

5

Índice integrado de calidad ambiental como herramienta para impulsar el desarrollo sostenible en los municipios cubanos

Integrated environmental quality index as a tool to promote sustainable development in Cuban municipalities

Damarys Fuentes Díaz ¹*, <https://orcid.org/0000-0001-8333-5313>
María Elena Zequeira Álvarez ², <https://orcid.org/0000-0003-1363-0995>
Eduardo Julio López Bastida ³, <https://orcid.org/0000-0003-1305-852X>

¹ Departamento de Ciencias Contables, Universidad de Cienfuegos
"Carlos Rafael Rodríguez", Cuba

² Centro de Estudios de Dirección Empresarial y Territorial, Universidad de Camagüey
"Ignacio Agramonte Loynaz", Cuba

³ Centro de Estudio de Energía y Medio Ambiente, Universidad de Cienfuegos
"Carlos Rafael Rodríguez", Cuba

*Autor de correspondencia: damarysf@ucf.edu.cu

RESUMEN

Objetivo: Diseñar un índice de calidad ambiental que integre indicadores ambientales, sociales y políticas públicas en una herramienta sintética para impulsar el desarrollo sostenible en los municipios cubanos.

Materiales y métodos: Se utilizaron los siguientes métodos: el histórico-lógico para el análisis de las insuficiencias y particularidades de la información ambiental; el analítico sintético para revelar los nexos y las características de las diferentes variables estudiadas, permitió además, sintetizar la lógica investigativa utilizada durante el estudio realizado en los procesos de revisión documental; el inductivo-deductivo para la inducción de los aspectos generales hasta los particulares y la deducción de los elementos hallados 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.

Resultados: La novedad principal radicó en la integración de variables ambientales (agua, aire, suelo y biodiversidad), variables sociales (salud y capacitación) y políticas públicas (participación y gobernanza) en una herramienta sintética para impulsar el desarrollo sostenible en los municipios cubanos.

Conclusiones: El índice integrado de calidad ambiental constituyó una herramienta científica que proporciona información detallada de los indicadores, lo que permite a los decisores gestionar los recursos naturales contribuyendo al desarrollo sostenible del municipio.

PALABRAS CLAVE: desarrollo municipal, índice de calidad ambiental, índice integrado

ABSTRACT

Objective: To design an environmental quality index that integrates environmental, social, and public policy indicators into a comprehensive tool to promote sustainable development in Cuban municipalities.

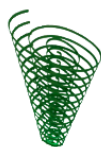
Materials and methods: The following methods were used: the historical-logical method for analyzing the shortcomings and particularities of the environmental information; the analytical-synthetic method to reveal the connections and characteristics of the different variables studied, which also allowed for synthesizing the investigative logic used during the documentary review process; and the inductive-deductive method for inducing general aspects and then specific ones, and for deducing the elements found during the investigation. The empirical methods employed were direct observation during fieldwork at different stages of the development, application, and validation of the results; documentary analysis for the legal review; and expert judgment for the systematization of information, proposal, and validation of indicators.

Results: The main novelty lay in the integration of environmental variables (water, air, soil and biodiversity), social variables (health and training) and public policies (participation and governance) into a synthetic tool to promote sustainable development in Cuban municipalities.

Conclusions: The integrated environmental quality index constituted a scientific tool that provides detailed information on the indicators, allowing decision-makers to manage natural resources while contributing to the municipality's sustainable development.

KEYWORDS: municipal development, environmental quality index, integrated index

Cómo citar: Fuentes, D., Zequeira, M. E., & López, E. J. (2025). Índice integrado de calidad ambiental como herramienta para impulsar el desarrollo sostenible en los municipios cubanos. *Retos de la Dirección*, 19, e2505. <https://reduc.edu.cu/index.php/retos/article/view/e2505>



Introducción

La calidad ambiental ha sido objeto de estudio y debate a lo largo del tiempo, abordándose en la literatura desde diversas perspectivas. Internacionalmente, autores como (Condezo & Alarcón, 2024; Huanca-Arohuana *et al.*, 2020; Lema *et al.*, 2023; Sornoza *et al.*, 2022) la han analizado. Varias investigaciones han estado dirigidas a indicadores específicos y determinados recursos ambientales (Fernández-Rodríguez & Guardado-Lacaba, 2021; Rodríguez *et al.*, 2020).

