

## Propuesta

de indicadores para determinar la calidad ambiental como contribución al desarrollo local

*Proposal of indicators to determine environmental quality as a contribution to local development*

Recibido: 25/01/25

Aceptado: 10/02/25

Publicado: 19/03/25

Damarys Fuentes Díaz<sup>1\*</sup>

E-mail: [damarysf@ucf.edu.cu](mailto:damarysf@ucf.edu.cu)

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

Teresita Roldán Fumero<sup>2</sup>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2410-3524>

Eduardo Julio López Bastida<sup>1</sup>

E-mail: [kuten@ucf.edu.cu](mailto:kuten@ucf.edu.cu)

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

<sup>1</sup> Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Cuba.

<sup>2</sup> Dirección Provincial de Viviendas, Cienfuegos, Cuba.

\*Autor para correspondencia

### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Fuentes Díaz, D., Roldán Fumero, T. y López Bastida, E. J. (2025). Propuesta de indicadores para determinar la calidad ambiental como contribución al desarrollo local. *Revista Científica Agroecosistemas*, 13, e750. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/750>

### RESUMEN

Los indicadores para determinar la calidad ambiental son instrumentos que permiten evaluar el estado del medio ambiente a través de diversas variables, estos son esenciales para informar decisiones políticas y fomentar la participación ciudadana en la gestión ambiental. Los indicadores ambientales permiten evaluar y monitorear la sostenibilidad de los recursos naturales y su relación con las actividades humanas y son esenciales para la toma de decisiones en políticas públicas y gestión ambiental a diferentes niveles desde lo local hasta lo nacional, en este sentido, se desarrolla la presente investigación que tiene como objetivo proponer un sistema de indicadores que permita determinar la calidad ambiental de un municipio en el contexto cubano. Para la confección del sistema de indicadores se tomó el enfoque metodológico novedoso propuesto en el proyecto ELANEM (Red Euro-Latinoamericana de Monitorización y Evaluación Ambiental) aplicado por un equipo multidisciplinario de diez universidades y centros de investigación europeos y Latinoamericanos dentro del programa INCO de la Unión Europea. Como resultado de la investigación se obtiene un sistema de 33 indicadores para evaluar la calidad ambiental basada en criterios de selección fundados en la confiabilidad y disponibilidad de los datos, la relación con los problemas y la utilidad para el usuario.

### Palabras clave:

Calidad ambiental, Cambio climático, Indicadores ambientales.

### ABSTRACT

Indicators to determine environmental quality are instruments that allow evaluating the state of the environment through different variables; they are essential to inform political decisions and encourage citizen participation in environmental management. Environmental indicators make it possible to evaluate and monitor the sustainability of natural resources and their relationship with human activities and are essential for decision making in public policies and environmental management at different levels from local to national, in this sense, the present research is developed with the objective of proposing a system of indicators to determine the environmental quality of a municipality in the Cuban context. For the preparation of the system of indicators, the novel methodological approach proposed in the ELANEM project (Euro-Latin American Network for Environmental Monitoring and Evaluation) applied by a multidisciplinary team of ten European and Latin American universities and research centers within the INCO program of the European Union was used. The result of the research is a system of 33 indicators to evaluate environmental quality based on selection criteria based on the reliability and availability of the data, the relationship with the problems and the usefulness for the user.

### Key words:

Environmental Quality, Climate Change, Environmental Indicators.

## INTRODUCCIÓN

La primera década del siglo XXI se ha caracterizado por la complejidad de los procesos asociados al desarrollo y el recrudecimiento de la problemática ambiental global. (Márquez et al. 2021). Reviste especial importancia ante este desafío la necesidad de transitar hacia un Desarrollo Local (DL), en los diversos territorios de las regiones del planeta, de manera que se articulen nuevas soluciones para contribuir al alcance de las metas expresadas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), (Agenda 2030), pautados por la Organización de Naciones Unidas (ONU). Bosch, & Jiménez, (2020).

Impulsar el desarrollo requiere un enfoque integral que incluya la participación activa de la comunidad, inversión en infraestructura, educación sostenibilidad y salud. Al implementar estas estrategias, se puede crear un entorno favorable para el crecimiento económico y social, mejorando así la calidad de vida de los habitantes y asegurando un futuro sostenible. Díaz-Canel & Fernández (2020), Santamaría et al. (2023), Martínez et al. (2024), Arronte et al. (2024).

Desde la Agenda 21 el DL se concreta como el compromiso municipal de estimular de forma estructurada y planificada el desarrollo de medidas encaminadas a hacer compatibles el medio ambiente con el desarrollo económico y social del propio municipio. Pretende también dotar a las entidades gubernamentales de una herramienta útil, eficaz, concreta y operativa que sirva para favorecer el desarrollo de las capacidades económicas locales y establecer a su vez políticas ambientales. Ortiz & Alejandre, (2020), Del Frari (2022), Muñoz (2023), Narváez (2024).

La Estrategia Ambiental Nacional en Cuba se aprueba desde 1997 es un marco de referencia que establece los lineamientos y prioridades para el desarrollo sostenible del país, en consonancia con los objetivos de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se enfoca en el fortalecimiento de la gestión ambiental y el uso eficiente de los recursos naturales, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población, promover la equidad social y preservar el patrimonio natural y cultural de la nación.

En el actual periodo 2021-2026, la estrategia ambiental nacional definió tres direcciones estratégicas: garantizar el crecimiento económico considerando el uso racional de los recursos naturales, la disminución de los impactos ambientales y la degradación del medio ambiente, asegurar la conservación, la restauración y uso sostenible de los ecosistemas terrestres y marinos para evitar los efectos adversos, aumentar su resiliencia, recuperar su salud y productividad y 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.

