

EL VALOR ECOLÓGICO COMO INSTRUMENTO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ZONAS NATURALES

ECOLOGICAL VALUE AS AN INSTRUMENT FOR NATURAL AREAS CHARACTERIZATION

Roberto Zúñiga-Mora (1)
Marco Antonio Mora-Ramírez (2)
Jenaro Reyes-Matamoros (3)

ISSN 2448-5829

Año 10, No. 30, 2024, pp. 78 - 86

RD-ICUAP

<https://orcid.org/0009-0000-9714-514X>
<https://orcid.org/0000-0003-4155-8978>
<https://orcid.org/0000-0003-0078-7221>

Año 10 No. 30
Recibido: 29/noviembre/2023
Aprobado: 15/abril/2024
Publicado: 10/septiembre/2024

- (1) Maestría en Ciencias Ambientales, Edificio IC 6, CU, Col. Jardines de San Manuel, C.P. 72570, Puebla, Pue, México, Autor de correspondencia: roberto.zunigam@alumno.buap.mx
- (2) Facultad de Ciencias Químicas, Edificio FCQ 5, CU, Col. Jardines de San Manuel, C.P. 72570, Puebla, Pue, México
e-mail: marco.x.mora@gmail.com
- (3) Centro de Investigación en Ciencias Agrícolas, Av. 14 sur 6301, Col. Jardines de San Manuel, CU, C.P. 72570, Puebla, Pue, México,
e-mail: jenaro.reyes@correo.buap.mx
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Resumen

El valor ecológico es un concepto cada vez más relevante en la comunidad científica, se define como el resultado de las interacciones en un ecosistema que determinan su importancia ambiental. A lo largo de los años, se han publicado numerosos artículos que utilizan y adaptan este concepto en función de sus objetivos e investigaciones específicas. De acuerdo con los objetivos particulares, el cálculo del valor ecológico implica un análisis multicriterio que considera diversas variables, como la fragmentación del suelo, la biodiversidad, el agua, el paisaje y la cobertura vegetal.

Palabras clave: valor ecológico, biodiversidad, ecosistema, análisis multicriterio, conservación.

Abstract

Ecological value is an increasingly relevant concept in the scientific community; it is defined as the sum of the interactions in an ecosystem at a specific place and time that determine its environmental importance. Over the years, numerous articles that use and adapt this concept based on their specific objectives and research have been published. The calculation of the ecological value involves a multi-criteria analysis that considers various variables, such as soil fragmentation, biodiversity, water, landscape, and vegetation cover, according to the objectives of each study.

Keywords: ecological value, biodiversity, ecosystem, multi-criteria analysis, planning, conservation.

Introducción

El término “Valor ecológico” (VE) al igual que muchos otros conceptos que empleamos dentro del campo de la ciencia está condicionado por los objetivos y aplicaciones específicas de cada estudio, es por eso que podemos encontrar dentro de la literatura diversas definiciones y aplicaciones. Biondi (2011) define al VE como un término ecológico cuantitativo que indica el rango de existencia de una asociación, o de cualquier sintaxis, según la variación de un factor ecológico ambiental, haciendo referencia a la importancia que toman las diferentes asociaciones o interacciones que se llevan a cabo dentro de un ecosistema, enfatizando a su vez que es un concepto que se puede cuantificar. Rohini *et al.* (2018) puntualizan que el VE de un bosque está asociado a proporcionar un ambiente saludable, buen clima, lluvia y agua pura, que son esenciales para la existencia de los humanos, destacando la importancia de los servicios ecosistémicos que brindan ciertas zonas verdes a los seres humanos. El VE es una consecuencia de las funciones ecológicas que desempeñan los elementos del paisaje agrícola, natural y seminatural (Pérez-Campaña y Valenzuela-Montes, 2018) integrando diferentes tipos de paisajes para entender las funciones de los elementos que los integran, y por consecuencia generando un VE. Existen pocas herramientas para evaluar el VE de los paisajes, aparte de aquellos que son considerados áreas naturales protegidas (Willis *et al.*, 2012). Así mismo, los estudios que vinculan la biodiversidad y los servicios ecosistémicos no consideran el valor estético. En este sentido la congruencia entre la percepción estética de los paisajes, el valor ecológico y la biodiversidad es poco comprendida (Tribot *et al.*, 2018). A medida que la comprensión del valor del paisaje evoluciona, especialmente en el contexto de la crisis climática y de biodiversidad, se observan esfuerzos para mejorar la calidad ecológica de diversos entornos, como la rehabilitación ecológica frente al cambio climático (Leroux y Whitten, 2014). Además, Scheres y Schüttrumpf (2019) buscan la rehabilitación ecológica

frente al cambio climático utilizando el VE y Lawrence *et al.* (2015) presentan una teoría formal que explica el surgimiento de las injusticias ambientales y los movimientos para la protección ambiental al incorporar el concepto de valor ecológico.

