

Indicadores para la calidad ambiental a escala municipal

Damarys Fuentes Díaz

Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Cuba,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8333-5313>

damarysf@ucf.edu.cu

María Elena Zequeira Álvarez

Profesora e investigadora de la Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Cuba.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1363-0995>

maria.zequeiraa@reduc.edu.cu,

Eduardo Julio López Bastida

Profesor e investigador de la Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Cuba

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1305-852X>

kuten@ucf.edu.cu

RESUMEN

Los indicadores ofrecen la posibilidad de evaluar y monitorear el estado del medio ambiente y el impacto de las actividades humanas sobre él. Son esenciales porque ayudan a identificar problemas, orientar políticas públicas, mejorar la gestión ambiental y medir el avance hacia objetivos de sostenibilidad. Además, son una herramienta clave para entender, comparar y mejorar la relación entre sociedad y naturaleza, en este sentido, se desarrolló la investigación, que tuvo como objetivo identificar indicadores para determinar la calidad ambiental a escala municipal. Para esta investigación, se consultaron varias metodologías que fueron diseñadas para ciudades grandes y regiones y no para un municipio. El estudio realizado utilizó el método de consulta a expertos y se obtienen como resultado, 17 indicadores para evaluar la calidad ambiental a escala municipal.

Palabras clave: calidad ambiental, medio ambiente, indicadores ambientales.

Indicators for environmental quality at the municipal level

ABSTRACT

Indicators offer the opportunity to assess and monitor the state of the environment and the impact of human activities on it. They are essential because they help identify problems, guide public policies, improve environmental management, and measure progress toward sustainability goals. Furthermore, they are a key tool for understanding, comparing, and improving the relationship between society and nature. This research aimed to identify indicators for determining environmental quality at the municipal level. For this research, several methodologies were consulted, designed for

large cities and regions, rather than for individual municipalities. The study used expert consultation and resulted in 17 indicators for assessing environmental quality at the municipal level.

Keywords: environmental quality, environment, environmental indicators.

Indicadores de calidad ambiental a nivel municipal

RESUMO

Indicadores oferecem a oportunidade de avaliar e monitorar o estado do meio ambiente e o impacto das atividades humanas sobre ele. Eles são essenciais porque ajudam a identificar problemas, orientar políticas públicas, aprimorar a gestão ambiental e mensurar o progresso em direção às metas de sustentabilidade. Além disso, são uma ferramenta fundamental para compreender, comparar e aprimorar a relação entre sociedade e natureza. Esta pesquisa teve como objetivo identificar indicadores para determinar a qualidade ambiental em nível municipal. Para esta pesquisa, foram consultadas diversas metodologias, projetadas para grandes cidades e regiões, em vez de municípios individuais. O estudo utilizou consulta a especialistas e resultou em 17 indicadores para avaliar a qualidade ambiental em nível municipal.

Palavras-chave: qualidade ambiental, meio ambiente, indicadores ambientais.

INTRODUCCIÓN

A partir de la Agenda 21, el desarrollo local se concreta como el deber del municipio de estimular el desarrollo de manera estructurada y planificada, y tiene como objetivo hacer que el medio ambiente sea compatible con el desarrollo económico y social del mismo municipio.

También planea dotar a los sectores estatales y privados de una herramienta útil, efectiva, específica y operativa que sirve para apoyar el desarrollo de capacidades económicas locales y crear a su vez políticas ambientales. Del Frari (2022), Muñoz (2023), Narváez (2024).

La estrategia ambiental nacional en Cuba define las pautas y prioridades para el desarrollo sostenible del país, de acuerdo con los objetivos de la agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible, de mejorar la calidad de vida de la población, de promover la equidad social y preservar el patrimonio natural y cultural de la nación.