Ante la creciente degradación ambiental, los autores, consultaron índices globales y nacionales de sostenibilidad ambiental que buscan destacar la protección del medio ambiente, como es el índice de huella ecológica que estima la presión humana sobre los recursos naturales de la Tierra. Ese índice no mide la calidad ambiental y solo tiene en cuenta la dimensión ambiental del desarrollo sostenible, sin considerar las otras dos dimensiones: la dimensión social y la dimensión económica (Quiroga, 2001; Ojeda *et al.* 2017).

El índice de planeta vivo en el año 1998, desarrollado por la *Zoological Society of London* y *Global Footprint Network*, refleja los cambios en la biodiversidad y la salud de los ecosistemas. Se asignó la misma ponderación a todos los indicadores al determinar el índice. La escala se realizó tomando la proporción de las especies en el año actual con respecto al año anterior (WWF, 2012).

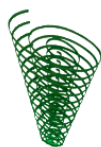
Otro de los índices consultados fue el índice de vulnerabilidad ambiental, creado por la Comisión de Geociencias aplicadas del Pacífico Sur en el año 2005. Ese índice, utiliza 50 indicadores para evaluar la vulnerabilidad ambiental de 40 pequeños estados insulares en desarrollo, con 32 indicadores de peligros, 8 de resistencia y 10 de daños, empleando una escala de 1 a 7 (Ojeda *et al.*, 2017).

El índice de desempeño ambiental, basado en series temporales históricas, rastrea el desempeño ambiental durante la última década utilizando indicadores en dos categorías, salud ambiental y vitalidad del ecosistema (Del Frari, 2022).

Otra metodología consultada fue la de Peche (2017), que describe pasos para incluir factores significativos de la calidad ambiental, aplicables a cualquier contexto, pero no específicos para los municipios.

El índice de sostenibilidad ambiental de 2002-2024, desarrollado por el Centro de Derecho y Política Ambiental de Yale, evalúa la sostenibilidad ambiental de 142 países, posee 76 variables (Esty, 2008). Las variables para la construcción del índice se seleccionaron según el esquema de presión-estado-respuesta, a partir de la revisión de la literatura ambiental y de la consulta a





expertos, siempre en el contexto de la disponibilidad de la información (Fuentes *et al.* 2024; Ojeda *et al.*, 2017).

Los autores consideran que los índices revisados y expuestos con anterioridad, no se adaptan a las particularidades municipales, sino al análisis desde un país o región. Tampoco se evidencian indicadores que reflejen la relación del hombre con el medio ambiente y sus consecuencias.

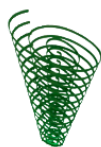
En Cuba, según la bibliografía consultada y los resultados científicos alcanzados por investigaciones del proyecto “Sistema de información territorial (SIT) para la gestión del desarrollo local en provincias y municipios seleccionados de la región centro oriental”, perteneciente al Programa territorial de medioambiente y desarrollo local sostenible, se calcula el índice de calidad ambiental como la media aritmética de los subíndices seleccionados: índice de manejo integrado de la biodiversidad y recursos naturales, el índice de contaminación ambiental y el índice de resiliencia climática. Sin embargo, no se tienen en cuenta factores de mayor impacto a escala municipal como resultan ser, las alteraciones de la salud del hombre sobre los que se producen con mayor fuerza, los impactos del cambio climático y la contaminación ambiental.

Luego de analizar en la literatura, los elementos referidos a las definiciones de calidad ambiental, ofrecidos por otros autores, se considera en el presente artículo, que la calidad ambiental es el conjunto de recursos naturales y sociales que generan beneficios y bienestar con mínimos elementos perjudiciales para la salud humana y los ecosistemas (Fuentes *et al.*, 2024).

En los antecedentes revisados se identifican brechas conceptuales y metodológicas que imposibilitan la determinación de la calidad ambiental:

- ✓ La salud del hombre y su relación con los ecosistemas no se destaca como elemento a considerar para evaluar la calidad ambiental.
- ✓ La cantidad de personas capacitadas en educación ambiental, no se tiene en cuenta al evaluar la calidad ambiental.
- ✓ Las investigaciones revisadas se refieren a índices de calidad ambiental de países o ciudades grandes y no de municipios.

Para resolver las insuficiencias declaradas la calidad ambiental debe ser abordada mediante un índice que integre los elementos que no han sido considerados en investigaciones precedentes y que representan una novedad para el contexto cubano y en particular para el municipio, por lo que se plantea como objetivo diseñar un índice de calidad ambiental que integre indicadores



ambientales, sociales y políticas públicas en una herramienta sintética para impulsar el desarrollo sostenible en los municipios cubanos.

