilidad de los sistemas ambientales. Para eso, deberán resolverse cuestiones como tipos y alcance de amenazas, como identificar umbrales más allá de los cuales la degradación del sistema ambiental puede categorizarse como un desastre, evaluar la fragilidad de los distintos componentes internos y, finalmente, representar y modelar estas variables.

Más allá de los desafíos que permanecen, la evaluación de la vulnerabilidad ambiental se presenta como una herramienta conceptual (y eventualmente operativa) con potencial para la evaluación de situaciones potenciales y reales. Además, los enfoques integrados y sistémicos facilitan la identificación de soluciones de largo plazo que abordan los problemas ambientales de manera integral. Al considerar las múltiples dimensiones de los problemas, se pueden desarrollar estrategias que aborden las causas subyacentes, en lugar de simplemente tratar los síntomas. Esto implica una transformación hacia modelos de desarrollo más sostenibles, en los cuales se promueva la conservación de los recursos naturales, la equidad social y el bienestar económico.

REFERENCIAS

- Achkar, M., A. Domínguez & F. Pesce. 2011. *El pensamiento geográfico en Uruguay*. Montevideo: Zona Libro.
- Adger, N. 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change* 16 (3): 268-281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Ángel-Maya, A. 2013. *El reto de la vida: ecosistema y cultura. Una introducción al estudio del medio ambiente*. Bogotá: Ecofondo.
- Arnold, M. & F. Osorio. 1998. Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas. *Cinta de Moebio* 3: 40-49.
- Aroca-Jiménez, E., J. Bodoque, J. García & A. Díez-Herrero 2018. A Quantitative Methodology for the Assessment of the Regional Economic Vulnerability to Flash Floods. *Journal of Hydrology* 565: 386-399. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.08.029>
- Aven, T. 2015. The Concept of Antifragility and its Implications for the Practice of Risk Analysis. *Risk Analysis* 35 (3): 476-483. <https://doi.org/10.1111/risa.12279>
- Berrouet, L., J. Machado & C. Villegas-Palacio 2018. Vulnerability of Socio-Ecological Systems: A Conceptual Framework. *Ecological Indicators* 84: 632-647. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.07.051>
- Bertalanffy, L. 1989. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. Braziller: New York.
- Birkmann, J. & B. Wisner 2006. *Measuring the Un-measurable: The Challenge of Vulnerability*. Bonn: United Nations University Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS).
- Bocco, G. 2019. Vulnerabilidad, adaptación y resiliencia sociales frente al riesgo ambiental. Teorías subyacentes. *Investigaciones Geográficas* 100: 1-18. <https://doi.org/10.14350/rig.60024>
- Cardona, O. 2001a. La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión. En *International-Work Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice*, pp.1-18. Wageningen: Wageningen University.
- Cardona, O. 2001b. *Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos*. Tesis de Doctorado en Ingeniería del Terreno, Cartografía y Geofísica, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- Cardona, A. 2006. "Midiendo lo Inmedible". Indicadores de vulnerabilidad y riesgo. *Boletín Ambiental* 53: 1-8. <<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/53920/boletin53.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [consultado: 16-10-2024].
- Castro, H. & P. Zusman 2009. Naturaleza y cultura: ¿dualismo o hibridación? *Investigaciones Geográficas* 70: 135-153.

- Ciftcioglu, G. 2017. Assessment of the Resilience of Socio-Ecological Production Landscapes and Seascapes: A Case Study from Lefke Region of North Cyprus. *Ecological Indicators* 73: 128-138. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.036>
- Conway, G. 1987. The Properties of Agroecosystems. *Agricultural Systems* 24 (2): 95-117. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(87\)90056-4](https://doi.org/10.1016/0308-521X(87)90056-4)
- Cutter, S. 1996. Vulnerability to Environmental Hazards. *Progress in Human Geography* 20 (4): 529-539. <https://doi.org/10.1177/030913259602000407>
- RAE. 2023. *Diccionario de la lengua*. <<https://dle.rae.es/vulnerable?m=form>> [consultado: 08-04-2024].
- Eakin, H. & A. Luers 2006. Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems. *Annual Review of Environment and Resources* 31 (1): 365-394. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144352>
- Ellis, E. 2018. Ecology in an Anthropogenic Biosphere. *Ecological Monographs* 85 (3): 287-331. <https://doi.org/10.1890/14-2274.1>
- Eschenhagen, L. 2011. Los límites de la retórica verde o ¿por qué después de más de 30 años de esfuerzos no se observan mejoras ambientales sustanciales? *Gestión y Ambiente* 13 (1): 111-118.
- Figueiró, A. 2020. O desafio da educação diante de um cenário de colapso. En *Educação Ambiental-cenários atuais da saúde ambiental e humana*, G. Seabra, ed., pp. 16-32. Ituiutaba: Barlavento.
- Freitas, G., I. Díaz, M. Bessonart, E. da Costa & M. Achkar 2019. An Ecosystem-Based Composite Spatial Model for Floodplain Vulnerability Assessment: A Case Study of Artigas, Uruguay. *GeoJournal* 86: 1155-1171. <https://doi.org/10.1007/s10708-019-10120-3>
- Furlan, A., D. Bonotto & S. Gumiere 2011. Development of Environmental and Natural Vulnerability Maps for Brazilian Coastal at São Sebastião in São Paulo State. *Environmental Earth Sciences* 64 (3): 659-669. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0886-7>
- Füssel, H. 2007. Vulnerability: A Generally Applicable Conceptual Framework for Climate Change Research. *Global Environmental Change* 17 (2): 155-167. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.05.002>
- García, R. 2006. *Sistemas Complejos. Conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa.
- Gazzano, I. & M. Achkar 2013. La necesidad de redefinir ambiente en el debate científico actual. *Gestión y Ambiente* 16 (3): 7-15.
- Gómez, J. 2001. Vulnerabilidad y Medio Ambiente. En *Seminario Internacional "Las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe"*, p. 1-36. Santiago de Chile: Seminario Internacional "Las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe". <https://www.buyteknet.info/fileshare/data/ana_pla_sis_amb/Vul_medio%20ambiente.pdf> [consultado: 16-10-2024].