En general, la estimación y análisis del VE, tiene dos tipos de trabajos, los que son de carácter cualitativo y no presentan un análisis numérico, y normalmente se centran en la definición del término, en la descripción de las áreas naturales o revisiones bibliográficas. Por otra parte, los estudios los cuantitativos que presentan análisis numérico por medio de distintas herramientas. En este sentido, en el periodo 2009-2019 se publicaron 470 artículos en por lo menos 124 revistas (Amador-Cruz *et al.*, 2021). La Figura 1 muestra el número de artículos con investigaciones cualitativas y cuantitativas anuales para el periodo de 2009 a 2023. Cabe mencionar que el periodo 2009-2019 se basa en los datos obtenidos por Amador-Cruz *et al.* (2021). Mientras que los datos anuales de los últimos 4 años (2020-2023) se estimaron empleando la misma metodología del periodo 2009-2019; donde se buscaron artículos científicos utilizando tres bases de datos: Scopus, Web of Science y JSTORE, limitando la búsqueda a los artículos que explícitamente incluyeran los conceptos “Ecological Value” y “Landscape” en el título o en el cuerpo del artículo, posteriormente se eliminaron duplicados y se categorizaron en cualitativo (no presentan análisis numérico) y cuantitativo (si presentan análisis numérico) logrando aportar la información faltante para los últimos años. Se puede notar que en todo el periodo 2009-2023, a excepción de 2010 y 2018, se publicaron más artículos cualitativos que cuantitativos. A su vez, en los últimos 4 años, la tendencia de publicaciones que utilizan el VE ha incrementado casi al doble respecto a los años anteriores, y prevalecen los estudios cualitativos. Esto significa que en la última década el concepto VE se posicionó en el ámbito académico, pero que al mismo tiempo hacen falta investigaciones cualitativas.

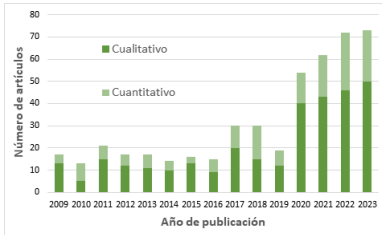


Figura 1. Número de artículos anuales que utilizan el término "Valor Ecológico" en el periodo 2009-2023.

Finalmente, el objetivo de este trabajo es presentar el término VE, su contexto, su cálculo, y ejemplos de las variables que se utilizan, los usos que tienen, con la finalidad de mejorar la comprensión del concepto de VE, criterios que se toman en cuenta, de qué forma se puede obtener información. El interés por este tema recae en las múltiples aplicaciones que tiene el realizar los cálculos pertinentes para diferentes áreas.

Cálculo del valor ecológico

Para el calcular el VE es necesario definir las variables de interés, considerando que se puede elegir el número de variables que se crea conveniente para su estudio, a saber, área, proporción natural del ecotono, diversidad de hábitat, productividad, fragmentación y rareza relativa (Lavoie et al., 2016). Riqueza de especies, especies de interés para la conservación, abundancia, área del hábitat y conectividad (Milne y Bennett, 2007). Biodiversidad, vulnerabilidad, fragmentación, conectividad y resiliencia (Willis et al., 2012), valor florístico y comunidad vegetal (Mendizabal, 2014), posteriormente, obtener los datos que nos permitirán cuantificar cada variable, ajustar nuestros datos para tenerlos en valores de una misma escala y finalmente realizar una sumatoria de cada valor obtenido para cada aspecto tomado en cuenta. El cálculo del VE podría resumirse como la sumatoria ponderada de valores obtenidos en cada variable analizada. En la figura 2 se observan las bases de datos que se alimentan de distintas fuentes de información, entre ellas se hace uso de modelos, percepción remota y/o trabajo de campo, las variables a considerar dependen del investigador y los objetivos de su investigación, siendo

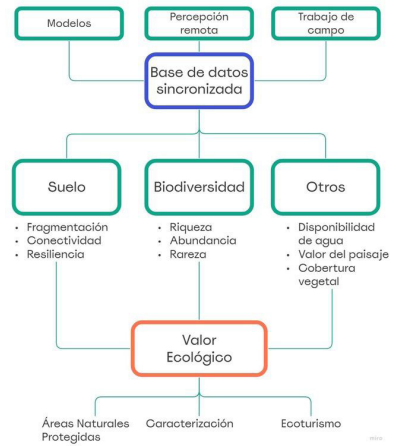


Figura 2. Diagrama para la determinación del valor ecológico (Elaboración propia).