En el período 2021-2026, la estrategia ambiental nacional CITMA (2021), definió tres direcciones estratégicas:

- ✓ garantizar el crecimiento económico teniendo en cuenta el uso racional de los recursos naturales, la reducción del impacto ambiental y la degradación del medio ambiente
- ✓ asegurar la conservación, la restauración y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y marino para evitar los efectos adversos, aumentar su resiliencia, recuperar su salud y productividad
- ✓ reducir/eliminar los impactos negativos al medio ambiente y la salud de las personas mediante el desarrollo y reconversión de la infraestructura, logrando la gestión sostenible y uso eficiente de los recursos naturales.

Se han creado tres indicadores sintéticos para medir estas direcciones estratégicas: la huella ecológica, el índice de resiliencia climática y el índice de calidad ambiental, lo que no se dice en este caso, es cómo evaluar cada uno de estos indicadores.

“El índice de calidad ambiental evalúa la situación ambiental en que se encuentra un territorio y su relación con las necesidades del hombre de mantener su salud y calidad de vida”. CITMA (2024).

Autores como Huanca-Arohuanca et al. (2020), Palaquibay et al. (2023) y Najar (2024) han tratado la calidad ambiental internacionalmente. Estos estudios han estado dirigidos a elementos fundamentalmente: indicadores y recursos ambientales específicos, Lugioyo et al. (2020), Rodríguez & et al (2020), Fernández-Rodríguez & Guardado-Lacaba (2021), pero no se distingue ni se aportan elementos que contribuyan a la información para determinar la calidad ambiental a escala municipal. El análisis de los antecedentes muestra coincidencia al afirmar que es un instrumento para la toma de decisiones, así como para evaluar la situación ambiental y su relación con las necesidades del hombre de cuidar su salud y mejorar la calidad de vida.

En Cuba han existido investigaciones relacionadas con la temática, (Alcaide Orpí et al., 2006), donde se reconocen un grupo de indicadores de presión, estado y respuesta para cada una de las cualidades abordadas: grado de naturalidad, fuente, sumidero y soporte/servicio, aplicando los índices de calidad ambiental a cada una de estas cualidades, obteniéndose con la aplicación de una media aritmética, la calidad ambiental de la unidad territorial.

Las investigaciones del mundo, así como las de Cuba, son coincidentes en la importancia de medir todos los indicadores de calidad ambiental para contribuir a una mejor gestión de los recursos naturales y utilizar la información relacionada para la toma de decisiones a escala municipal.

METODOLOGÍA

En el desarrollo de la presente investigación se acuden a diferentes métodos, dentro de los métodos teóricos empleados se encuentra el histórico-lógico para analizar las insuficiencias y particularidades de la información ambiental, el método analítico sintético para el análisis, al permitir revelar los nexos

y las características de las diferentes variables estudiadas, permitiendo sintetizar la lógica investigativa utilizada durante el estudio realizado en los procesos de revisión documental, el método inductivo-deductivo para la inducción de los aspectos generales a los aspectos particulares y la deducción de los elementos encontrados durante la investigación.

Los métodos empíricos empleados fueron la observación directa en el trabajo de campo en los diferentes momentos del desarrollo, aplicación y validación de los resultados, el análisis documental para la revisión legal y el criterio de expertos para la sistematización de la información, propuesta y validación de indicadores.

Los indicadores ambientales son decisivos para medir la calidad ambiental ya que permiten evaluar el estado del medio ambiente y el impacto en él de las actividades humanas. Además, ayudan a identificar los problemas emergentes y a comunicar de manera efectiva el estado ambiental a diferentes públicos, promoviendo así la sostenibilidad y la gestión responsable. Estos indicadores pueden combinarse con instrumentos estadísticos, lo que genera la toma de decisiones en función del municipio.

Es importante resaltar que no existe una lista de indicadores universales aplicables a toda investigación, estos se seleccionan en función del objetivo esperado.

Existen varios métodos para determinar los indicadores, puede ser mediante técnicas participativas, revisiones bibliográficas, consulta a expertos, los que sirven como base para la construcción de índices con la utilización de métodos estadísticos y matemáticos para la evaluación de un fenómeno determinado. (Medina- León et al., 2014; Esparza et al., 2023; Fuentes et al., 2024).

