

PROPUESTA DE INDICADORES PARA EL DIAGNÓSTICO GEOECOLÓGICO DE LOS PAISAJES EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS

PROPOSAL OF INDICATORS FOR THE GEOECOLOGICAL DIAGNOSIS OF LANDSCAPES IN HYDROGRAPHIC BASINS

Eduardo Salinas Chávez

Doctor en Ciencias Geográficas, Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Granada, España,
E- mail: esalinasc@yahoo.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2515-2508>

Adonis M. Ramón Puebla

Magister en Geografía, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México,
E-mail: adonis.maikel@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2515-2508>

Alberto E. García-Rivero

Doctor en Ciencias Geofísicas e Ingeniería, Escuela Profesional de Geografía, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú,
E-mail: albertoenrique.garcia@unmsm.edu.pe
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8344-9529>

RESUMEN

La preocupación global por la disponibilidad y calidad del agua en nuestro planeta aumenta cada día. En la actualidad se realizan esfuerzos por mejorar la planificación y gestión de las cuencas hidrográficas como sistemas complejos, buscando una armónica y científicamente fundamentada interrelación entre los componentes naturales y sociales, como base para un desarrollo sostenible a mediano y largo plazos. A partir de la experiencia de los autores en trabajos relacionados con el tema, se realiza una propuesta de indicadores para el análisis y diagnóstico de cuencas hidrográficas, a partir de la aplicación de la concepción sistémica y holística de la Geoecología. Esta aproximación metodológica permite comprender y mejorar la estructura, funcionamiento,

dinámica y evolución de las unidades de paisaje, delimitadas y cartografiadas, como base para la planificación y gestión de las cuencas hidrográficas.

Palabras claves: Cuencas hidrográficas; indicadores; geoecología; unidades de paisaje; planificación y gestión.

ABSTRACT

The global concern for the availability and quality of water on our planet is increasing every day. Efforts are currently being made to improve the planning and management of hydrographic basins as complex systems, seeking a harmonious and scientifically based interrelation between the natural and social components, as a basis for sustainable development in the medium and long terms. Based on the experience of the authors in works related to the subject, a proposal of indicators for the analysis and diagnosis of hydrographic basins is made, based on the application of the systemic and holistic conception of Geoecology. This methodological approach makes it possible to understand and improve the structure, functioning, dynamics and evolution of the landscape units, delimited and mapped, as a basis for the planning and management of hydrographic basins.

Keywords: Hydrographic basins; indicators; geoecology; landscape units; planning and management.

INTRODUCCIÓN

Al analizar la situación ambiental global, se destaca el tema del agua entre los problemas ambientales más importantes para la sociedad en la actualidad, lo que puede convertirse en una limitante para su desarrollo en un futuro cercano, pues su disponibilidad en cantidad, temporalidad y calidad es, y seguirá siendo, muy importante para lograr el desarrollo sustentable de la sociedad y la conservación de la naturaleza en la Tierra (UNESCO, 2019; Bordalo, 2017; ONU, 2020).

Existe una estrecha relación entre el espacio geográfico donde se originan las cuencas hidrográficas y la producción de agua. Fue en Europa, específicamente en la región del Mediterráneo, donde surgieron las primeras ideas sobre el manejo de estas, a partir del conocimiento adquirido por las civilizaciones griega y romana, enfocadas al desarrollo de la agricultura y las ciudades, lo que condujo a avances importantes en lo referente a la

legislación y administración del agua. Sin embargo, estos conceptos iniciales, eran parciales y en muchos casos fueron olvidados (Gasparly *et al.*, 2013).

Con el transcurso del tiempo, el enfoque del manejo de cuencas dio lugar al establecimiento de instituciones en diversos países de Europa y Norteamérica que buscaban controlar y adecuar el uso del agua a los nuevos desafíos del crecimiento económico y poblacional a partir de la Revolución Industrial (EINAR, 2010). Sin embargo, la concepción holística de la gestión integrada de las cuencas hidrográficas, como la conocemos hoy en día, no surgió hasta mediados del siglo XX, con el impulso dado a la misma por diversos autores e instituciones como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés) (FAO, 2007; Gasparly *et al.*, 2013; GUANGYU *et al.*, 2016).

En América Latina, autores como Dourojeanni (2009) y Tundisi y Matsumura-Tundisi (2011) consideran que, en la mayoría de los países de la región, existen condiciones muy diferentes y particulares que la diferencian de los enfoques aplicados en Europa y Norteamérica, considerando que aún, cuando algunas cuencas hidrográficas pueden presentar semejanzas en su función, se diferencian por sus aspectos sociales y económicos. Por lo que, en la región esta concepción evolucionó de forma diferente desde sus inicios, pasando de una visión hidrológica para la gestión de los recursos, a considerar el resto de los componentes naturales y los habitantes de la cuenca en su planificación y gestión (Cotler, Priego, 2007; Machado, 2013; Braga; Argollo Ferrão, 2015; Medeiros *et al.*, 2022).

La cuenca hidrográfica debe ser considerada entonces como un sistema complejo humano-biofísico, cuya naturaleza y diversidad de sus componentes induce que el comportamiento del agua en ella sea producto no solo, de leyes y procesos naturales, sino también sociales. Como unidad que refleja esta interacción dual, la cuenca, es un espacio físico donde los flujos de materia y energía son controlados por el ciclo del agua, que en ella se lleva a cabo y que, al ser estudiada de forma holística y sistémica, puede convertirse en la unidad básica para la planificación y gestión del territorio con un enfoque de sustentabilidad (Dourojeanni *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2023; De La Rosa *et al.*, 2021; Drake; Hogan, 2013; Brooks *et al.*, 2013).

La cuenca hidrográfica como unidad físico-geográfica espacial relevante para analizar los procesos ambientales generados como consecuencia de las decisiones en materia de uso y manejo de los recursos hídricos, el suelo y la vegetación, se convierte en el marco apropiado para la planificación de las medidas destinadas a corregir los impactos ambientales sobre los recursos naturales; posibilitando gestionar, aprovechar y conservar los mismos en función de las necesidades humanas, buscando un balance entre equidad, sostenibilidad y desarrollo bajo un concepto denominado Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas, el cual debe estar fundamentado y formar parte del Ordenamiento Territorial como concepción más amplia (Aránguiz, 2002; Carvalho, 2014; Danilo *et al.*, 2019; Drake; Hogan, 2013; Shamova; Murin, 2021).

Partiendo de estas consideraciones el gran reto para la adecuada planificación y gestión de una cuenca, consiste en delimitar unidades ambientales homogéneas a su interior, con vistas a realizar la caracterización de los componentes y procesos naturales, permitiendo aprehender su integridad sin perder de vista la heterogeneidad espacial. Diversos autores proponen el uso de los geosistemas o paisajes físico-geográficos concebidos como un sistema espacio-temporal, compuesto por elementos naturales y antropo-tecnogénicos, condicionados por el desarrollo de la sociedad, que modifica y transforma las propiedades y componentes de los paisajes naturales originales, condicionando cambios en su estructura, funcionamiento, dinámica y evolución (Salinas *et al.*, 2020; Cotler; Priego, 2007; Trombeta, 2019; Silva *et al.*, 2014; Mateo *et al.*, 2018; Dudley *et al.*, 2021; Estrada *et al.*, 2023).