Para la medición de cada una de estas direcciones estratégicas se han establecido tres indicadores sintéticos o integrados: la Huella Ecológica (IHE), el Índice de Resiliencia Climática y el Índice de Calidad Ambiental (ICA), lo que no se dice en este caso es como determinar cada uno de estos indicadores.

El ICA es una herramienta de gestión que puede utilizarse como un instrumento para la toma de decisiones en la aplicación de políticas públicas. Expresa, por definición, las características cualitativas y/o cuantitativas inherentes al ambiente en general o medio particular, y su relación con la capacidad relativa de éste para satisfacer las necesidades del hombre y/o de los ecosistemas, evalúa además 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 (2021).

Otra de las metodologías consultadas fue el Índice de Desempeño Ambiental, proyecto este liderado por el centro de Yale de Derecho Ambiental y Política de la Universidad de Columbia y que permite evaluar y ubicar a las naciones por sus logros en las cuestiones medioambientales de alta prioridad en dos áreas particulares: la salud humana y la protección del ecosistema.

En general los países de América Latina y el Caribe utilizan el marco ordenador de tema y subtema, adaptado a sus prioridades nacionales o locales según corresponda.

Autores como Hernández (2016), Velázquez-Mar & Salazar-Solano (2019), Huanca-Arohuanca et al. (2020), Almendariz et al. (2022), Palaquibay et al. (2023), Balbín (2024), Najar (2024), Condezo & Alarcón (2024), han trabajado la calidad ambiental en el mundo, los estudios han estado enfocados en dos elementos fundamentalmente: indicadores específicos y determinados recursos ambientales, Lugojoyo et al. (2020), Rodríguez & et al (2020), Fernández-Rodríguez & Guardado-Lacaba (2021), pero en ninguno se distingue ni se concretan elementos que aporten información para determinar la calidad ambiental en el territorio.

El análisis de los antecedentes muestra como cada uno de ellos coincide 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 mantener su salud y calidad de vida.

Cuba no ha estado ajena a la temática, Alcaide Orpí et al. (2006), reconoce 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.

Tanto en las investigaciones del mundo como en las de Cuba muestran coincidencias en la importancia de cuantificar los indicadores de calidad ambiental para ayudar a una mejor gestión de los recursos naturales y sistematizar la información relacionada con los distintos aspectos del medio ambiente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los indicadores ambientales son decisivos para medir la calidad ambiental ya que permiten evaluar el estado del medio ambiente y el impacto 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 desarrollo local.

Implantar un sistema de indicadores (Cerdá, 2014; Aguiar, 2016), Salazar-Acuña (2020), Lorenzo (2020), Velázquez & Tocuyo (2021), es clave para poder llevar una buena calidad. Los indicadores ambientales, Calle & Orozco (2022), Martín & Montico (2023), deben reunir ciertas características como son las siguientes:

- ser científicamente válidos,
- estar basados en un conocimiento completo del sistema descritos,
- ser representativos,
- ser sensibles a los cambios que se produzcan en el medio relacionado,
- estar basados en datos fiables,
- ser predictivos y comparables,
- presentar un buen equilibrio coste-efectividad.

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

Pueden ser determinados mediante técnicas participativas, revisiones bibliográficas, consulta a expertos, los que sirven como base para la construcción de índices (Contreras et al. 2004, Grisales 2009, León et al. 2011, Viteri-Moya et al. 2012, Bonet & Rodríguez 2012, Medina-León et al. 2014, Ribot 2015, Mercado & Soberna 2016, Villamizar & Barbosa-Chacón, 2017), con la utilización de métodos estadísticos y matemáticos para la evaluación de un fenómeno determinado. Esparza et al. (2023).

Por ello es necesario contar con indicadores o índices que puedan combinarse, de forma tal que generen información útil para la toma de decisiones (Bonet & Rodríguez 2012, Dane 2014, Peri et al. 2021, Morán 2023), 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).

Es común la utilización de indicadores para analizar información ambiental tal y como se ha comprobado en la bibliografía consultada, 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 dar solución al problema planteado y cumplir los objetivos de la investigación, se emplearon un conjunto de métodos y herramientas que viabilizaron el cumplimiento de cada uno de los pasos descritos en el procedimiento propuesto. Por lo que fue necesario diseñar un modelo de la investigación, basado en (Campos & Marill, 2017). Este define los objetivos, los métodos, técnicas específicas y herramientas empleadas durante la investigación.

Para organizar el trabajo y facilitar su ejecución se desarrolló un procedimiento conformado por tres etapas: preparación inicial, identificación de los indicadores para determinar calidad ambiental en el contexto municipal y descripción de los indicadores.

Posteriormente se identificaron los indicadores que pudieran servir para determinar la calidad ambiental. Para ellos se tomó como referencia el análisis bibliográfico en investigaciones internacionales, además se realiza una tormenta de ideas con el equipo de expertos que inciden también según las particularidades del contexto cubano. Se realiza una revisión exhaustiva de las experiencias internacionales incluyendo América Latina y el Caribe.

Para llevar a cabo la recogida de la información y poder confeccionar bases de datos suficientemente objetivas que posibiliten la validación del sistema de indicadores de calidad ambiental propuesto, se utilizó el método histórico lógico y la medición, éste permitió recoger los datos referidos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del análisis de diferentes metodologías, instrumentos legales, guías y el trabajo con el equipo de expertos se identificaron y clasificaron 50 indicadores relacionados con todos los recursos ambientales que los expertos consideraron necesarios e imprescindibles para determinar la calidad ambiental, estos se resumen en la tabla 1.