Por ello, es necesario contar con indicadores o índices que puedan combinarse, de forma tal que generen información útil para la toma de decisiones (Peri et al. 2021; Morán, 2023; Fuentes & Fumero, 2025), aun cuando no permitan establecer de manera robusta una política de desarrollo, pero en el orden ambiental puedan brindar una tendencia sobre el deterioro o no del medio ambiente y también sobre los recursos naturales. (Reyes & Primelles, 2023; Fuentes et al., 2024).

Es común la utilización de indicadores para analizar información ambiental, no obstante, las propuestas de indicadores no siempre se sustentan en criterios científicos verdaderamente fundamentados, por lo que también se deben consultar expertos y validar sus criterios antes de ser utilizados.

Para evaluar los indicadores ambientales, se pueden emplear dos métodos: el método no agregativo y el método agregativo.

En el método no agregativo, los investigadores optan por analizar únicamente un conjunto de indicadores iniciales seleccionados, sin necesidad de combinarlos: monitoreo de ecosistemas, evaluación de especies en peligro, análisis de contaminantes (Profundo, D. E. 2021; Zaraza Aguilera, M. A. 2022).

El uso de este enfoque para la toma de decisiones, en ocasiones, no suele ser el más efectivo. Cuando se cuenta con un elevado número de indicadores, con diferencias en cuanto a sus valores, resulta complicado evaluar el desempeño de un destino, por lo cual, muchas veces, se recurre al empleo del enfoque agregativo.

El método agregativo consiste en integrar diversos indicadores o variables en un único índice o medida que sintetiza la información en un indicador sintético (IS) (Mercader Moyano, et al., 2019; Gómez et al., 2006; Herrera Quijano, et al., 2025)

En esta investigación, se emplearon un conjunto de métodos y herramientas. Por lo que, se diseñó un modelo basado en Campos & Sarduy, (2020). Este define los objetivos, los métodos, técnicas específicas y herramientas empleadas.

Para organizar el trabajo y facilitar su ejecución se desarrolló un procedimiento conformado por dos etapas: preparación inicial y selección de los indicadores para determinar calidad ambiental en el contexto municipal de forma general. Fuentes & Fumero, (2025).

Posteriormente, se seleccionaron los indicadores según criterio de expertos, que son necesarios para determinar la calidad ambiental, así como su descripción. Para ello se tomó como referencia investigaciones anteriores, Fuentes & Fumero, (2025), el equipo de expertos y las particularidades del contexto cubano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del análisis anterior y el trabajo con el equipo de expertos donde se identificaron 33 indicadores en la primera ronda, Fuentes & Fumero, (2025), relacionados con todos los recursos ambientales que se consideraron necesarios e imprescindibles para determinar la calidad ambiental, se aplicó una segunda ronda del método Delphi para lograr confiabilidad en los resultados, a través del paquete estadístico SPSS v 22, obteniendo los siguientes indicadores según la tabla 1.

Tabla 1:

Indicadores seleccionados

Aire	Suelo	Agua	Recursos combinados
Calidad del aire.	Proporción de suelos degradados	Huella hídrica	% de Superficie forestada (agua, aire, suelo y biodiversidad)
	Superficie de suelo beneficiada usando diferentes técnicas	Capacidad de presas en explotación.	Captación de carbono(Suelo y biodiversidad)
		Continuidad del sistema de acueductos y alcantarillados.	Tasa de aprovechamiento de desechos sólidos (agua, suelo y aire)
		Cobertura de agua potable	Superficie dañada por incendios forestales (agua, aire biodiversidad y suelo)
			Consumo de energía eléctrica
			Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel gubernamental. (Agua, biodiversidad, aire y suelo).
			Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel empresarial. (Agua, biodiversidad, aire y suelo).
			Gastos de inversión para la protección del medio ambiente en cuencas hidrográficas (Agua, y biodiversidad).
			Cantidad de personas capacitadas en educación ambiental (Agua, biodiversidad, aire y suelo).