En este sentido, el trabajo, propone el uso de indicadores físico-geográficos, de modificación antrópica, demográficos y socioeconómicos para la caracterización, evaluación y diagnóstico, de las unidades geoecológicas diferenciadas al interior de las cuencas hidrográficas, lo que permitirá, aprovechar, gestionar y conservar los recursos naturales en las mismas, en función de las necesidades humanas y sustentado en el uso de los Sistemas de Información Geográfica y la Teledetección.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Se procedió a la revisión de una numerosa bibliografía conformada por libros, artículos de revistas científicas, informes de diversas instituciones nacionales e internacionales, tesis de maestría y doctorado, trabajos de aplicación práctica en consultorías y proyectos de ejecución, que abordaran la planificación y gestión de las cuencas hidrográficas, la elaboración, evaluación y aplicación de indicadores e índices relacionados fundamentalmente con el recurso agua, los ecosistemas hídricos y la geoecología de los paisajes.

A partir de la revisión y análisis crítico de la información recopilada, se procedió a una sistematización de la fundamentación teórica-metodológica y la ulterior selección de aquellos indicadores e índices que mejor puedan contribuir en dotar a los diagnósticos ambientales de las cuencas hidrográficas, de información más objetiva, estandarizada y de fácil seguimiento, teniendo como unidad base de estudio las unidades de paisaje.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS CONCEPTUALES SOBRE LOS INDICADORES

Al revisar la literatura y los portales de diversas organizaciones internacionales se puede apreciar una serie de aproximaciones conceptuales a ¿Qué es un indicador ambiental?, tal es el caso de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) que plantea que un indicador ambiental es un parámetro o valor derivado de parámetros que proporciona información para describir el estado de un fenómeno, ambiente o área, con un significado, que va más allá, del directamente asociado con el valor del parámetro en sí mismo y entre sus funciones principales se encuentra la de reducir el número de mediciones y parámetros que normalmente se requerirían para dar una representación exacta de una situación y simplificar el proceso de comunicación mediante el cual los resultados de las mediciones se proporcionan al usuario (ODCE, 2003).

Por otra parte, Environment Canada (1995, p. 43) lo define como “una estadística o parámetro que, monitoreado a través del tiempo, proporciona información sobre la tendencia o las condiciones de un fenómeno más allá

de la estadística en sí misma". En particular, precisa que los indicadores ambientales son estadísticas claves seleccionadas que representan o resumen un aspecto significativo del estado del ambiente, la sustentabilidad de los recursos naturales y su relación con las actividades humanas.

La CEPAL (2009, p. 21) lo define como "una o más variables combinadas, que adquiere distintos valores en el tiempo y en el espacio, y envía señales al público y a los decisores acerca de aspectos fundamentales o prioritarios en el proceso de desarrollo, en particular respecto a las variables que afectan la sostenibilidad ambiental de dichas dinámicas".

Y para el caso específico de los indicadores ambientales señala que son

aquellos que se ocupan de describir y mostrar el estado y las principales dinámicas ambientales, es decir el estatus y la tendencia por ejemplo de: la biota y biodiversidad, la cantidad y calidad del agua, la calidad del aire respirable, la carga contaminante y la renovación de la oferta energética, la disponibilidad y extracción de algunos recursos naturales (bosques, pesca, agricultura), la contaminación urbana, la producción de desechos sólidos, el uso de agrotóxicos, la frecuencia e intensidad de los desastres naturales, etc (CEPAL, 2009, p. 22).

En el caso de la Organización de Naciones Unidas, los indicadores ambientales son datos estadísticos que tienen una gran capacidad para caracterizar fenómenos o dinámicas importantes

estos se utilizan para sintetizar y presentar el entorno complejo y otras estadísticas de una manera simple, directa, clara y relevante. Los indicadores ambientales se generan porque las estadísticas ambientales suelen ser demasiado numerosas y detalladas para satisfacer las necesidades de los tomadores de decisiones y el público en general, y a menudo requieren un procesamiento e interpretación adicional para ser significativos (United Nations, 2017, p. 7).

Por otra parte, según la propia fuente, "...los índices ambientales son medidas compuestas o complejas que combinan y sintetizan más de un indicador o estadística ambiental y se ponderan de acuerdo con diferentes métodos." (United Nations, 2017, p. 7).

Tanto los indicadores, como los índices ambientales, permiten sintetizar información valiosa sobre un área, territorio, proceso, fenómeno o unidad de paisaje, entre otros. Esta información tiene la característica de poder ser comparada en el espacio y el tiempo, con la consiguiente ventaja que representa para abordar el diagnóstico o la evaluación del comportamiento de un determinado componente y/o actividad.

CARACTERÍSTICAS DE LOS INDICADORES E ÍNDICES

Existe una gran coincidencia entre autores y organizaciones, en que tanto los indicadores y los índices asociados, deben reunir una serie de características tales como ser científicamente válidos, estar basados en un conocimiento completo del sistema o fenómeno descrito, ser representativos, ser sensibles a los cambios que se produzcan en el medio relacionado, estar basados en datos fiables, ser predictivos, comparables y presentar un buen equilibrio costo-efectividad, entre otros aspectos (Isotools Excellence, 2015; Portal Ambiental de Andalucía, 2023).

Estos indicadores a los cuales nos referimos son importantes porque brindan información a los tomadores de decisiones o usuarios, sobre el estado y evolución de un fenómeno, proceso o territorio ayudándolos a descubrir y establecer las relaciones entre sus componentes, permitiendo adoptar medidas mejor sustentadas. De igual forma permiten que la sociedad civil y el público en general puedan estar debidamente informados sobre temas de su interés, contribuyendo a su entendimiento y posibilitando que la sociedad tome un papel más activo en la solución de los problemas ambientales.

Entre los principales criterios de elegibilidad de los indicadores se encuentran la pertinencia-relevancia, solidez, viabilidad-disponibilidad de los datos, la calidad, simpleza y claridad de los mismos, así como su seguridad en la direccionalidad, la relevancia según una meta u objetivo de política y la consistencia interna desde el punto de vista metodológico. Ningún indicador por sí solo es capaz de informar sobre la complejidad de los fenómenos ambientales; pero cada indicador debe aportar valor suficiente para justificar su lugar en el conjunto (Klimsza, 2017).

PRINCIPALES INDICADORES E ÍNDICES AMBIENTALES

Los indicadores ambientales están relacionados con la noción de medio ambiente que se adopte; la que va frecuentemente encaminada a evaluar la situación de los principales problemas ambientales. También se desarrollan con frecuencia indicadores dirigidos a la evaluación de los resultados de las políticas ambientales aplicadas en un territorio determinado y otros relacionados con la integración de los aspectos ambientales en las políticas económicas y sectoriales y finalmente los que están enfocados a evaluar la sustentabilidad de una actividad específica, como puede ser el turismo por ejemplo (OMT, 2004, Salinas *et al.*, 2023).

La OCDE fue pionera en el desarrollo de indicadores ambientales; cuando en 1989 puso en marcha un programa sobre los mismos y publicó el primer conjunto de indicadores ambientales, adoptando el conocido modelo de Presión-Estado-Respuesta (PER), de muy amplia aceptación en la actualidad, junto a otros enfoques (Feranec *et al.*, 2016; Sowinska-Swierkosz; Chmielewski, 2016), y que está basado en el supuesto que las actividades humanas ejercen una presión sobre el medio ambiente, la que puede provocar cambios en su estado, y obligar a la sociedad a adoptar respuestas para hacer frente a las consecuencias negativas de las presiones ejercidas. En el 2001, esta organización seleccionó un conjunto de 10 indicadores ambientales claves, con el objetivo de brindar a la sociedad una información más adecuada sobre el estado del medio ambiente global y el camino a seguir hacia un modelo de desarrollo sostenible (ODCE, 2004).