La diversidad de especies aumenta la estabilidad y la resiliencia de un ecosistema, en particular su capacidad para adaptarse y responder a las condiciones ambientales cambiantes. Si se pierde una cierta cantidad o tipo (como una especie clave) de especies, eventualmente se produce la pérdida de la función del ecosistema. Sin embargo, muchos ecosistemas tienen redundancias incorporadas, de modo que las funciones de dos o más especies pueden superponerse. Debido a estas redundancias, es posible que varios cambios en el número o tipo de especies no afecten a un ecosistema. Sin embargo, no todas las especies dentro de un ecosistema tienen la misma importancia. Las especies que son importantes a menudo se denominan especies dominantes. Estas especies constituyen la mayor biomasa de un ecosistema. Las especies que desempeñan funciones ecológicas relevantes que son mayores de lo que cabría esperar en función de su abundancia se denominan especies clave. En este contexto, algunos modelos de estimación del VE, incorporan tantas especies como permiten las bases de datos, pero a través de diversas consideraciones permiten identificar las especies clave y dominantes en sus cálculos.

Uno de los parámetros más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica es el índice de Shannon (H'), también conocido como Shannon-Weaver (Shannon y Weaver, 1949) derivado de la teoría de

información como una medida de la entropía. El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. La ecuación 1 del cálculo es:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \dots \text{ecuación 1}$$

Donde S es el número de especies, P_i la proporción de individuos de cada especie respecto al total.

La vulnerabilidad de una especie ante el calentamiento global hace referencia a su capacidad para responder y adaptarse a las nuevas condiciones climáticas, de manera que aquellas especies que tengan una capacidad de respuesta limitada, serán las más vulnerables (McKinney, 1997). En este sentido, la vulnerabilidad de una especie ante el cambio climático dependerá fundamentalmente de dos factores: i) su capacidad para mantener poblaciones en su área de distribución actual a pesar del cambio en las condiciones ambientales (persistencia), y ii) el potencial para colonizar zonas actualmente deshabitadas pero que serán climáticamente favorables en el futuro (Bellard *et al.*, 2012). Los rasgos biológicos particulares de algunas especies, combinados con las barreras de dispersión, podrán limitar su capacidad para adaptarse a variaciones de un clima futuro, por lo tanto, es de esperarse que algunos grupos taxonómicos tenderán a ser más vulnerables (Berry *et al.*, 2013).

Además, es necesario precisar que los conceptos de exposición (E), sensibilidad (S) y capacidad de adaptación (CA) de un sistema, se integran frente a una amenaza en el concepto de vulnerabilidad (V) (ecuación 2) que se representa de la siguiente manera:

$$V = V(E, S, CA) \dots \text{ecuación 2}$$

Esto significa que la capacidad de adaptación está determinada o es función de la intensidad de los daños provocados por una amenaza (Purkey *et al.*, 2014).

La fragmentación se define como el proceso en qué áreas grandes y continuas de hábitat son reducidas y divididas en dos o más fragmentos o parches pequeños y aislados que quedan inmersos en una

matriz con condiciones poco aptas para las especies que ahí habitan (Galindo, 1996). La fragmentación del hábitat se da por muchas razones diversas, como pudieran ser, crear pastizales para el ganado, construir presas y carreteras, o por el desarrollo urbano. Una vez que inicia la transformación del ecosistema, inicia una serie de modificaciones en los procesos biológicos y ecológicos y, por ende, impacta en las poblaciones y comunidades que existen en el ecosistema.