			Prevalencia de casos asociados a problemas ambientales (Agua, biodiversidad, aire y suelo).
--	--	--	---

Es importante señalar, que lejos de ser una dificultad el desbalance que se aprecia en la tabla en cuanto a la cantidad de indicadores por recurso, los autores consideran que es una gran ventaja, ya que, todos los indicadores seleccionados mayoritariamente abarcan más de un recurso natural, lo que necesariamente impacta en mayor medida.

A continuación, se describen los indicadores y su forma de cálculo en la tabla 2

Tabla 2:

Descripción de los indicadores y forma de cálculo

Indicador	Forma de cálculo
Calidad del aire	$ICA = \frac{CPM10, + CPM2.5 + C03 + CNO2 + CSO2}{n}$ <p>dónde: CPM10, + CPM2.5 +C03 +CNO2 + CSO2 son las concentraciones de los contaminantes en microgramo por metro cubico ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)</p> <p>n= es el número total de contaminantes considerados.</p>
Proporción de suelos degradados	$A=R \times K \times L \times S \times C \times P$ <p>donde: A = pérdida media anual de suelo (ton/ha/ año)</p> <p>R= erosividad de la lluvia ($\text{MJ} \cdot \text{cm} \cdot \text{ha} \cdot \text{h} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)</p> <p>K= erodabilidad del suelo (ton-ha-h-MJ$^{-1}$ -cm$^{-1}$)</p> <p>L= longitud de la pendiente (m)</p> <p>S= pendiente (m/m)</p> <p>C= Cubierta vegetal y manejo</p> <p>P= prácticas de conservación.</p>
Superficie de suelo beneficiada usando diferentes técnicas	$\frac{\text{Superficie beneficiada}}{\text{Superficie Total}} \times 100$
Consumo de energía eléctrica	$\sum_i P_i \times H_i \times D_i$ <p>dónde: Pi es la potencia del equipo i en KW</p> <p>Hi es el numero promedio de horas de uso diario del equipo i</p>

	<p>Di es el número promedio de días de uso mensual del equipo i</p> <p>Para un municipio se sumaría el consumo de todos los sectores:</p> <p>Consumo total= $\sum_{sectores} Consumo\ eléctrico\ del\ sector$</p> <p>Además, se pueden considerar factores como la población, el número de hogares y el tipo de industrias presentes para ajustar las estimaciones.</p>
Capacidad de presas en explotación.	$Eh + Rv - B = \Delta V$ dónde: Eh= Es la entrada de agua Rv= Es la recarga B = extracción ΔV = es el cambio en el volumen de agua en el acuífero
Continuidad en el sistema de acueductos y alcantarillados.	Ecuación de continuidad: Para cada nodo, la suma de los caudales entrantes debe ser igualar la suma de caudales salientes, considerando demanda y fugas. $\sum Q_{\text{entrantes}} - \sum Q_{\text{saliente}} = 0$
Cobertura de agua potable	$1.- \text{ Cobertura de agua potable} = \frac{\text{Población servida de agua potable}}{\text{Población total}} \times 100$
Huella hídrica	<p>Huella hídrica Total = Huella Hídrica Azul+ Huella Hídrica Verde+ Huella Hídrica Gris.</p> <p>dónde: Huella Hídrica Azul: agua extraída de fuentes superficiales o subterráneas</p> <p>Huella Hídrica Verde: Agua de lluvia que se utiliza en procesos agrícolas y no se almacena en masas de agua.</p> <p>Huella Hídrica Gris: Agua necesaria para diluir contaminantes y devolver el agua a un estado limpio.</p>
% de superficie forestada (PSB)	$\text{PSB} = \frac{(\text{Superficie forestada})}{\text{Superficie Total}}$ <p>dónde: PSB % es el porcentaje de la superficie forestal</p> <p>Superficie forestal: Se refiere a las áreas con cobertura forestal</p> <p>Superficie total es la extensión total del área considerada.</p>