En la actualidad existen un sinnúmero de indicadores relacionados con el desempeño ambiental de instituciones, empresas, espacios geográficos y territorios a diferentes escalas espaciales y temporales. Entre estos se destacan por su importancia los desarrollados por la Comisión sobre Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas desde 1999 y por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) que, si bien siguen el modelo propuesto por la OCDE, lo detallan más, de manera que los indicadores se dividen en cinco grupos, representados por las siglas FPEIR (Fuerzas motrices – Presiones – Estado - Impactos – Respuestas).

De igual forma recientemente se han desarrollado otros sistemas de indicadores, como son: los incluidos en los Objetivos de Desarrollo del Milenio, donde su objetivo 7 está encaminado a garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, mediante la integración de los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales para revertir la pérdida de los recursos ambientales, y de biodiversidad para el año 2010; la reducción a la mitad para el año 2015 del porcentaje de personas que en 1990 no tenían acceso sostenible al agua potable y a los servicios básicos de saneamiento y la mejora de las condiciones de vida, para el 2020, de por lo menos 100 millones de habitantes que viven en tugurios, favelas, etc., en el mundo (CEPAL, 2020).

LOS PAISAJES Y LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Existen muchas definiciones de cuenca hidrográfica, pero en general todas tienen aspectos en común que son: su complejidad, constituir una unidad territorial con límites espaciales bien definidos, independencia relativa, poseer una relación dinámica entre sus componentes, ya sean naturales y/o sociales, funcionar como un sistema abierto en que ocurre la entrada y salida de energía y materia, a partir del flujo del agua, por lo que se constituyen en un tipo especial de sistema ambiental o geosistema, formados por las relaciones dinámicas que ocurren entre las personas y la naturaleza (Mateo *et al.*, 2011; Danilo *et al.*, 2019; Praça de Souza, 2013).

El estudio de las cuencas hidrográficas pasó desde mediados del siglo XX, de ser una simple descripción y análisis de sus características hidroclimáticas a un enfoque integrado y más complejo, que evidencia la relación existente entre la naturaleza y la sociedad, en estos espacios y que se sustenta en la adopción de la cuenca hidrográfica, como la unidad más apropiada para la gestión, la optimización de los usos múltiples del agua y el desarrollo sustentable (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2011; Ross; Del Prete, 1998; Carvalho, 2014). Convirtiendo entonces a las mismas en la base fundamental para el análisis, con una visión sistémica e integrada del ambiente (Drake; Hogan, 2013; Leal, 2012) y representando un nivel más profundo de análisis de este

espacio geográfico y su relación con el diagnóstico y la gestión del territorio (Machado, 2013; GWP, 2009).

Con relación a la planificación y la gestión ambiental, la cuenca hidrográfica se caracteriza por abarcar parte de un conjunto de unidades ambientales homogéneas (paisajes, ecosistemas, etc.) o de diversas unidades territoriales, lo que la convierte en la unidad más apropiada para el estudio cuantitativo y cualitativo del recurso agua, y de los flujos de sedimentos y nutrientes en las mismas, pudiendo ser asumida como una unidad adecuada para dicha planificación y gestión (Silva; Mateo, 2014; Aránguiz, 2002).

Como las cuencas hidrográficas poseen una combinación dinámica entre sus componentes, sean naturales y/o sociales, con flujos de materia y energía, capaces de ser mensurados, la utilización de la concepción geoecológica a partir del análisis y diagnóstico del paisaje tornase un enfoque apropiado, para establecer la articulación sistémica entre los elementos que la constituyen y, por tanto, del paisaje (Cotler; Priego, 2007; Frolova, 2008; Silva, Mateo, 2014; Ecoagriculture Partners, 2022; Solidaridad-Landscape-RA, 2023).

Pudiendo en este contexto considerar entonces al paisaje como

“un sistema espacio-temporal complejo y abierto que se origina y evoluciona en la interface naturaleza-sociedad, compuesto por elementos naturales y antrópicos, que se expresan en una estructura, funcionamiento, dinámica y evolución propias, que le confieren integridad y límites espaciales, constituyendo una asociación de elementos y fenómenos en constante y compleja interacción, movimiento e intercambio de energía, materia e información” (Salinas *et al.*, 2019, p. 14).

El análisis de la bibliografía consultada sobre el uso del enfoque integrador de la Geoecología de los paisajes como base de la planificación y gestión de las cuencas hidrográficas ha permitido establecer algunas consideraciones que a saber son:

Algunos trabajos consultados solo analizan esta temática de forma teórica (Silva; Mateo, 2014; Frolova, 2008) sin presentar una propuesta de delimitación y cartografía de los paisajes e indicadores para su evaluación en el marco de la planificación y gestión de las cuencas hidrográficas.

En otros casos se menciona el uso de los paisajes o geosistemas como base del estudio, sin embargo, solamente se realiza el análisis de la vegetación, el uso y cobertura del suelo o la fragilidad ambiental, sin confeccionar un mapa de paisajes o geosistemas (Boin; Prado, 2016; Correa; Pimentel, 2015).

Finalmente se han encontrado un número mayor de trabajos que presentan mapas de paisajes o geosistemas, realizados tomando como enfoque el Sistema GTP de Bertrand, la concepción de los geosistemas de Sochava, u otro, con el objetivo de establecer recomendaciones para la conservación de la naturaleza, la transformación de los paisajes y la sustentabilidad (Favero, 2007; Oliveira de Souza, 2014; Romanini *et al.*, 2016), o para fundamentar la propuesta de gestión ambiental de dichas cuencas (Brito *et al.*, 2018; Trombeta, 2019; Salinas *et al.*, 2020; García *et al.*, 2019; Cotler; Priego, 2007; Machado, 2013).

Sin embargo, pocos de los trabajos consultados utilizan indicadores para diagnosticar los paisajes como base para la propuesta de planificación y gestión de las cuencas, recomendando los usos más apropiados y las medidas para su desarrollo (Favero, 2007; Ruiz *et al.*, 2010; Ramón *et al.*, 2012; Romanini *et al.*, 2016; Trombeta, 2019; García *et al.*, 2019; Medeiros, 2020; Uuemaa *et al.* 2013; López-Sánchez *et al.*, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propuesta de indicadores para el diagnóstico de los paisajes en la planificación y gestión de cuencas hidrográficas.

El diagnóstico de los paisajes constituye un momento importante en las investigaciones geoecológicas, donde se sintetizan los resultados obtenidos en la caracterización de las unidades de paisaje y en el análisis de sus propiedades, las posibilidades para su utilización y los problemas derivados de su uso actual, como base para establecer la evaluación del impacto humano sobre el medio ambiente, el carácter y el grado de transformación del territorio por las actividades sociales y económicas (Gagarinova; Kovalchuk, 2010; Mateo; Silva, 2018; Miravet *et al.*, 2014).

Para llevar a cabo este diagnóstico, se pueden emplear diferentes métodos, como son: el análisis de la relación uso potencial/uso actual, la

determinación del estado geoecológico, mediante el empleo de indicadores seleccionados etc (Trombeta, 2019).