Materiales y métodos

El área de estudio resultó ser el municipio de Cienfuegos, capital de la provincia homónima, municipio más poblado de esta con 153 192 habitantes, de los cuales 142 550 residen en la zona urbana. Es una ciudad costera, lo que es su principal rasgo geográfico, se extiende al norte y este de la bahía de Jagua, también conocida como bahía de Cienfuegos. Se encuentra en las coordenadas 22° 08'46" de latitud norte y en los 80° 27'14" de longitud oeste, con un área 4 400 Ha (44.00 km²) y una altura promedio de 22.5 m (snm).

La industria es fundamental para el desarrollo de Cienfuegos, con tres zonas industriales principales, la zona I destaca por la industria alimentaria, máquinas no eléctricas, materiales de construcción y transporte; la zona II por su desarrollo portuario y la zona III por la producción química (Oficina Nacional de Estadística e Información ONEI, 2023). El período de análisis fue del año 2019 al año 2023.

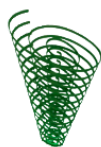
Para diseñar el índice integrado de calidad ambiental, se creó un grupo de trabajo que incluyó: coordinador, especialistas de la provincia y el municipio con experiencia en el tema, miembros del gobierno municipal y académicos. Se realizaron sesiones de trabajo grupales e individuales, así como talleres participativos para capacitar a los involucrados en el estudio.

Posteriormente, en ese grupo de trabajo se seleccionaron 17 expertos, a partir de los criterios de Hurtado de Mendoza (2007). Se consideraron aspectos como el nivel de experiencia que poseen sobre el tema, coeficiente de conocimiento, coeficiente de argumentación y coeficiente de competencia. Se cumplieron con las normas éticas para ese tipo de estudio. Se definieron sus roles y responsabilidades.

Con el equipo de expertos ya seleccionado, se revisaron exhaustivamente experiencias internacionales, incluyendo las de América Latina y el Caribe y la información ambiental existente en el municipio.

A propuesta del equipo seleccionado se creó el indicador de prevalencia de casos asociados a problemas ambientales donde se definieron las enfermedades a incluir en ese indicador: asma, infecciones respiratorias bajas, diarrea aguda, dengue, intoxicaciones, cáncer de pulmón y Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), problemas cardiovasculares y cáncer de piel.





El indicador de cantidad de personas capacitadas en educación ambiental también resultó un indicador novedoso para esos fines y los criterios de medición centrados en el municipio: número total de personas capacitadas en el año.

Se tomó como referencia el análisis bibliográfico en investigaciones internacionales, considerando las particularidades del contexto cubano y se conformó un listado preliminar con 60 indicadores.

Para conocer los criterios de los expertos, se utilizó el método Delphi caracterizado por su flexibilidad, enviando la propuesta de los indicadores a los expertos, solicitándoles su opinión sobre estos y si consideraban necesario agregar otros. Se analizaron las respuestas y se identificaron los indicadores que consideraron significativos para conformar el índice. Se eliminaron los criterios minoritarios.

Se envió nuevamente a los expertos un listado con el resumen de los indicadores propuestos, se les solicitó que llenaran un cuestionario y dieran sus razones respecto a los indicadores. Se repitió el proceso hasta que se estabilizaron las respuestas. Se presentó el cuestionario con el listado final de los indicadores, los que se evaluaron en una escala de tipo Likert, con rangos de valoración desde 1 hasta 5.

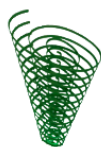
El nivel de acuerdo entre los expertos se obtuvo por intermedio de la Prueba W de Kendall. El valor de ese coeficiente oscila entre 0 (no hay acuerdo) y 1 (acuerdo total). Según la prueba de Kendall la hipótesis nula (H_0) refiere que no hay acuerdo entre los expertos contra la hipótesis alternativa (H_1) que refiere la existencia de acuerdo entre ellos.

Según el nivel de significación prefijado y su contrastación con la significación asintótica que se obtuvo del SPSS v 22, pudo concluirse la existencia de acuerdo entre los expertos.

Considerando, que los indicadores tuvieron unidades heterogéneas, se requirió su normalización para realizar operaciones aritméticas, para ello se consultó lo expresado por Sánchez (2009).