Cálculo de la captación de carbono	$CC = 0.18 \times Di^2 \times ht - 0.04$ <p>dónde: CC representa el contenido de carbono (en toneladas). Este modelo ha mostrado un alto ajuste con un coeficiente de determinación R^2 de 0.98, indicando su efectividad en estimaciones de carbono secuestrado en plantaciones.</p>
Tasa de aprovechamiento de los desechos sólidos	$TA = \frac{RA}{RG} \times 100$ <p>dónde: TA = tasa de aprovechamiento RA = Toneladas de residuos aprovechados, reciclados y reutilizados. RG = son las toneladas de residuo generados.</p>
Superficie dañada por incendios forestales	<p>Índice normalizado de área quemada= $(NIR-SWIR) / NIR+SWIR$</p> <p>donde:</p> <p>NIR: Banda de infrarrojo cercano</p> <p>SWIR: Banda de infrarrojo de Onda Corta.</p>
Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel gubernamental.	$G = C + R + I + E$ <p>dónde: G= Gastos totales en inversión ambiental. C= Costos de conservación y restauración de ecosistemas R= Gasto en gestión y tratamiento de residuos I= Inversiones en infraestructura ambiental (como plantas de tratamiento) E= Erogaciones en educación y sensibilización ambiental</p>
Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel empresarial.	$G = I + R + W$ <p>dónde: G= Gastos totales en inversión ambiental I= Inversiones en tecnologías limpias y sostenibles. R= Costos de recuperación y tratamiento de residuos. W= Gastos en capacitación y cotización ambiental del personal.</p>
Gastos de inversión para la protección del medio ambiente en cuencas hidrográficas	$\sum_{i=1}^n (C_i + M_i + E_i)$ <p>dónde: G= Gasto total de inversión Ci= Costos de conservación (reforestación, restauración de ecosistemas)</p>

	<p>Mi= Costos de mantenimiento (monitores, mantenimiento de infraestructuras)</p> <p>Ei = Costos de educación y sensibilización (programas de capacitación y concientización).</p>
Cantidad de personas capacitadas en educación ambiental	En este indicador se tiene en cuenta el formulario 211-MA-29-01 del SIEC Educación ambiental en el contexto de los marcos estratégicos nacionales y en él la información sobre el total de personas capacitadas.
Prevalencia de casos asociadas a problemas ambientales	Este indicador mide la cantidad de casos existentes de un problema, enfermedad o condición en una población específica en un momento o periodo determinado. Es un indicador epidemiológico que refleja que tan extendido está un fenómeno en un grupo de personas, sin importar cuando comenzó cada caso.

Es importante distinguir que los trabajos analizados tratan de forma general el tema, sin aportar instrumentos para el municipio, (Bonet & Rodríguez 2012, Dane 2014, Peri et al. 2021, Morán 2023). Por esta razón, no se observan procedimientos, metodologías o indicadores específicos que permitan evaluar la calidad ambiental Reyes & Primelles (2023), Fuentes et al. (2024). Con este sistema de indicadores se logra evaluar el estado actual del medio ambiente y los impactos del hombre al mismo, así como las principales causas que provocan la contaminación al medio ambiente.

CONCLUSIONES

Los indicadores ambientales a nivel municipal permiten detectar la heterogeneidad espacial de la calidad ambiental, proporcionando una herramienta objetiva para que los gestores públicos prioricen intervenciones según las variables que más afectan el entorno, optimizando así la asignación de recursos y el impacto de las políticas ambientales.

A partir de indicadores simples, validados científicamente y adaptados al contexto local, se sigue y evalúa la situación ambiental municipal, contribuyendo a la toma de decisiones para mejorar el desarrollo sostenible y reducir impactos negativos a nivel local.