En este trabajo teniendo como base una extensa revisión bibliográfica y análisis integrado de la misma con la experiencia de trabajo de los autores, se propone la utilización de una serie de indicadores agrupados en tres categorías que son: subsistema físico-natural y de modificación antrópica (Cuadro 1) y los subsistemas sociodemográfico y socioeconómico (Cuadro 2), para evaluar las unidades de paisaje identificadas y cartografiadas en el marco de las cuencas hidrográficas.

SÍNTESIS DE LOS INDICADORES

Si bien es cierto, que en un principio se recomienda el uso de la mayor cantidad de indicadores posibles para la realización del diagnóstico de los paisajes, es necesario considerar las posibilidades de obtención de muchos de ellos, la calidad de los datos y las posibilidades de su procesamiento, por lo cual se puede aplicar el método estadístico de componentes principales, para sintetizar la información, reduciendo la dimensión de la misma, y descartar aquellos indicadores que no aporten información relevante o resulten redundantes, calculando la distribución de los datos y otros parámetros estadísticos como son: mediana, moda, desviación estándar, coeficiente de variación, etc. y evaluando también la posibilidad de su representación cartográfica con vistas a superponer los indicadores sobre el mapa de las unidades de paisaje.

Cuadro 1 - Indicadores para el diagnóstico de los paisajes en el contexto de la Planificación y Gestión de cuencas hidrográficas. Subsistema físico-natural y de modificación antrópica

Indicador / Fuente	Fórmula	Función para el diagnóstico
Subsistema físico-natural y de modificación antrópica		
Coeficiente Orográfico de Fournier (CO) Aramburu y Escribano (2014)	$CO = h * \left(\frac{h}{A}\right)$ <p>h: Altura media de la unidad geoecológica A: área de la unidad de paisaje</p>	Expresa el potencial de degradación de la unidad; cuando el resultado de la ecuación es menor de 6 se considera como poco accidentada y su potencial de degradación bajo.
Densidad de drenaje superficial (DDS) Aramburu y Escribano (2014)	$DDS = \frac{L}{A}$ <p>L: Longitud total de los cauces A: área de la unidad de paisaje</p>	Refleja la influencia de la geología, relieve, suelos y vegetación, en la unidad y está relacionado con el tiempo de salida del escurrimiento superficial de la misma al relacionar la longitud de los cursos de agua con el área total. Las mayores densidades de drenaje se encuentran en rocas blandas de baja permeabilidad y en regiones con escasa cobertura vegetal y reflejan un fuerte escurrimiento.
Índice de diversidad de paisajes Mateo (2011)	$U = \sqrt{n^2}$ <p>n: Número de unidades geoecológicas de orden inferior a la unidad geoecológica analizada</p>	Expresa el número de paisajes y su heterogeneidad, lo que refleja el grado en que la dinámica y evolución, actúan sobre la estructura de los mismos determinando su grado de variabilidad y por tanto, las tendencias generales de la influencia de los procesos naturales y las actividades humanas sobre estos. Se establece por el número de unidades inferiores dentro de las unidades superiores de paisajes cartografiadas.
Grado de naturalidad Bollo <i>et al.</i> (2018)	$Gn = \frac{Sveg_{nat}}{A}$ <p>Sveg: Superficie de vegetación natural o seminatural A: área de la unidad de paisaje</p>	Permite establecer el porcentaje de la superficie de las unidades que presenta algún tipo de cobertura vegetal original y establecer el grado de naturalidad que presenta la unidad de paisaje.
Tasa de cambio de la vegetación y uso del suelo Palacio-Prieto <i>et al.</i> (2004)	$C = \left(\left(\frac{T2}{T1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) * 100$ <p>T1: Superficie en la fecha 1 T2: Superficie en la fecha 2 n: número de años entre las dos fechas</p>	El análisis de los cambios producidos a la cobertura vegetal (deforestación, degradación, revegetación, etc.), considerando básicamente aquellos ocasionados por las actividades antrópicas, es un elemento fundamental en la caracterización del paisaje y el soporte de las comunidades faunísticas.
Tasa de deforestación Palacio-Prieto <i>et al.</i> (2004)	$C = \left(\left(\frac{S2}{S1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) * 100$ <p>S1: Superficie boscosa en la fecha t1 S2: Superficie boscosa en la fecha t2 n: número de años entre t1 y t2</p>	Permite diagnosticar el proceso de deforestación por unidad y establecer la tasa de deforestación por período en cada unidad de paisaje.
Índice de antropización de la cubierta vegetal Shishenko (1988)	$IACV = \sum_{i=1}^n \frac{(ri * Aij)}{ATj}$ <p>A_i: Área (km²) dedicada al tipo de utilización "i" en el geocomplejo "j". A_{ij}: Área total (km²) del paisaje "j".</p>	Este indicador permite conocer el grado de alteración de la cobertura vegetal por unidad de paisaje; es decir, nos permite conocer la intensidad de la modificación, en el momento de la evaluación, que presenta la cobertura vegetal por los distintos usos del suelo y vegetación en las unidades de paisaje.
Índice de antropización por elementos antrópicos del paisaje (IAEA) Bollo <i>et al.</i> (2018)	$IAEA = \sum_{i=1}^{n_i} Pi$ <p>Pi: Densidad de viales, densidad de elementos hidráulicos (canales, de embalses), densidad de líneas de transmisión eléctrica, densidad de zonas urbanas, densidad de ductos (oleoductos, gaseoductos otras tuberías)</p>	Establece la influencia de los elementos antropogénicos introducidos y presentes en cada unidad de paisaje. Son un reflejo de la alteración generada en el geosistema para desarrollar las funciones socioeconómicas asignadas.

Fuente: Elaborada por los autores.

Cuadro 2 - Indicadores para el diagnóstico de los paisajes en el contexto de la Planificación y Gestión de cuencas hidrográficas. Subsistemas Sociodemográfico y Socioeconómicos

Indicador	Formula	Función para el diagnóstico
Subsistema sociodemográfico		
Densidad de población Palacio-Prieto <i>et al.</i> (2004)	$Dp = \frac{Pt}{A}$ Pt: Población total A: Área de la unidad geoecológica	Permite evaluar la presión sobre los recursos naturales y las unidades de paisaje.
Índice de dispersión de la población Aramburu y Escribano (2014)	$R = 2 * 1,80 \sqrt{\frac{N}{S}}$ N: Numero de núcleos familiares S: superficie de la unidad geoecológica	Conocido como índice Rn, expresa la dispersión del hábitat en función de la población de la unidad, permitiendo detectar situaciones de desequilibrio en la relación entre la población y el territorio en el que vive. Es una medida de la distribución espacial de los asentamientos poblacionales en la unidad de paisaje.
Nivel de urbanización Palacio-Prieto <i>et al.</i> (2004)	$UN = \frac{\frac{1}{2}(P_{5000} + P_{15000})}{Pt}$ P ₅₀₀₀ : Población que reside en asentamientos de más de 5000 habitantes P ₁₅₀₀₀ : Población que reside en asentamientos de más de 15000 habitantes Pt: población total	Representa la población urbana con respecto a la población total, permite identificar las áreas con predominio urbano en la unidad de paisaje.
Tasa de crecimiento (r) INEGI (2017)	$r = \left[\left(\frac{Po2}{Po1} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] * 100$ Po1 = población inicial en el periodo de referencia Po2 = población final en el periodo de referencia t = número de años comprendidos en el periodo de referencia	Indica el ritmo al que la población aumenta o disminuye durante un periodo de tiempo dado en la unidad de paisaje.
Índice de capacidad de atracción reciente (CAR) Palacio-Prieto <i>et al.</i> (2004)	$CAR = \left(\frac{PResOT}{PoT} \right) * 100$ PResOT: Población residente en otra entidad. PoT: Población total de la unidad	Indica que tanta atracción migratoria reciente ejerce la unidad de paisaje.
Índice de capacidad de atracción acumulada (CCA) Palacio-Prieto <i>et al.</i> (2004)	$CCA = \left(\frac{PResOT}{PoT} \right) * 100$ PbNacOT: Población nacida en otra entidad. PoT: Población total de la unidad	Indica que tan atractiva desde el punto de vista migratorio ha sido la unidad de paisaje a largo plazo.
Subsistema socioeconómico		
Tasa de actividad económica Palacio-Prieto <i>et al.</i> (2004)	$Tae = \left(\frac{PEA}{Po + 15} \right) * 100$ PEA: Población económicamente activa P>18: Población total de 18 años o más años	Expresa la importancia de la población laboral dentro del marco económico territorial. Se asume que mientras mayor es la tasa, mayor es el nivel de desarrollo socioeconómico de un territorio.