**Tabla 1:** Listado de indicadores.

Nº	Indicador final
I <sub>1</sub>	Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
I <sub>2</sub>	Consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono.
I <sub>3</sub>	Extracción de agua por destinos.
I <sub>4</sub>	Cantidad y capacidad de presas en explotación.
I <sub>5</sub>	Sistema de acueductos y alcantarillados.
I <sub>6</sub>	Suelos degradados.
I <sub>7</sub>	Principales factores limitantes edáficos.
I <sub>8</sub>	Superficie de suelo beneficiada
I <sub>9</sub>	Uso de la tierra adecuado.
I <sub>10</sub>	Superficie forestada.
I <sub>11</sub>	Diversidad de la biota cubana y endemismo.
I <sub>12</sub>	Especies marinas con restricción de explotación.
I <sub>13</sub>	Sostenibilidad de las producciones pesqueras.
I <sub>14</sub>	Consumo de energía per cápita.
I <sub>15</sub>	Indicador de desempeño energético de la producción y los servicios.
I <sub>16</sub>	% de pérdidas energéticas.
I <sub>17</sub>	% de la demanda cubierta con FREs
I <sub>18</sub>	% de sistema de tratamiento de aguas residuales que cumplen la norma de vertimiento.
I <sub>19</sub>	Intensidad energética
I <sub>20</sub>	Afectaciones por ciclones tropicales.
I <sub>21</sub>	Incendios forestales y pérdidas.

I <sub>22</sub>	Volumen de desechos sólidos generados
I <sub>23</sub>	Cobertura de agua potable y saneamiento.
I <sub>24</sub>	Tratamiento y recolección de desechos sólidos.
I <sub>25</sub>	Producción de materias primas recicladas.
I <sub>26</sub>	Áreas verdes existentes en el municipio
I <sub>27</sub>	Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel gubernamental.
I <sub>28</sub>	Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel empresarial.
I <sub>29</sub>	Gastos de inversión para la protección del medio ambiente en cuencas hidrográficas
I <sub>30</sub>	Gastos en ciencia y tecnología dedicados al medio ambiente.
I <sub>31</sub>	Manejo Integral de cuencas hidrográficas y zonas costeras.
I <sub>32</sub>	Inversiones para el medio ambiente por actividades, en cuencas y bahías.
I <sub>33</sub>	La contaminación sonora
I <sub>34</sub>	% de controles de la actividad reguladora ambiental donde no se detectan violaciones.
I <sub>35</sub>	Áreas protegidas con reconocimiento ambiental.
I <sub>36</sub>	Estado de la biodiversidad.
I <sub>37</sub>	Calidad del aire.
I <sub>38</sub>	Huella hídrica.
I <sub>39</sub>	Aguas subterráneas en explotación.
I <sub>40</sub>	Tráfico ilegal de especies protegidas
I <sub>41</sub>	Reconocimiento ambiental otorgado al municipio.
I <sub>42</sub>	Reducción de fuentes contaminantes.
I <sub>43</sub>	Disponibilidad del agua superficial
I <sub>44</sub>	Uso eficiente del agua superficial
I <sub>45</sub>	Disponibilidad del agua subterránea
I <sub>46</sub>	Uso eficiente del agua subterránea
I <sub>47</sub>	Superficie de manglar recuperado contra el total de superficie a reforestar
I <sub>48</sub>	Superficie reforestada en los embalses, canales, franjas hidroreguladoras, en cuencas y ríos principales
I <sub>49</sub>	Removidos en toneladas de CO <sub>2</sub> atmosférico
I <sub>50</sub>	Cálculo de la captación de carbono

Fuente: Elaboración propia

Una vez que se obtienen estos indicadores, se aplicó el método Delphi para minimizar los sesgos individuales y mejorar la calidad de las decisiones mediante la recolección de opiniones a través de rondas iterativas de cuestionarios, las valoraciones de los expertos por cada uno de los indicadores se someten a la prueba de concordancia W de Kendall procesado en el programa SPSS versión 22.0.

Considerando los resultados obtenidos en la primera ronda se realiza un análisis del procesamiento estadístico a partir de los criterios de los expertos. Los indicadores con un menor rango promedio se decide eliminarlos y se modificó la forma de redacción de algunos indicadores según criterio de expertos.

En la tabla 2 se listan los indicadores identificados como más significativos según los expertos.

**Tabla 2:** Listado de indicadores después de aplicado el método Delphi.

Nº	Indicadores
I <sub>1</sub>	Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
I <sub>2</sub>	Calidad del aire.
I <sub>3</sub>	Cálculo de la captación de carbono
I <sub>4</sub>	Suelos degradados.
I <sub>5</sub>	Superficie de suelo beneficiada.
I <sub>6</sub>	Uso de la tierra según clasificación de la FAO.
I <sub>7</sub>	Superficie forestada
I <sub>8</sub>	Tratamiento y recolección de desechos sólidos.
I <sub>9</sub>	Cantidad y capacidad de presas en explotación.
I <sub>10</sub>	Sistema de acueducto y alcantarillados
I <sub>11</sub>	% de sistema de tratamiento de aguas residuales que cumplen la norma de vertimiento
I <sub>12</sub>	Cobertura de agua potable y saneamiento
I <sub>13</sub>	Manejo Integral de cuencas hidrográficas y zonas costeras.
I <sub>14</sub>	Huella hídrica.
I <sub>15</sub>	Aguas subterráneas en explotación
I <sub>16</sub>	Tráfico ilegal de especies protegidas
I <sub>17</sub>	Consumo de energía per cápita
I <sub>18</sub>	Superficie reforestada en los embalses, canales, franjas hidroreguladoras , en cuencas y ríos principales
I <sub>19</sub>	Indicador de desempeño energético de la producción y los servicios.
I <sub>20</sub>	% de la demanda cubierta con FREs
I <sub>21</sub>	Afectaciones por ciclones tropicales.
I <sub>22</sub>	Incendios forestales y pérdidas.
I <sub>23</sub>	Volumen de desechos sólidos generados
I <sub>24</sub>	Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel gubernamental.
I <sub>25</sub>	Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel empresarial
I <sub>26</sub>	Reducción de fuentes contaminantes
I <sub>27</sub>	Gastos de inversión para la protección del medio ambiente en cuencas hidrográficas
I <sub>28</sub>	Gastos en ciencia y tecnología dedicados al medio ambiente.
I <sub>29</sub>	La contaminación sonora
I <sub>30</sub>	% de controles de la actividad reguladora ambiental donde no se detectan violaciones
I <sub>31</sub>	Áreas protegidas con reconocimiento internacional
I <sub>32</sub>	Estado de la biodiversidad
I <sub>33</sub>	Reconocimiento ambiental otorgado al municipio