La conectividad puede verse como el grado en el cual el paisaje facilita o impide el movimiento de un organismo entre parches (Taylor *et al.*, 1993). La conectividad puede atenuar la pérdida del hábitat y los efectos de la fragmentación por el incremento de la abundancia, y, por lo tanto, de la riqueza de las comunidades animales, sobre todo cuando los fragmentos son pequeños o escasos, o la matriz del paisaje tiene una permeabilidad reducida, como en el caso de áreas agropecuarias (Pardini *et al.*, 2005). Sus efectos varían de acuerdo con el grupo estudiado y su movilidad (aves, mamíferos, insectos, etc.), ya que algunos animales prefieren desplazarse a lo largo de los corredores y otros por la matriz. El tipo de matriz, el tipo de borde, el tamaño de los parches, la distancia, la forma y tipo del corredor, pueden alterar el comportamiento de dispersión en algunos grupos (Fried *et al.*, 2005).

La obtención de información para estos parámetros se puede obtener de diferentes maneras, entre ellas está el trabajo de campo, el cual es un método para obtener datos mediante mediciones en la zona de interés. Otra forma de obtener la información es el monitoreo remoto, el cual se basa en la obtención de datos sin la necesidad de estar midiéndolos en las áreas específicas, dentro de esta manera de obtener información se destaca el uso de bases de datos que nos permiten obtener información actual de algunos parámetros de interés.

El tipo de cálculo que predomina es un análisis multicriterio, en el cual se realiza una combinación de parámetros que en conjunto nos da un VE. Este tipo de análisis pareciera ser el más apropiado, ya que la mayoría de artículos sugieren la inclusión de la mayor cantidad de

parámetros posible, acercándose con eso a una estimación más acertada de la importancia que realmente sostiene ese ecosistema.

Usos del valor ecológico

Como se ha revisado a lo largo de este artículo, el VE es un instrumento que permite reconocer de una manera cuantitativa el aporte que un área determinada tiene con el medio ambiente, siendo realmente útil porque este tipo de estudios se puede llevar a cabo a diferentes escalas y para zonas con características muy variadas obteniendo resultados válidos. Los diferentes datos obtenidos son de mucha utilidad para poder realizar ciertos análisis, entre ellos podemos a primera instancia evaluar los efectos que el cambio climático ha tenido a lo largo del tiempo de una manera tanto visual como cualitativa al analizar los valores numéricos del VE, con esa información también es posible realizar proyecciones para los siguientes años.

Lo anteriormente mencionado resulta de mucha utilidad, ya que con esta herramienta se pueden descubrir zonas con mayor aporte ecológico y empezar a poner mayor cuidado en su preservación. De igual manera pudiera ser de mucha utilidad para determinar que tanto aporte tienen las áreas de protección de recursos naturales, las áreas de protección de flora y fauna, los santuarios, las reservas de la biosfera, los parques nacionales y los monumentos naturales con respecto a las zonas colindantes y determinar si realmente estos proyectos cumplen con sus propósitos.

Con respecto al desarrollo urbano, el VE también brinda ayuda en la determinación de las zonas más convenientes para expandirse y cuáles zonas deberíamos procurar mantener intactas, generando mapas de priorización de zonas naturales.



Conclusiones

El término Valor Ecológico es un concepto que se ha mantenido vigente en los últimos años debido a su versatilidad y la disponibilidad de acceso a bases de datos en combinación con SIG y herramientas computacionales. El VE se determina a través de un análisis multicriterio que permite la consideración de diversas variables. Estas variables abarcan aspectos relacionados con el suelo, como la fragmentación, conectividad y resiliencia, así como aspectos de biodiversidad, como riqueza, rareza y abundancia. Además, se pueden incluir otros elementos como el agua, el paisaje y la cobertura vegetal. La elección de estas variables está condicionada por los objetivos y aplicaciones específicas de cada estudio. Los usos del VE son diversos y están determinados por el propósito de cada estudio, dentro de las finalidades que tiene se encuentran la caracterización de cualquier zona natural, determinación de zonas de interés para Áreas Naturales Protegidas, evaluación de los efectos del cambio climático y el establecimiento de zonas para servicios ambientales.

Declaración de privacidad

Los datos personales facilitados por los autores a RD-ICUAP se usarán exclusivamente para los fines declarados por la misma, no estando disponibles para ningún otro propósito ni proporcionados a terceros.