La construcción y aplicación de indicadores para evaluar la calidad ambiental a escala municipal representa un avance significativo hacia una gestión ambiental más efectiva y localizada, sin embargo, se requiere profundizar en indicadores adaptativos que integren variables emergentes y la

participación ciudadana para responder con mayor precisión a los desafíos ambientales cambiantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaide Orpí, J., Jaimez Salgado, E., Olivera Acosta, J., Valdés Hernández, G., Díaz, J. R., De Terán, M., & Soto Torres, J. (2006). Sistema de indicadores para la evaluación de la calidad ambiental del municipio Bauta, la Habana, Cuba. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 10(41-ESPECIAL), 263-268.
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212006000500003
- Bonet Agustí, L., & Rodríguez Taylor, E. C. (2012). Guía para la construcción de Indicadores de Gestión. <https://observatoriocultural.udgvirtual.udg.mx/repositorio/handle/123456789/358>
- Campos, M. R. M., & Sarduy, M. I. R. (2020). Dimensión ambiental del desarrollo local y comunitario. La experiencia cubana. *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 8 (Especial No.1). <https://cuba.vlex.com/vid/dimension-ambiental-desarrollo-local-873923014>
- CITMA. (2021). Estrategia Ambiental Nacional (EAN) 2021-2030, Etapa 2021-2025.
<https://www.citma.gob.cu/estrategia-ambiental-nacional/>
- CITMA. (2024). Estrategia Ambiental Nacional <https://www.citma.gob.cu/estrategia-ambiental-nacional/>
- Dane, D. (2014). Guía para diseño, construcción e interpretación de indicadores. https://www.dane.gov.co/files/planificacion/fortalecimiento/cuadernillo/Guia_construccion_interpretacion_indicadores.pdf
- Del Frari, M. J. (2022). Políticas fiscales y medioambiente: factibilidad de la implementación de tributos ambientales en la Municipalidad de Viedma (Doctoral Tesis). <http://rid.unrn.edu.ar:8080/handle/20.500.12049/9168>
- Esparza, K., Campoverde, K., & Correa-Quezada, R. (2023). Índice de Desarrollo de las Regiones de Ecuador. *Revista Economía y Política*, (37), 18-30.
<https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/REP/article/view/4346>
- Fernández-Rodríguez, M., & Guardado-Lacaba, R. M. (2021). Evaluación del índice de calidad del agua (Icasup) en el río Cabaña, Moa-Cuba. *Minería y Geología*, 37(1), 105-119. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1993-80122021000100105&script=sci_arttext
- Fuentes Díaz, D., Rodríguez Vázquez, M., & López Bastida, E. J. (2024). Indicadores de calidad ambiental en función del desarrollo local en la empresa Astilleros Centro. *Revista Universidad y Sociedad*, 16(2), 223-231. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202024000200223&script=sci_abstract