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se relacionan los indicadores y la forma en que se calculan para conservar en la documentación:

1. Indicador: Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. (GEI), se calcula según la expresión 1

**Descripción:** Implica la gestión para disminuir los niveles de estos gases en la atmosfera que son responsables del cambio climático.

**Forma de cálculo:**

$$\text{Reducción} = \frac{\text{ECF} - \text{EC}}{\text{ECF}} \quad (1)$$

dónde: ECF = Son las emisiones de referencia (combustibles fósiles)

EC = Son las emisiones tras el cambio a una fuente más limpia como la biomasa

2. Indicador: Calidad del aire, se calcula según la expresión 2

**Descripción:** Se refiere a la pureza del aire, determinada por la concentración de contaminantes en la atmosfera, Para medirla, se utiliza el Índice de Calidad del Aire (ICA), que clasifica la calidad en seis categorías: Buena (verde), Razonablemente buena (amarillo), Regular (naranja); Desfavorable (rojo), Muy desfavorable (granate), Extremadamente desfavorable (morado)

**Forma de cálculo:**

$$\text{ICA} = \frac{\text{CPM}_{10} + \text{CPM}_{2.5} + \text{CO}_3 + \text{CNO}_2 + \text{CSO}_2}{n} \quad (2)$$

dónde: CPM<sub>10</sub>, + CPM<sub>2.5</sub> + CO<sub>3</sub>+ CNO<sub>2</sub> + CSO<sub>2</sub> son las concentraciones de los contaminantes en microgramo por metro cubico (µg / m<sup>3</sup>)

n = es el número total de contaminantes considerados.

3. Indicador: Cálculo de la captación de carbono, se calcula según la expresión 3

**Descripción:** Se refiere a la estimación de la cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que los ecosistemas, como bosques y suelos, pueden absorber a través de procesos naturales como la fotosíntesis. Este cálculo implica evaluar las absorciones y emisiones de carbono, considerando factores como el crecimiento de la biomasa y las pérdidas por mineralización y respiración. Si las absorciones superan las emisiones, el ecosistema actúa como un sumidero de carbono, si no, se considera una fuente.

**Forma de cálculo:** Para calcular la captación de carbono en la biomasa, se utilizan ecuaciones alométricas que relacionan el diámetro del tronco (Di) y la altura total (ht) del árbol.

$$\text{CC} = 0.18 \times \text{Di}^2 \times \text{ht} - 0.04 \quad (3)$$

dónde: CC representa el contenido de carbono (en toneladas). Este modelo ha mostrado un alto ajuste con un coeficiente de determinación R<sup>2</sup> de 0.98, indicando su efectividad en estimaciones de carbono secuestrado en plantaciones.

4. Indicador: Suelos degradados, se calcula según la expresión 4

**Descripción:** Es la pérdida de las cualidades físicas, químicas, biológicas, lo que afecta su capacidad para producir bienes y servicios. Tipos de degradación: erosión, degradación física, degradación química, degradación biológica.

**Forma de cálculo:**

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (4)$$

dónde: A= Pérdida de suelo (t / ha / año)

R= Factor de erosividad de la lluvia (Mj mm/ ha / año)

K = Factor de erodabilidad del suelo (t / ha) / Mj. Mm / ha.h)

L= Factor de longitud del terreno (adimensional)

C= Factor de cobertura y manejo del suelo (adimensional)

P= Factor de prácticas de conservación (adimensional)

5. Indicador: Superficie de suelo beneficiada, se calcula según la expresión 5

**Descripción:** Se refiere al porcentaje del área total de un terreno que ha sido mejorada o protegida mediante prácticas agrícolas sostenibles como la implantación de coberturas vegetales.

**Forma de cálculo:**

$$\text{Porcentaje de superficie beneficiada} = \frac{\text{Superficie beneficiada}}{\text{Superficie Total}} \times 100 \quad (5)$$

dónde: superficie beneficiada= es el área que ha recibido algún tipo de mejora o tratamiento

Superficie total= Es el área total del terreno considerado.

6. Indicador: Uso de la tierra, se calcula según la expresión 6

**Descripción:** Se refiere a la gestión y planificación de los recursos terrestres de manera sostenible, asegurando que se maximice su potencial sin comprometer el medio ambiente ni la calidad de vida de las generaciones futuras

**Forma de cálculo:**  $A = C / R \quad (6)$

Dónde: A= Adecuación de la tierra

C= Características del suelo

R= Requerimientos del uso

7. Indicador: Superficie forestada, se calcula según la expresión 7

**Descripción:** La superficie forestada se refiere a las áreas cubiertas por bosques definidos por la FAO y vegetación arbórea que son cruciales para la biodiversidad, el ciclo del agua y la mitigación del cambio climático.

**Forma de cálculo:**  $g = \frac{\pi}{4} \times d^2 \quad (7)$

g = es el área basimétrica

d= diámetro del árbol del árbol a 1.30 m de altura. Para obtener el área total de un bosque se suman las áreas basimétrica de todos los árboles de una hectárea.