continua

continuación

<p>Tasa de desocupación de la población (Td) (INEGI, 2017)</p>	$Td = \left(\frac{PoDesc}{PEA} \right) * 100$ <p>PO: población ocupada Pt: Población total</p>	<p>Refleja la participación de la población de la unidad de paisaje en la actividad económica, ya que tiene como punto base a la población desocupada.</p>
<p>Relación de dependencia (Rd) INEGI (2017)</p>	$Rd = \left(\frac{Po0 - 14 + Po > 65}{Po15 - 64} \right) * 100$ <p>P₀₋₁₄: Población de 0-14 años P_{65-más}: Población de 65 años o más P₁₅₋₆₄: Población de 15 a 65 años</p>	<p>Evalúa el grado de dependencia o carga que como promedio tiene que soportar cada persona disponible para la producción de bienes en la unidad de paisaje.</p>
<p>Índice de suficiencia vial Palacio-Prieto <i>et al.</i> (2004)</p>	$D = \frac{1.5a + b + 0.4c}{A}$ <p>a: km de carreteras de más de 6 m de ancho y firme en buen estado. b: km de carreteras con firme en buen estado y ancho entre 4 y 6 m. c: km de terracería con ancho superior a 4 m. A: Área (Km²) de la unidad de paisaje</p>	<p>Relaciona la cantidad de carreteras, caminos, vías de comunicación del tipo que sea, con el tamaño de la unidad de paisaje que atraviesan.</p>

Fuente: Elaborada por los autores.

Dado que los indicadores son tanto cualitativos como cuantitativos y miden diversos fenómenos o eventos desarrollados en una escala de tiempo determinada, se sugiere seleccionar un método de Análisis Jerárquico para asignar pesos a cada indicador y con ello calcular estadísticamente el estado ambiental de la cuenca como el propuesto por Saaty (1988) con el apoyo de algún software como Expert Choice (Expert Choice, 2021)

Finalmente es necesario señalar que los indicadores pueden combinarse para conformar un índice agregado, dando pesos diferenciados a cada uno, según diversos métodos como son: talleres de expertos, procedimiento de jerarquización analítica como el ya mencionado y finalmente alguna técnica de Evaluación Multicriterio (Malczewski, 2015), apoyados en el uso de los Sistemas de Información Geográfica (Navarro *et al.*, 2020).

CONSIDERACIONES FINALES

En el caso de las cuencas hidrográficas los estudios han pasado de una simple acumulación de datos hidroclimáticos y su influencia en los volúmenes disponibles y su variación estacional e interanual, entre otros aspectos, a estudios

integrados y multidisciplinarios de las mismas, que incluyen no solo los aspectos físicos de la cuenca sino y de forma destacada del análisis de las funciones ecológicas y sociales que ellas cumplen, el estudio de la población que en ellas se asienta o que de ellas depende, las presiones de la misma sobre los recursos hídricos y su calidad, así como del mantenimiento del balance hídrico global.

Es en este marco que se han comenzado a utilizar por diversos grupos de investigadores e instituciones relacionadas con la planificación y gestión de las cuencas, indicadores de diverso tipo y provenientes de variadas fuentes, que posibiliten entender la dinámica, funcionamiento y evolución de las mismas buscando alcanzar propuestas novedosas para su gestión ambiental relacionadas con un pensamiento de sostenibilidad a largo plazo de las funciones de las mismas.

Estos indicadores buscan caracterizar y evaluar las cuencas en cuanto productoras de agua y otros servicios ambientales para la sociedad y para esto se propone en este trabajo, utilizarlos como sustento de estas investigaciones y como base de la diferenciación al interior de las mismas, la concepción de la Geoecología como enfoque sistémico y holístico que posibilitará entender la estructura horizontal, el funcionamiento, la dinámica y la evolución de las unidades de paisaje diferenciadas y sobre las mismas realizar el análisis de los diferentes indicadores geoecológicos, sociales y económicos que permitan proponer un modelo de uso de las cuencas en el contexto de asegurar que cumplan sus funciones ecosistémicas a corto y largo plazo.

Se presentan aquí entonces un conjunto de indicadores, utilizados en otros estudios y provenientes de diversas fuentes, que pueden ser empleados para analizar y diagnosticar las unidades de paisaje al interior de las cuencas hidrográficas, lo que permitirá mediante la aplicación de diversos métodos de integración de los mismos, establecer una propuesta para la planificación y gestión de dichas cuencas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco de una Ayuda María Zambrano Senior para la atracción de talento internacional de la Universidad de Granada, financiada por el Ministerio de Universidades de España y los Fondos Next Generation de la UE, otorgada al primer autor de este capítulo.

REFERENCIAS

AEMA. **Conjunto básico de indicadores de la Agencia Europea de Medio Ambiente, Guía**, 2006. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/-publicaciones/ConjuntoBasicoIndicadores_tcm30-185692.pdf. Consultado el: 12 dic. 2021.

ARAMBURU, M.; ESCRIBANO R. **Guía para la elaboración de estudios del Medio Físico. Contenido y Metodología, Serie Monografías (4ta edición)**. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente España, 2014. Disponible en: https://oa.upm.es/55224/1/Guia_para_la_elaboracion_de_estudios_del_medio_fisico_2.pdf. Consultado el: 23 ago. 2022.

ARÁNGUIZ, I. La cuenca como unidad natural de ordenación territorial. *In*: GASTÓ, J.; RODRIGO, P. ; I. ARÁNGUIZ (Ed.). **Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales**. Santiago de Chile: LOM Ediciones, 2002. p.477-490. Disponible en: <https://juangasto.com/Publicaciones/OT205.pdf>. Consultado el: 15 jun. 2022.

BOIN, M. N. ; L. PRADO. Geoecologia da paisagem do Pontal do Paranapanema/ SP: o olhar geográfico da paisagem ao longo do século XX. **Entre-Lugar**, Grande Dourado, v.6, n.12, p.89-207, 2016. Disponible en: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/5985>. Consultado el: 25 mar. 2023.