- Fuentes, D. & Fumero, T. R. (2025). Propuesta de indicadores para determinar la calidad ambiental como contribución al desarrollo local. *Revista Científica Agroecosistemas*, 13, e750-e750. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/750>
- Gómez, J.; Paralela, J. y Martín, J. A. "Métodos de inferencia estadística con datos faltantes. Estudio de Simulación sobre los efectos en las estimaciones". *Revista Estadística Española*, 162, 241-270, 2006. https://www.ine.es/art/ree/162_2.pdf
- Herrera Quijano, S., Bautista Santana, O. I., & Hernández Sánchez, J. C. (2025). Evaluación del impacto climático en la erosión del suelo del departamento del Tolima usando modelamiento Machine Learning.
- Huanca-Arohuanca, J. W., Pinazo, S. B. B., Quispe, L. A. S., & Condori, F. S. (2020). Evaluación y monitoreo de la calidad ambiental del agua en el proyecto sistema de riego Canal N, provincia de Melgar-Puno, Perú. *Ciencia & Desarrollo*, (26), 88-96. <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/936>
- Lugioyo, G. M., González, D., & López, I. G. (2020). Evaluación de la calidad del agua de los arrecifes del golfo de Cazones, sur de Cuba, a partir de algunos indicadores microbiológicos y químicos. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 12(1), 9-26. <https://www.redalyc.org/journal/6337/633767926001/html/>
- Medina-León, A., Ricardo-Alonso, A., Piloto-Fleitas, N., Nogueira-Rivera, D., Hernández-Nariño, A., & Cuétara-Sánchez, L. (2014). Índices integrales para el control de gestión: consideraciones y fundamentación teórica. *Ingeniería Industrial*, 35(1), 94-104. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S181559362014000100010&script=sci_arttext&tlang=pt
- Mercader Moyano, M. D. P., Camporeale, P. E., & Cázar-Cázar, E. (2019). Evaluación de impacto ambiental mediante la introducción de indicadores a un modelo BIM de vivienda social. *Revista hábitat sustentable*, 9(2), 78-93. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-07002019000200078&script=sci_arttext
- Morán, R. G. (2023). Estudio comparativo de sistemas constructivos a través de indicadores de sustentabilidad ambiental. <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/51908>
- Muñoz, J. C. (2023). Apoyo en las acciones de control y seguimiento ambiental llevadas a cabo desde la secretaría de medio ambiente del municipio de envigado. <https://dspace.tdea.edu.co/entities/publication/b1155552-04ef-41de-b53b-c72b6562493e>
- Najar Marín, E. (2024). Gestión ambiental municipal en el manejo de residuos sólidos urbanos en Castilla-Piura, 2023. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_ea93b2da170de70143aecb8e89f67617
- Narváez Castro, M. (2024). Estudio de caso de los efectos de la formalización minera en el desarrollo

económico y social Municipio de Boavita-Boyacá 2018-2022.
<https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/ac9c261d-d75d-457a-bc8c-2453d1c0b452>

Palaquibay, L. F. L., Moreno, F. I. H., Parra, J. F. E., López, D. C. C., Román, J. F. C., & Pilco, A. M. S. (2023). Indicadores de calidad ambiental urbana, a partir de imágenes de satélite en la ciudad de Riobamba-Ecuador. *Domino de las Ciencias*, 9(1), 1207-1239.
<https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3248>

Peri, P. L., Galetto, L., Villagra, P. E., Politi, N., Campanello, P. I., Amoroso, M. M., & Martínez Pastur, G. J. (2021). Recomendaciones generales para el manejo y la conservación futura del bosque nativo en la Argentina. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/186522?show=full>

Profundo, D. E. (2021). Mecanismo y Cinética de la Formación Electroquímica de Nanopartículas de Pd sobre Carbono Vítreo, a partir de un. OXIDACIÓN ELECTROQUÍMICA DE ÁCIDO FÓRMICO USANDO NANOPARTÍCULAS DE Pd Y PdFe. INFLUENCIA DEL MÉTODO DE SÍNTESIS Y DEL SOPORTE CARBONOSO, 187.

Reyes Artiles, G., & Primelles Fariñas, J. (2023). Marco conceptual y metodológico del sistema de indicadores para el monitoreo de los ecosistemas marino-costeros del norte de Camagüey. *Retos de la Dirección*, 17(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-91552023000200001

Rodríguez Heredia, D., Calzado Lamela, O., Noguera Araujo, A. L., Córdova Rodríguez, V., & Arias Lafargue, T. (2020). Evaluación de la calidad de las aguas residuales de la Empresa Procesadora de Soya de Santiago de Cuba. *Tecnología Química*, 40(3), 598-610.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S222461852020000300598&script=sci_arttext&tlang=pt

Zaraza Aguilera, M. A. (2022). Metodología para la generación (detección y clasificación) de cambios de cobertura de la tierra mediante el análisis de imágenes multilaterales basada en algoritmos de deep learning