8. Indicador: Tratamiento y recolección de desechos sólidos, se calcula según la expresión 8

**Descripción:** El tratamiento y recolección de desechos sólidos implica un conjunto de procesos destinados a manejar los residuos generados por actividades humanas, este proceso incluye la recolección de residuos en contenedores que puede ser general o selectiva y su posterior transporte a plantas de tratamiento

**Forma de cálculo:** 
$$GPC = \frac{Wt}{Nt} \times 100 \quad (8)$$

dónde: GPC= es la generación per cápita. Wt = es el peso total del residuo

Nt = número total de personas

9. Indicador: Cantidad y capacidad de presas en explotación, se calcula según la expresión 9

**Descripción: Cantidad** se refiere al número total de presas operativas y su capacidad de almacenamiento de agua.

**Forma de cálculo:**

$$Eh + Rv - B = \Delta V \quad (9)$$

dónde: Eh= Es la entrada de agua

Rv= Es la recarga

B = extracción

$\Delta V$  = es el cambio en el volumen de agua en el acuífero

10. Indicador: Sistema de acueductos y alcantarillados, se calcula según la expresión 10

**Descripción:** Es un conjunto de infraestructuras que transportan agua cruda desde fuentes hasta puntos de consumo, incluyendo captaciones, tuberías y plantas de tratamiento.

**Forma de cálculo:** Ecuación de continuidad: Para cada nodo, la suma de los caudales entrantes debe ser igualar la suma de caudales salientes, considerando demanda y fugas.

$$\sum Q \text{ entrantes} - \sum Q \text{ saliente} = 0 \quad (10)$$

11. Indicador: % de sistema de tratamiento de aguas residuales que cumplen la norma de vertimiento, se calcula según la expresión 11

**Descripción:** Indica la necesidad urgente de mejorar la infraestructura y el cumplimiento normativo en el tratamiento de aguas residuales

**Forma de cálculo:**

$$\text{Porcentaje de cumplimiento} = \frac{\text{número de sistemas de cumplimiento}}{\text{número total de sistema}} \times 100 \quad (11)$$

12. Indicador: Cobertura de agua potable y saneamiento, se calcula según la expresión 12 y 13.

**Descripción:** Es el porcentaje de la población que tiene acceso a agua distribuida a través de redes de tubería en sus hogares

Forma de cálculo:

a) **Cobertura de agua potable** = 
$$\frac{\text{población servida de agua potable}}{\text{población total}} \times 100 \quad (12)$$

b) **Cobertura de alcantarillado** = 
$$\frac{\text{población servida de alcantarillado}}{\text{población total}} \times 100 \quad (13)$$

13. Indicador: Manejo Integral de cuencas hidrográficas y zonas costeras, se calcula según la expresión 14

**Descripción:** Es un enfoque que busca sostenibilidad ambiental y el desarrollo socioeconómico en áreas interrelacionadas. Este enfoque reconoce que las cuencas hidrográficas y las zonas costeras están intrínsecamente conectadas, especialmente en regiones como el Caribe, donde las cuencas son pequeñas y los tiempos de tránsito del agua son cortos. Conceptos Clave: Manejo integrado de zonas costeras (MIZC), Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas (CNCH), Desafíos y Oportunidades.

**Forma de cálculo:** 
$$M = (R + E + S) - I \quad (14)$$

dónde: M= es el manejo integral

R = Representa los recursos hídricos disponibles. E = la evaluación de los ecosistemas

S son los servicios eco sistémicos proporcionados

I es la intervención humana negativa (contaminación, urbanización)

14. - Indicador: Huella hídrica, se calcula según la expresión 15

**Descripción:** Es un indicador de uso del agua dulce que hace referencia tanto al uso directo como indirecto por parte de un consumidor o productor. Es un indicador ambiental global que mide el volumen total del agua dulce utilizada para producir bienes y servicios.

**Forma de cálculo:** Huella hídrica Total = Huella Hídrica Azul+ Huella Hídrica Verde+ Huella Hídrica Gris (15)

dónde: Huella Hídrica Azul: agua extraída de fuentes superficiales o subterráneas

Huella Hídrica Verde: Agua de lluvia que se utiliza en procesos agrícolas y no se almacena en masas de agua.

Huella Hídrica Gris: Agua necesaria para diluir contaminantes y devolver el agua a un estado limpio.

15. Indicador: Aguas subterráneas en explotación, se calcula según la expresión 16

**Descripción:** Son masas de agua que se encuentran bajo la superficie terrestre principalmente en acuíferos, y son extraídos para diversos usos como el consumo humano, la agricultura y la industria.

**Forma de cálculo:** 
$$P - D2 - ETR - \Delta Hs = G2 + \Delta Sw \quad (16)$$

dónde: P= Precipitación (mm/mes)

ETR = Evapotranspiración real (mm/mes)

D2 = Flujos de agua desde la cuenca (mm/mes)  $\Delta Hs$ = Aumento de la humedad del suelo

G2 = Escorrentía directa desde la cuenca (mm/mes)

$\Delta Sw$ = Aumento del agua subterránea almacenada (mm/mes)

16. Indicador: Tráfico ilegal de especies protegidas, se calcula según la expresión 17

**Descripción:** Es un delito que implica la extracción, transporte y comercialización de flora y fauna silvestre en violación de leyes nacionales e internacionales. Este comercio ilícito afecta gravemente la biodiversidad.

**Forma de cálculo:**

$$T = (C+D+E) \times P \quad (17)$$

dónde: T = Tráfico ilegal estimado.