BOLLO, M. ; VELASCO, W. E. El Estado del Medio Ambiente en Michoacán de Ocampo. México. **Cuadernos Geográficos**, Granada, v.57, n.3, p.118-139, 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v57i3.6504>. Consultado el: 20 abr. 2023.

BORDALO, C. A. L. Novos olhares da crise hídrica mundial. *In*: SALINAS, E.; DI MAURO, C. A.; E. C. MORETTI (Ed.), **Água, recurso hídrico: bem social transformado em mercadoria. (Primera Edición)**. São Paulo: Editora ANAP, 2017. p.16-33. Disponible en: https://macroamb.files.wordpress.com/2018/12/agua_recurso_hidrico_bem_social_transformado_em_mercadoria___eduardo_salinas_chavez_claudio_antonio_di_mauro_e_edvaldo_cesar_moretti_organizadore.pdf. Consultado el: 28 jun. 2020.

BRAGA, L. M. M.; A. M. ARGOLLO. A gestão dos recursos hídricos na França e no Brasil com foco nas bacias hidrográficas e seus sistemas territoriais. **Labor & Engenho**, Campinas, SP, v. 9, n. 4, p.19–33, 2015. DOI: 10.20396/lobore.v9i4.8642229. Disponible en: <https://doi.org/10.20396/lobore.v9i4.8642229>. Consultado el: 08 nov. 2022.

BRITO, K.; AMORIN, R. R.; N. A. CALASANS. A representação dos geossistemas com ênfase no estudo dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Cachoeira, Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 19, n. 67, p. 54–67, 2018. DOI: 10.14393/Hygeia196704. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/40022>. Consultado el: 23 jul. 2022.

BROOKS, K. N.; FOLLIOTT, P. F.; J. A. MAGNER. **Hydrology and the management of watersheds** (4th edn). Ames: Wily-Blackwell, 2013.

MEDEIROS, R.B. **Zoneamento ambiental para o sistema cárstico da bacia hidrográfica do rio Formoso, Mato Grosso do Sul**. Tesis de Doctorado en Geografia) – Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2635>. Consultado el: 13 abr. 2023.

CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, [S. l.], v. 1, n. 36, p. 26–43, 2014. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3172>. Consultado el: 11 dic. 2022.

CEPAL. **Objetivos de Desarrollo del Milenio**. Santiago de Chile, 2020. Disponível em: <https://www.cepal.org/es/temas/objetivos-de-desarrollo-del-milenio-odm/objetivos-desarrollo-milenio>. Consultado el: 24 mar. 2022.

COTLER, H.; A. PRIEGO. El análisis del paisaje como base para el Manejo Integrado de cuencas: el caso de la cuenca Lerma-Chapala, *En*: COTLER, H. (org). **El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental (Segunda Edición)**. Ciudad México: INE- SEMARNAT, 2007. p.79-89. Disponível em: <https://acortar.link/3K60iY>. Consultado el: 14 may. 2022.

DANILO, M.; CAMARGO, F. H.; VIDAL, F. H. ; COSTA, M. C. Bacias hidrográficas: uma análise crítica da gestão de recursos hídricos. *In*: RISK, M. C.; DI MAURO C. A. Y R. RIBEIRO DE ARAUJO (ed.). **Instrumentos de gestão em recursos hídricos: experiências em bacias hidrográficas (Primera Edición)**. São Paulo: Editora ANAP, 2019. p.13-26. Disponível em: <https://www.editoraanap.org/2019?lightbox=datatem-k8dihuku>. Consultado el: 27 ene. 2023.

DE LA ROSA, A., VALDÉS-RODRÍGUEZ, O. A., VILLADA-CANELA, M., MANSON, R.; R. MURRIETA-GALINDO. Characterizing water security with a watershed approach: Case study Veracruz, Mexico". **Ingeniería del agua**, Valencia, v.25, n.3, p.187-203. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.4995/la.2021.15221>.

Consultado el: 16 mar. 2022.

DOUROJEANNI, A. Los desafíos de la gestión integrada de cuencas y recursos hídricos en América Latina y el Caribe. **DELOS**, São José dos Pinhais, v.3 n.8, p.1-13. 2009. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/delos/08/acd.pdf>. Consultado el: 16 mar. 2022.

DOUROJEANNI, A.; JOURAVLEV, A. Y G. CHÁVEZ. **Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica**. Santiago de Chile: CEPAL, 2002. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6407/1/S028593_es.pdf. Consultado el: 12 feb. 2023.

DRAKE, K.; M. HOGAN. **Watershed management guidebook: a guide to outcome-based watershed management**. California: Integrated Environmental Restoration Services Inc, 2013. Disponible en: https://ierstahoe.com/pdf/research/watershed_management_guidebook.pdf. Consultado el: 22 mar. 2023.

DUDLEY, N., BAKER, C., CHATTERTON, P., FERWERDA, W.H., GUTIERREZ, V., MADGWICK, J. **El marco de los 4 retornos para la restauración de paisajes. Informe del Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas**, 2021. Disponible en: https://commonland.com/wp-content/uploads/2021/09/Final_Spanish_compressed_DEF.pdf. Consultado el: 23 dic. 2021.

EcoAgriculture Partners. **1000 Paisajes para mil millones de personas, 2022, Guía práctica para la gestión integrada del paisaje**, Washington, DC: EcoAgriculture Partners, 2022. Disponible en: https://landscapes.global/wp-content/uploads/2023/01/ILM_Practical_Guide_SP.pdf. Consultado el: 09 ago. 2022.

EINAR, B. **Integrated watershed management: perspectives and problems**. New Delhi: Springer Capital Publishing Company, 2010. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-90-481-3769-5>. Consultado el: 19 feb. 2023.

ENVIRONMENT CANADA. **Programa de acción nacional sobre el cambio climático**. Ontario, 1995. Disponible en: <http://www.ec.gc.ca/climate/resource/cnapcc/c3part01.html>. Consultado el: 05 nov. 2022.

ESTRADA PORCAYO, A. W.; RAMÍREZ SÁNCHEZ, L. G.; CHÁVEZ ALVARADO, R. Clasificación de los paisajes físico-geográficos de la Unidad de Gestión Ambiental 33, Quintana Roo, México a escala 1:50000. **Estudios Geográficos**, v. 84, n. 294, p. e130, 2023. DOI: 10.3989/estgeogr.2023136.136. Disponible en: <https://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeograficos/article/view/1129>. Consultado el: 13 jul. 2023.

FAO. **La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas, Estudio FAO-Montes 150**, Roma: FAO, 2007. Disponible en: <https://link.springer. /book/10.1007/978-90-481-3769-5>. Consultado el: 25 may. 2023.

EXPERT CHOICE. **Expert choice solutions - how AHP works**. Texas, 2021. Disponible en: <https://www.expertchoice.com/ahp-software>. Consultado el: 25 ene. 2023.

FÁVERO, O. A. **Paisagem e Sustentabilidade na bacia hidrográfica do rio Sorocaba (SP)**, Tesis de Doctorado en Geografía-Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidad de São Paulo. São Paulo, 2007. Disponible en: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-11122007-095647/publico/TESE_ORIANA_APARECIDA_FAVERO.pdf. Consultado el: 12 mar. 2023.

FERANEC, J., SOUKUP, T., HAZEU, G. W.; G. JAFFRAIN. **European Landscape Dynamics: CORINE Land Cover Data**. Boca Raton: CRC, 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.1201/9781315372860>. Consultado el: 17 dic. 2022.