- Hummel, D., T. Jahn, F. Keil, S. Liehr & I. Stieß 2017. Social Ecology as Critical, Trans-disciplinary Science—Conceptualizing, Analyzing and Shaping Societal Relations to Nature. *Sustainability* 9 (7): 1-20. <https://doi.org/10.3390/su9071050>
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. *Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Nueva York: Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-FrontMatterA_FINAL.pdf> [consultado: 16-10-2024].
- Jamshed, A., I. Rana, J. Birkmann & O. Nadeem 2017. Changes in Vulnerability and Response Capacities of Rural Communities After Extreme Events: Case of Major Floods of 2010 and 2014 in Pakistan. *Journal of Extreme Events* 4 (3): 1-29. <https://doi.org/10.1142/s2345737617500130>
- Johansen, O. 1993. *Introducción a la teoría general de sistemas*. Ciudad de México: LIMUSA.
- Lavell, A. 1996. *Ciudades en riesgo: degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres*. Ciudad de Panamá: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- Leff, E. 1998. *Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. Ciudad de México: Siglo XXI.
- Luers, A. 2005. The Surface of Vulnerability: An Analytical Framework for Examining Environmental Change. *Global Environmental Change* 15 (3): 214-223. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2005.04.003>
- Maskrey, A. 1993. *Los desastres no son naturales*. Ciudad de Panamá: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- Sejenovich, H. & D. Panario 1996. *Hacia otro desarrollo*. Montevideo: Nordan Comunidad.
- Sevilla, E. & M. González 1989. Ecosociología: elementos teóricos para el análisis de la coevolución social y ecología en la agricultura. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas* (52): 7-45.
- Taleb, N. 2012. *Antifragile: Things that Gain from Disorder*. New York: Penguin Random House.
- Taleb, N. R. Douady 2013. Mathematical Definition, Mapping, and Detection of (Anti) fragility. *Quantitative Finance* 13 (11): 1677-1689. <https://doi.org/10.1080/14697688.2013.800219>
- Tran, L., R. O'Neill & E. Smith 2010. Spatial Pattern of Environmental Vulnerability in the Mid-Atlantic Region, USA. *Applied Geography* 30 (2): 191-202. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.05.003>
- Turner, B., R. Kasperson, P. Matson, J. McCarthy, R. Corell, L. Christensen & A. Schiller 2003. A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100 (14): 8074-8079. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>

- Uribe, T., M. Mastrangelo, D. Torrez & A. Piaz 2014. Estudios transdisciplinarios en socio-ecosistemas: reflexiones teóricas y su aplicación en contextos latinoamericanos. *Investigación Ambiental, Ciencia y Política Pública* 6 (2): 109-122.
- Weißhuhn, P., F. Müller & H. Wiggering 2018. Ecosystem Vulnerability Review: Proposal of an Interdisciplinary Ecosystem Assessment Approach. *Environmental Management* 61: 904-915. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1023-8>
- Whitchurch, G. & L. Constantine 2018. Systems Theory. En *Substance Abuse and the Family*, M. Reiter, ed., pp. 148-161. Londres: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315758695-10>
- Wilches-Chaux, G. 1993. La Vulnerabilidad Global. En *Los desastres no son naturales*, A. Mascrey, ed., pp. 11-44. Ciudad de Panamá: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- Young, O., F. Berkhout, G. Gallopin, M. Janssen, E. Ostrom & S. Van der Leeuw 2006. The Globalization of Socio-ecological Systems: An Agenda for Scientific Research. *Global Environmental Change* 16 (3): 304-316. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.004>