C= Número de capturas ilegales

D= Demanda del mercado negro

E= Esfuerzos de aplicación de la ley (incluso incautaciones)

P = Precio promedio de las especies en el mercado negro

17. Indicador: Consumo de energía per cápita, se calcula según la expresión 18

**Descripción:** Es la cantidad de energía consumida por cada persona en un país durante un periodo específico, generalmente expresado en Kilovatios hora

**Forma de cálculo:**

$$C_e = OIB / P \quad (18)$$

dónde: C<sub>e</sub> = es el consumo energético per cápita (en gigajoules por habitante)

OIB= Oferta interna bruta de energía

P= Población nacional en un año dado.

18. Indicador: Superficie reforestada en los embalses, canales, franjas hidrorreguladoras, en cuencas y ríos principales, se calcula según la expresión 19

**Descripción:** No se proporcionan datos específicos sobre la superficie total reforestada hasta la fecha, los esfuerzos se enfocan en priorizar estas áreas y establecer regulaciones para su protección y reforestación

**Forma de cálculo:**

$$S_r = A_t \times P_r \quad (19)$$

dónde: S<sub>r</sub>= Superficie reforestada

A<sub>t</sub>= Área total

P<sub>t</sub> = Porcentaje de reforestación

19. Indicador de desempeño energético de la producción y los servicios, se calcula según la expresión 20

**Descripción:** Son métricas que evalúan el uso y eficiencia de la energía en procesos industriales y comerciales

Forma de cálculo:  $ICE = \frac{E}{P} \quad (20)$

dónde: ICE = es el índice de consumo energético E = representa el consumo energético

P= es la producción

20. Indicador: % de la demanda cubierta con FREs, se calcula según la expresión 21

**Descripción:** Se refiere a la contribución de las fuentes renovables a la cobertura de la demanda energética.

**Forma de cálculo:**

Porcentaje de la demanda cubierta=  $\frac{\text{Energía generada por FREs}}{\text{Demanda Total de energía}} \quad (21)$

dónde: Energía generada por FREs = es la cantidad de energía producida por fuentes renovables

Demanda Total de energía = es la suma de la energía requerida para satisfacer todas las necesidades del sistema.

21. Indicador: Afectaciones por ciclones tropicales, se calcula según el modelo

**Descripción:** Los ciclones tropicales causan afectaciones significativas a través de tres fenómenos principales: intensas precipitaciones, vientos fuertes y marejadas.

Forma de cálculo: dependiendo del modelo

dónde: Para calcular las afectaciones por ciclones tropicales se pueden seguir varios enfoques: modelos estadísticos, índice de vulnerabilidad urbana y la escala Saffir- Simpson.

22. Indicador: Incendios forestales y pérdidas, se calcula según la expresión 22

**Descripción:** Son fuegos incontrolados que se propagan en áreas de vegetación, como bosques y pastizales y pueden ser causados por factores humanos o naturales. Las pérdidas incluyen la destrucción de ecosistemas y el impacto negativo en comunidades locales.

**Forma de cálculo:**

$$P = C_d + C_r + C_e \quad (22)$$

dónde: P= Es el total de pérdidas económicas.

C<sub>d</sub> = es el costo de la destrucción de la vegetación y fauna.

C<sub>r</sub> = es el costo de recuperación y restauración del ecosistema

C<sub>e</sub>= es el costo de los efectos económicos indirectos, como la pérdida de ingreso en sectores afectados (turismo y agricultura)

23. Indicador: Volumen de desechos sólidos generados, se calcula según la expresión 23

**Descripción:** Se refiere a la cantidad total de residuos producidos por actividades humanas, que incluye materiales orgánicos, reciclables y otros

Forma de cálculo:  $V = D \times P \times T \quad (23)$

dónde: V = Volumen total de desechos sólidos (m<sup>3</sup>) D= es la densidad de los desechos (kg/ m<sup>3</sup>)

P = es la producción diaria de desechos por personas (kg)  
T = Número total de personas.

Además, para el cálculo anual, se multiplica el volumen diario por 365 días.

24. Indicador: Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel gubernamental, se calcula según la expresión 24

**Descripción:** Son las erogaciones realizadas por entidades estatales destinadas a conservar, proteger y restaurar los recursos naturales, incluyen: prevención y reducción de la contaminación, gestión de residuos y la investigación y desarrollo.

**Forma de cálculo:**  $G = C + R + I + E$  (24)

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

25. Indicador: Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel empresarial, se calcula según la expresión 25

**Descripción:** Son los recursos financieros destinados a actividades que buscan prevenir, reducir y eliminar la contaminación, ellos son: Inversiones en tecnologías limpias, gestión de residuos, capacitación y servicios externos.

**Forma de cálculo:**  $G = I + R + W$  (25)

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.

26. Indicador: Reducción de fuentes contaminantes, se calcula según la expresión 26

**Descripción:** Se refiere a la implementación de estrategias y políticas para disminuir las emisiones de contaminantes en el medio ambiente, esto incluye acciones para mejorar el tratamiento de aguas residuales, adoptar tecnologías limpias en industrias, fomentar prácticas agrícolas sostenibles.

**Forma de cálculo:** Reducción =  $(1 - \lambda_i) \times f_i$  (26)

dónde:  $\lambda_i$  es el coeficiente de amortiguamiento ( $0 \leq \lambda_i \leq 1$ )

$f_i$  es la tasa de emisión de la fuente contaminante.

27. Indicador: Gastos de inversión para la protección del medio ambiente en cuencas hidrográficas, se calcula según la expresión 27

**Descripción:** Se describe a través de varios componentes: Inversiones en infraestructura, manejo de residuos, reforestación y conservación, educación y concientización.