FROLOVA, M. El estudio de los paisajes del agua en una cuenca vertiente: Propuesta metodológica. **Revista de Estudios Regionales**, Malaga, n.83, p.21-47, 2008 Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/755/75511145001.pdf>. Consultado el: 27 oct. 2021.

GAGARINOVA, O.V.; O. A. KOVALCHUK. Assessment of anthropogenic impacts on landscape hydrological complexes. **Geography and Natural Resources**, Siberia, v.31, n.3, p.291-295, 2010. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gnr.2010.09.016>. Consultado el: 9 dic. 2022.

GARCÍA-RIVERO, A.; MIRAVET, B. L.; SALINAS, E.; A. Z. DOMINGUEZ. A cartografia das paisagens com sistemas de informação geográfica como base para o diagnóstico geoecológico da bacia hidrográfica do rio Ariguanabo (Cuba), Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia - **ANPEGE**. v. 15, n. 27, p.169-194. (2019). Disponible en: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/9578>.

GASPARY, J.; RODRIGUEZ, A.; SENITERRA, G.; DELGADO, M.; S. BESTEIRO. **Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas**. La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 2013. Disponible en: <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/109/460/1658-1>. Consultado el: 03 mar. 2023.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP). **Manual para la gestión integrada de recursos hídricos en cuencas**. Paris: GWP-INBO, 2009. Disponible en: <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/references/a-handbook-for->

integrated-water-resources-management-in-basins-inbo-gwp-2009-spanish.pdf. Consultado el: 26 jun. 2023.

GUANGYU, W.; SHARI, M.; HAISHENG, C.; SHIRONG, L.; ZHIQIANG, Z.; LIGUO, W.; I. JOHN. Integrated watershed management: evolution, development and merging trends. **Journal of Forest Resources**, v.27, n.5, p.967–994, 2016. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-016-0293-3>. Consultado el: 11 oct. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI) **Metodología de Indicadores de la Serie Histórica Censal**. Ciudad México: INEGI, 2017. Disponible en: https://inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/cpvsh/doc/serie_historica_censal_met_indicadores.pdf. Consultado el: 13 mar. 2023.

ISOTOOLS EXCELENCE. **Los 17 indicadores de calidad ambiental imprescindibles**. Madrid: ESG Innova, 2015. Disponible en: <https://www.isotools.org/2015/07/09/los-17-indicadores-de-calidad-ambiental-imprescindibles/>. Consultado el: 28 jun. 2023.

KLIMSZA, C. Concepto de Dato, Estadística, Indicador. Procesamiento estadístico: fundamentos de recolección, compilación, validación y descripción de series estadísticas y de indicadores. In: CEPAL (org.). **Metodología para Construir y Sostener Indicadores Ambientales, ODS**. Santiago de Chile: División de Estadística, CEPAL, 2017. Disponible en: <https://nginx-e2.cepal.org/sites/default/files/courses/files/3.3.conceptos-y-fundamentos-cl2017.pdf>. Consultado el: 06 abr. 2020.

LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. **Entre-Lugar**, Dourados, v.3, n.6, p.65-84, 2012. Disponible en: <file:///C:/Users/casa/Downloads/eduufgd,+3++Antonio+Leal.pdf>. Consultado el: 26 may. 2019.

LÓPEZ-SÁNCHEZ, M.; TEJEDOR-CABRERA, A. Y M. LINARES-GÓMEZ DEL PULGAR. Indicadores de paisaje: evolución y pautas para su incorporación en la gestión del territorio, Ciudad y Territorio. **Estudios Territoriales**, Madrid, v. 52, n.206, p.719-738, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.37230/CyTET.2020.206.01>. Consultado el: 02 feb. 2021.

MACHADO, G. Por uma territorializacao da bacia hidrográfica, En: SAQUET, M.A. (org.). **Estudos territoriais na ciência geográfica**. São Paulo: Outras Expressões, 2013. p.107-128.

MALCZEWSKI, J. R. **Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information**

Science. Berlin: Springer, 2015. Disponible en: <https://www.springer.com/gp/book/9783540747567>. Consultado el: 24 mar. 2023.

MATEO, J. M. **Geografía de los Paisajes, Primera Parte, Paisajes Naturales**. La Habana: Editorial Universitaria Félix Varela, 2011. Disponible en: <http://catalogosocict.reduniv.edu.cu/items/show/32445>. Consultado el: 10 feb. 2019.

MATEO, J. M.; E. V. DA SILVA. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geociologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/341803786_Planejamento_e_Gestao_Ambiental_subsidios_da_Geociologia_das_Paisagens_e_da_Teor_Geossistemica>. Consultado el: 21 jun. 2020.

MATEO, J. M.; SILVA, E. V. DA; A. C. LEAL. Planejamento ambiental em bacias hidrográficas, *In*: SILVA, E. V. DA; MATEO, J. M.; A. J. MEIRELES (ed.) **Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas (Tomo 1)**. p. 29-48. Fortaleza: Edições UFC, 2011. MEDEIROS, R. B., CHÁVEZ, E.S., DA SILVA, C.A. *et al.* (2022). Geocological diagnosis of landscapes of the Formoso River Watershed, Bonito/MS, Brazil. **Environ Earth Sci**, v.81, n.174, 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10247-6>. Consultado en: 13 feb. 2022.

MELO ESOUZA, R.; CHAVEZ, A.; GOMES DO NASCIMENTO, S. P. (org.). **Geociologia e Paisagem: Enfoques teóricos-metodológicos e abordagens aplicadas. (Primera Edición)**. Aracaju: Criação Editora, 2021. Disponible en: <https://editoracriacao.com.br/wp-content/uploads/2021/05/ebook-paisagem.pdf>. Consultado en: 13 feb. 2022.

MIRAVET, B. L.; GARCÍA, A. E.; SALINAS, E.; CRUAÑAS, E.; R. REMOND. Diagnóstico Geoecológico de los paisajes de la cuenca hidrográfica Ariguanabo, Artemisa, Cuba. **Ciencias de la Tierra y el Espacio**, v.15, n.1, 53-66, 2014. Disponible en: <http://www.iga.cu/wp-content/uploads/2019/05/05.geoecol.paisajes.ariguan.5.pdf>. Consultado en: 13 dic. 2014.

NAVARRO, S.; ESTRUCH-GUITART, V.; C. GARCÍA. Use of cause-effect indicators for the diagnosis of water sustainability in the Balearic Islands (Spain). **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, Madrid, v.85, n.1, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.21138/bage.2833>. Consultado en: 23 jul. 2021.

ODCE. **OECD Key environmental indicators**. Paris: OECD, 2001. Disponible en: <https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/31558547.pdf>. Consultado en: 27 mar. 2023.

ODCE. **ODCE Environmental indicators. Development, measurement and use. Reference Paper.** Paris: OECD, 2003. Disponible en: <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/24993546.pdf>. Consultado en: 27 mar. 2023.

OLIVEIRA DE SOUZA, J. C. Análise geossistêmica na bacia hidrográfica do rio São Miguel, Alagoas: estudo e interpretação de paisagens hidrogeomorfológicas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v.7, n.5, p. 880-890, 2014. Disponible en: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233394>. Consultado en: 05 abr. 2023.

ONU. **El agua, un recurso que se agota por el crecimiento de la población y el cambio climático.** Nueva York, 2020. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2020/11/1484732>. Consultado en: 25 abril. 2023.