Declaración de no conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés alguno.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Maestría en Ciencias Ambientales, a la Facultad de Ciencias Químicas, y al Centro de Investigación en Ciencias Agrícolas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Referencias

- Amador-Cruz, F., Figueroa-Rangel, B. L., Olvera-Vargas, M., & Mendoza, M. E. (2021). A systematic review on the definition, criteria, indicators, methods and applications behind the Ecological Value term. *In Ecological Indicators* (Vol. 129). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107856>
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., & Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *In Ecology Letters* (Vol. 15, Issue 4, pp. 365–377). <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x>
- Berry, P., Ogawa-Onishi, Y., & McVey, A. (2013). The vulnerability of threatened species: Adaptive capability and adaptation opportunity. *Biology*, 2(3), 872–893. <https://doi.org/10.3390/biology2030872>
- Biondi, E. (2011). Phytosociology today: Methodological and conceptual evolution. *Plant Biosystems*, 145(SUPPL. 1), 19–29. <https://doi.org/10.1080/11263504.2011.602748>
- Fried, J. H., Levey, D. J., & Hogsette, J. A. (2005). Habitat corridors function as both drift fences and movement conduits for dispersing flies. *Oecologia*, 143(4), 645–651. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0023-6>
- Lavoie, R., Deslandes, J., & Proulx, F. (2016). Assessing the ecological value of wetlands using the MACBETH approach in Quebec City. *Journal for Nature Conservation*, 30, 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2016.01.007>
- Lawrence, K. S., Joseph, S., & Abrutyn, S. B. (2015). *The Degradation of Nature and the Growth of Environmental Concern: Toward a Theory of the Capture and Limits of Ecological Value*. *Human Ecology Review*, 21(1), 87–108.
- Leroux, A. D., & Whitten, S. M. (2014). Optimal investment in ecological rehabilitation under climate change. *Ecological Economics*, 107, 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.07.012>
- McKinney, M. L. (1997). Extinction vulnerability and selectivity: Combining ecological and paleontological views. *In Annual Review of Ecology and Systematics* (Vol. 28, pp. 495–516). <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.495>
- Mendizábal, M. (2014). *Estimación del valor ecológico de los pastos de las montañas cantábricas (sector vasco) Datos preliminares*.
- Milne, R. J., & Bennett, L. P. (2007). Biodiversity and ecological value of conservation lands in agricultural landscapes of southern Ontario, Canada. *Landscape Ecology*, 22(5), 657–670. <https://doi.org/10.1007/s10980-006-9063-5>
- Pardini, R., De Souza, S. M., Braga-Neto, R., & Metzger, J. P. (2005). The role of forest structure, fragment size and corridors in

maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. *Biological Conservation*, 124(2), 253–266. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.01.033>

Pérez-Campaña, R., & Valenzuela-Montes, L. M. (2018). Nodes of a peri-urban agricultural landscape at local level: an interpretation of their contribution to the eco-structure. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61(3), 406–429. <https://doi.org/10.1080/09640568.2017.1314252>

Purkey, D., Flores-Lopez, F., Forni, L., Estacio, J., Depsky, N., Mehta, V., Jarrin, P., Tehelen, K., & Yates, D. (2014). *Estructura de la Metodología Para la Estimación de la Vulnerabilidad al Cambio Climático en el Distrito Metropolitano de Quito Preparado para: Climate and Developed Knowledge Network (CDKN) y la Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito*, 73 p.

Rohini, C. K., Aravindan, T., Das, K. S. A., & Vinayan, P. A. (2018). People's attitude towards wild elephants, forest conservation and Human-Elephant conflict in Nilambur, southern Western Ghats of Kerala, India. *Journal of Threatened Taxa*, 10(6), 11710–11716. <https://doi.org/10.11609/jott.3487.10.6.11710-11716>

Scheres, B., & Schüttrumpf, H. (2019). Enhancing the ecological value of sea dikes. In *Water (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 8). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/w11081617>

Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication* (ilustrada ed., Vol. 1). University of Illinois Press, 1949. https://pure.mpg.de/rest/items/item_2383164/component/file_2383163/content

Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1993). *Nordic Society Oikos Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure* (Vol. 68, Issue 3).

Tribot, A. S., Deter, J., & Mouquet, N. (2018). Integrating the aesthetic value of landscapes and biological diversity. In *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 285, Issue 1886). Royal Society Publishing. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0971>

Willis, K. J., Jeffers, E. S., Tovar, C., Long, P. R., Caithness, N., Smit, M. G. D., Hagemann, R., Collin-Hansen, C., & Weissenberger, J. (2012a). Determining the ecological value of landscapes beyond protected areas. *Biological Conservation*, 147(1), 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.11.001>