**Forma de cálculo:** (27)

dónde: G= Gasto total de inversión

$C_i$ = Costos de conservación (reforestación, restauración de ecosistemas)

$M_i$ = Costos de mantenimiento (monitores, mantenimiento de infraestructuras)

$E_i$  = Costos de educación y sensibilización (programas de capacitación y concientización)

28. Indicador: Gastos en ciencia y tecnología dedicados al medio ambiente, se calcula según la expresión 28

**Descripción:** Se refiere a la inversión financiera destinada a desarrollar y aplicar tecnologías y conocimientos científicos que abordan problemas ambientales, pueden incluir Investigación y desarrollo (I+D), Programas de innovación, Tecnologías verdes, Capacitación y conciencia pública.

**Forma de cálculo:**  $G = C + I + O$  (28)

dónde: G= Gastos totales en ciencia y tecnología ambiental

C= Costos de investigación y desarrollo (I+D)

I= Inversiones en tecnologías verdes.

O= Gastos operativos relacionados con la gestión ambiental

29. Indicador: La contaminación sonora, se calcula según la expresión 29

**Descripción:** Se refiere a la presencia de ruidos excesivos que alteran el ambiente y afectan la calidad de vida, se originan principalmente por actividades humanas como el tráfico, la construcción y la industria **Forma de cálculo:**

$L_p = 20 \log (p / p_0)$  (29)

dónde: p es la presión sonora medida y  $p_0 = 20 \mu Pa$  es la presión de referencia

30. Indicador: % de controles de la actividad reguladora ambiental donde no se detectan violaciones, se calcula según la expresión 30

**Descripción:** Reflejan la efectividad de los sistemas de inspección y vigilancia, estos controles son realizados por el CITMA que evalúan el cumplimiento de las normativas ambientales

Forma de cálculo:

Porcentaje sin violaciones =  $\frac{\text{Controles sin violaciones}}{\text{Total, de controles}} \times 100$  (30)

Total, de controles

dónde: Controles sin violaciones es el número de inspecciones que no encontraron infracciones Total, de controles = es el número total de inspecciones realizadas

31. Indicador: Áreas protegidas con reconocimiento internacional.

**Descripción:** Son espacios geográficos designados para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, regulados por convenios internacionales

No existe una única ecuación para calcular las áreas protegidas con reconocimiento internacional, ya que su designación depende de varios convenios internacionales como el convenio de Ramsar y la convención del patrimonio mundial.

32. Indicador: Estado de la biodiversidad, se calcula según la expresión 31

**Descripción:** se refiere a la variedad de vida en la tierra, incluyendo diversidad de especies, variabilidad genética, y ecosistemas. Este término abarca desde microorganismos hasta grandes mamíferos y es crucial para el funcionamiento de los ecosistemas que sustentan la vida humana como la producción de alimentos y la regulación del clima

**Forma de cálculo:** Para calcular el estado de la biodiversidad, se utilizan varias fórmulas claves:

- Riqueza de especies (S): Número total de especies presentes en un área.

- Índice de Simpson (D):

$$D = 1 - \sum (ni)^2$$

(31)

N

dónde: ni = es el número de individuos de la especie

i y N es el total de individuos.

33. Indicador: Reconocimiento ambiental otorgado al municipio, se calcula según la expresión 32

**Descripción:** Se refiere a la valoración y certificación de las prácticas y logros de individuos, organizaciones o entidades en el ámbito de la sostenibilidad y la gestión ambiental

**Forma de cálculo:**  $R = \frac{Ia + Ip + Ie}{T}$  (32)

dónde: R = reconocimiento ambiental

Ia = es la inversión en actividades ambientales.

Ip = son los ingresos generados por proyectos sostenibles

Ie = son las iniciativas de educación y concientización ambiental.

T = es el total de recursos disponibles para el desarrollo ambiental

Es importante resaltar que en la mayoría de los trabajos consultados que abarcan el tema lo tratan de forma general (Bonet & Rodríguez 2012, Dane 2014, Peri et al. 2021,

Morán 2023) sin aportar instrumentos que particularicen el municipio, en consecuencia, no se observan procedimientos, metodologías o indicadores específicos que permitan evaluar la calidad ambiental Reyes & Primelles (2023). 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

El procedimiento utilizado para la propuesta constituye una herramienta metodológica que permitió la definición de un sistema de indicadores (33) para determinar la calidad ambiental en el contexto cubano. Los resultados servirán para asesorar en la toma de decisiones relacionadas con las políticas ambientales que se llevan a cabo en el municipio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar Pérez, O. (2016). Propuesta de guía metodológica para el diseño de indicadores compuestos. *Cofin Habana*, 10(2), 286-303. <http://scielo.sld.cu/pdf/cofin/v10n2/cofin16216.pdf>
- 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](https://ve.scielo.org/sciELO.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212006000500003)
- Almendariz, A. Y. S., Williams, L. D. Z., Zavala, A. M. M., & Mora, A. M. B. (2022). Frecuencia de helmintos y su relación con la calidad ambiental en arena de la playa San José de Montecristi, Ecuador. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 4(5), 31-43. <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/203>
- Arronte Blanco, A., Cardoso Rojas, L. E., & Gato Armas, C. A. (2024). Capacitación en proyectos de desarrollo local: Necesidad para cuadros y especialistas de economía y planificación. Mendive. *Revista de Educación*, 22(1). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-76962024000100017&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-76962024000100017&script=sci_arttext)
- 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>
- Bosch, M. J. O., & Jiménez, S. N. A. (2020). La dimensión ambiental del desarrollo local desde el paradigma de la sostenibilidad. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 13(37), 16. <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/690/680>