OMT. **Indicators of Sustainable Development for Tourism Destinations. A Guidebook, OMT.** Madrid: OMT, 2004. Disponible en: <https://doi.org/10.18111/9789284408382>.

PALACIO-PRIETO, J.L.; SÁNCHEZ-SALAZAR, M.T.; CASADO, J.M.; PROPIN E.; DELGADO, J.; VELÁZQUEZ, A.; *et al.* **Indicadores para la caracterización y el Ordenamiento Territorial**, Ciudad México: SEDESOL-SEMARNAT-INE-UNAM, 2004. Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/434.pdf>. Consultado en: 18 may. 2023.

PORTAL AMBIENTAL DE ANDALUCIA. **Indicadores paisajísticos**, 2023. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-%C3%ADndice/-/asset_publisher/zX2ouZa4r1Rf/content/indicadores-paisaj-c3-adsticos/20151. Consultado el: 06 jul. 2023.

PRAÇA DE SOUZA, J. O. Dos Sistemas Ambientais ao Sistema fluvial – uma revisão de conceitos. **Caminhos de Geografia**, Uberlandia, v.14, n.46, p.224–233, 2013. Disponible en: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/22281/13241>>. Consultado en: 9 abr. 2023.

RAMÓN, A. M.; SALINAS, E.; ACEVEDO, P. **Modelo de Ordenamiento Ambiental desde la perspectiva del paisaje: Una propuesta para la cuenca alta del río Cauto**, Saarbrücken: Editorial Academia Española, 2012. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/341599992_Modelo_de_ordenamiento_ambiental_desde_la_perspectiva_del_paisaje_Una_propuesta_para_la_cuenca_alta_del_rio_Cauto_Cuba. Consultado en: 17 dic. 2021.

ROMANINI, E.; TERUMI, A.; J. E. DOS SANTOS. An Approach to Environmental

Planning and Sustainable Management of Watersheds and Municipalities in Southeastern Brazil, **Open Journal of Ecology**, v.6, p.667-685, 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.4236/oje.2016.611062>. Consultado en: 27 abr. 2022.

ROSS, J. L. S.; M. E. DEL PRETTE. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**, São Paulo, n.12, p.89-121,1998. Disponible en: <https://doi.org/10.7154/RDG.1998.0012.0005>. Consultado en: 14 oct. 2022.

RUIZ, J. D.; REMOND, R.; DELGADO, J. J.; CORTÉS, R.; SALINAS, E.; FERNÁNDEZ, J. M.; P. ACEVEDO. Estudio Geoambiental de la cuenca de Guanabo. Aproximación a la problemática del agua. **Baetica**, Malaga, n.32, p.89-126, 2010. Disponible: <https://doi.org/10.24310/BAETICA.2010.v0i32.134>. Consultado en: 24 feb. 2023.

SAATY, T. **The Analytic Hierarchy Process. Decision Making**. Pittsburg: Univ. Press, 1988. Disponible en: <https://www.rafikulislam.com/uploads/resourses/197245512559a37aadea6d.pdf>. Consultado en: 21 nov. 2021.

SALINAS, E.; MATEO, J. M.; CAVALCANTI, L. C. S.; A. BRAZ. Cartografía de los Paisajes: Teoría y aplicación. **Physis Terrae**, Guimarães, v.1, n.1, p.7-29. DOI 10.21814/physisterrae.402.

SALINAS, E.; TEIXEIRA DOS SANTOS, E.; RIBEIRO AYACH, L.; PERBELIN RODRIGUES, L. Aesthetic assessment of landscapes of tourist interest: case study Piraputanga Park - Aquidauana Mato Grosso del Sur- Brazil. **Revista Geográfica de América Central**, San Jose, v.70, n.1, p.377-402, 2023 DOI <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.70-1.14>.

SALINAS, E.; TROMBETA, L. R.; A. C. LEAL. Estudo da Paisagem aplicado ao Planejamento y Gestao de bacias Hidrográficas, In: FIGUEIRÓ; A. S.; C. A. DI MAURO (orgs.) **Governança da água: das políticas públicas à gestão de conflitos**. Campina Grande: EPTE, 2020. p.49-63, 2020. Disponible en: http://www.proexc.ufu.br/sites/proexc.ufu.br/files/media/document/e-book_ufsm_versao_publicada_0.pdf. Consultado en: 11 oct. 2022.

SHAMOVA, V.; MURIN, P. Creation of a cartographic geoinformation system of the river basin with plotted riverbed quarries. **IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.**, v.937, 042072, 2021. DOI 10.1088/1755-1315/937/4/042072.

SHISHENKO, P. G. **Geografía Física Aplicada**. Kiev: Editorial de la Escuela Superior de Kiev,1988.

SILVA, E. V. DA; MATEO, J. M. Planejamento e zoneamento de bacias

hidrográficas: a geoecologia das paisagens como subsídio para uma gestão integrada. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v.36, p.4-17, 2014. Disponible en: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3170>. Consultado en: 18 ago. 2022.

SOLIDARIDAD-LANDSCALE-RA. **El Paisaje Trifinio Suroccidente de Guatemala Historia, Lecciones Aprendidas, Retos y Posibilidades del Proyecto Piloto LANDSCALE**, 2023. Disponible en: <https://solidaridadlatam.org/wp-content/uploads/2022/05/Informe-Final-LS-piloto-en-Guatemala.pdf>. Consultado el: 08 may. 2023.

SOWINSKA-SWIERSKOSZ, B.; T. J. CHMIELEWSKI. A new approach to the identification of Landscape Quality Objectives (LQOs) as a set of indicators. **Journal of Environmental Management**, n.184, p.596-608, 2016). DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.10.016.

TROMBETA, L. R. A. **Gestão das águas, Planejamento de bacias hidrográficas e Paisagem: proposta metodológica aplicada na unidade de gestão de recursos hídricos Paranapanema, Brasil**. Tesis de Doctorado en Geografía-Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP). São Paulo, 2019. Disponible en: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/191184>. Consultado en: 19 feb. 2023.

TUNDISI, J. G.; T. MATSUMURA-TUNDISI. **Recursos hídricos no Século XXI**. São Paulo: Oficina de textos, 2011. Disponible en: <https://www.ofitexto.com.br/recursos-hidricos-no-sec-xxi/p>. Consultado en: 24 abr. 2023.

UUEMAA, E.; MANDER, U.; R. MARJA. Trends in the use of landscape spatial metrics as landscape indicators: A review. **Ecological Indicators**, n.28, p.100-106, 2013. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.07.018>. Consultado en: 16 jun. 2023.

UNESCO. **No dejar a nadie atrás, Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos 2019**. Paris: UNESCO, 2019. Disponible en: <https://es.unesco.org/water-security/wwap/wwdr/2019>. Consultado en: 13 abr. 2023.

UNITED NATIONS. **Framework for the Development of Environment Statistics (FDES 2013)**. New York: Department of Economic and Social Affairs, Studies in Methods Series M., 2017. Disponible en: <https://unstats.un.org/unsd/environment/FDES/FDES-2015-supporting-tools/FDES.pdf>. Consultado en: 26 may. 2023.

WANG, L.; HOU, H.; LI, Y.; PAN, J.; WANG, P.; WANG, B.; CHEN, J.; HU, T. Investigating relationships between landscape patterns and surface runoff from a spatial distribution and intensity perspective, **Journal of Environmental Management**, v-325, Part B, 2023. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116631>. Consultado en: 05 jun. 2023.