- Campos, D. G., & Marill, L. X. (2017). Diseño de un sistema de gestión ambiental para los centros de investigaciones de la agricultura en Cuba”. *Cuba: Medio Ambiente y Desarrollo*, 17(33).
- Calle, J. C. G., & Orozco, Y. V. (2022). La huella ecológica, indicador de sostenibilidad ambiental y social. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 4156-4175. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/articulo/view/1791>
- Cerdá, M. D. C. B. (2014). Estrategias metodológicas para la construcción de indicadores compuestos en la gestión universitaria (Doctoral disertación, Universidad Politécnica de Valencia).
- CITMA. (2021). Estrategia Ambiental Nacional (EAN) 2021-2030, Etapa 2021-2025. <https://www.citma.gob.cu/estrategia-ambiental-nacional/>
- Condezo Bonifacio, J. J., & Alarcón Flores, J. N. (2024). Calidad del agua del río San Juan de acuerdo al DS N° 004-2017-MINAM aplicando el Arc Gis–Pasco, 2022.
- Contreras Rubio, I., Hinojosa Ramos, M. Á., & Mármol Conde, A. M. (2004). Construcción de índices ponderados multicriterio con información ordinal. *Estadística Española*, 46 (155), 95-117.
- Dane, D. (2014). Guía para diseño, construcción e interpretación de indicadores. <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-08/guia-para-diseno-construccion-e-interpretacion-de-indicadores-dane.pdf>
- Del Frari, M. J. (2022). Políticas fiscales y medioambiente: factibilidad de la implementación de tributos ambientales en la Municipalidad de Viedma (Doctoral disertación).
- Díaz-Canel Bermúdez, M., & Fernández González, A. (2020). Gestión de gobierno, educación superior, ciencia, innovación y desarrollo local. *Retos de la Dirección*, 14(2), 5-32. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2306-91552020000200005&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2306-91552020000200005&script=sci_arttext)
- Esparza, K., Campoverde, K., & Correa-Quezada, R. (2023). Índice de Desarrollo de las Regiones de Ecuador. *Revista Economía y Política*, (37), 18-30. [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2477-90752023000100018&script=sci\\_arttext](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2477-90752023000100018&script=sci_arttext)
- 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](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1993-80122021000100105&script=sci_arttext)
- Grisales, H. (2009). Metodología para la construcción de un Índice de Condiciones de Vida juvenil. Y su valoración sobre variables individuales y de contexto. In XXVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. VIII Jornadas de Sociología de la Universidad de Buenos Aires. Asociación Latinoamericana de Sociología. <https://cdsa.aacademica.org/000-062/590.pdf>
- Hernández Garcés, A. (2016). Sistema de evaluación de la dispersión episódica de contaminantes atmosféricos. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=123207>
- 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>
- León, A. M., Fleitas, N. P., Rivera, D. N., Nariño, A. H., Alonso, A. R., & Moya, J. V. (2011). Estudio de la construcción de Índices Integrales para el apoyo al Control de Gestión Empresarial. *Enfoque UTE*, 2(1), 1-38. <https://www.redalyc.org/pdf/5722/572260833003.pdf>
- 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://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7412654>
- Márquez Delgado, D. L., Hernández Santoyo, A., Márquez Delgado, L. H., & Casas Vilardell, M. (2021). La educación ambiental: evolución conceptual y metodológica hacia los objetivos del desarrollo sostenible. *Revista Universidad y sociedad*, 13(2), 301-310. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n2/2218-3620-rus-13-02-301.pdf>
- Martín, L., & Montico, S. (2023). Diseño de un sistema de indicadores para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) en la cuenca del arroyo Ludueña, Santa Fe. *Cuadernos del CURIHAM*, (29), 1-28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9032081>
- Martínez Martínez, H., Hernández Matos, Y., & González Paris, E. (2024). UNA MIRADA DESDE LA DIRECCION POLITICA A LA ESTRATEGIA DE DESARROLLO LOCAL [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=es&user=UkiTnskAAAAJ&citation\\_for\\_view=UkiTnskAAAAJ:kNdYIx-mwKoC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=UkiTnskAAAAJ&citation_for_view=UkiTnskAAAAJ:kNdYIx-mwKoC)
- 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?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59362014000100010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362014000100010)

- Mercado, Z., & Sobelna, Y. (2016). Propuesta de un sistema de indicadores de gestión basado en el cuadro de mando integral para la superintendencia de estimación de costos de la refinería El Palito de Petróleos de Venezuela SA (Master's thesis).
- 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/handle/tdea/4441>
- Najar Marín, E. (2024). Gestión ambiental municipal en el manejo de residuos sólidos urbanos en Castilla-Piura, 2023. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/136159>
- 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://dominodelasciencias.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.
- Reyes Artilles, 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?pid=S2306-91552023000200001&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2306-91552023000200001&script=sci_arttext)
- Ribot, E. (2015). Índice integral para evaluar la ejecución del Presupuesto en la Provincia de Matanzas. Universidad de Matanzas.
- 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?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852020000300598](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852020000300598)
- Santamaría, M. D., Sáez, I. A., García, T. M., Vidal, E. I., Mencía, L., & Celaá, E. (2023). Impulsar el desarrollo comunitario desde el ocio educativo: algunas claves, dificultades, oportunidades y retos. *Zerbitzuan: Gizarte zerbitzuetarako aldizkaria Revista de servicios sociales*, (80), 101-110. [https://www.zerbitzuan.net/documentos/zerbitzuan/Impulsar\\_el\\_desarrollo.pdf](https://www.zerbitzuan.net/documentos/zerbitzuan/Impulsar_el_desarrollo.pdf)
- Velásquez, T. D. M., & Tocuyo, D. D. J. A. (2021). Revisitas ambientales latinoamericanas en Scopus y WoS en 2019: relación con indicadores ambientales. *Bibliotecas*, 39(2), 1-22. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/bibliotecas/article/view/15557>
- Velázquez-Mar, A. C., & Salazar-Solano, V. (2019). Indicadores de calidad ambiental urbana: Una revisión. *Gestión y Ambiente*, 22(2), 303-312. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/80854>