Para ese caso específico se empleó la normalización min-max, teniendo en cuenta que la aplicación del método está indicada para series cortas en las que se conozcan valores máximos y mínimos (Sánchez, 2009). Esa característica, además de su sencillez y amplia difusión, justificaron que ese haya sido el método de normalización elegido.

La normalización min-max utiliza los valores mínimo y máximo observados para normalizar linealmente los datos, de manera que los valores mínimos y máximo de los indicadores se desplacen a los valores 0 y 1, respectivamente, y todos los demás indicadores adopten valores



relativos que varían en el rango adimensional [0,1], de modo que la distribución original se mantenga (a excepción del factor de escala).

Posteriormente, con el objetivo de establecer la importancia relativa de los distintos indicadores, se propuso una asignación de pesos o determinación del factor de ponderación de estos, se recomendó para ese caso, el uso del Método Analítico Jerárquico (AHP) (Kaklauskas *et al.*, 2018; Pérez, 2010; Saaty & Vargas, 1980), se realizó aplicando una herramienta informática en línea AHP-OS de Goepel (2018).

Ese método, consiste en señalar una preferencia o prioridad con respecto a cada alternativa de decisión en términos de medida en la que contribuye a cada criterio. A partir de esas preferencias, se utiliza un proceso matemático para resumir la información.

Las comparaciones pareadas entre las distintas alternativas resultan bases fundamentales del método AHP. Ello significa que cada criterio j , $j=1, \dots, k$, se compara la alternativa o indicador 1 con la alternativa o indicador 2, la alternativa 1 con la alternativa 3 y así sucesivamente hasta llegar a comparar la alternativa 1 con todas (k). El AHP, utiliza una escala subyacente con valores de 1 a 9 para calificar las preferencias entre dos elementos.

La herramienta informática en línea AHP-OS proporciona una medida de consistencia de los juicios en las comparaciones pareadas calculando la Relación de Consistencia (RC), entonces los valores que exceden de 0,10 o menos son señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas proporcionando en la herramienta en línea un OK. De igual manera, esa herramienta informática en línea genera un orden de prioridad por cada uno de los indicadores.

Se aplicaron los pesos definidos para cada indicador, multiplicando cada valor por su ponderación suma (o promedio) de los resultados para obtener el valor global del índice integrado.

Se calcularon los subíndices ambientales y sociales mediante la suma ponderada de cada grupo de indicadores:

Subíndice ambiental (SA):

$$SA = \sum (w_i \times \text{valor estandarizado del indicador ambiental}) \quad (1)$$

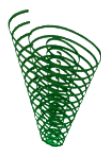
Subíndice social (SS):

$$SS = \sum (w_i \times \text{valor estandarizado del indicador social}) \quad (2)$$

donde:

w_i = pesos según su relevancia





Integración del índice final:

Para construir un índice integrado con indicadores ambientales y sociales, se utilizó la expresión

3. Para ese caso específico y considerando que tiene dos dimensiones con igual importancia, cada una se multiplica por 0,5 (50%).

$$IICA = (0,50 \times SA) + (0,50 \times SS) \quad (3)$$

El resultado obtenido debe estar en la misma escala (0-100).

Resultados y discusión

Para la selección de los indicadores se aplicó el método Delphi. Se realizó una primera ronda donde se obtuvo un coeficiente de Kendall de 0,488, determinado con el paquete estadístico SPSS v22, por lo que se decidió realizar una segunda ronda para aumentar la confiabilidad de los resultados. Tras su aplicación, se obtuvo un coeficiente de concordancia de Kendall de 0,703, quedando finalmente 17 indicadores, los que se muestran a continuación:

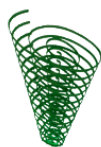
Indicadores ambientales

- 1) Calidad del aire
- 2) Proporción de suelos degradados
- 3) Huella hídrica
- 4) Capacidad de presas en explotación
- 5) Continuidad en el sistema de acueductos y alcantarillados
- 6) Cobertura de agua potable
- 7) Superficie de suelo beneficiada usando diferentes técnicas
- 8) % de superficie forestada
- 9) Captación de carbono
- 10) Tasa de aprovechamiento de desechos sólidos
- 11) Superficie dañada por incendios forestales
- 12) Consumo de energía eléctrica
- 13) Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel gubernamental
- 14) Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel empresarial
- 15) Gastos de inversión para la protección del medio ambiente en cuencas hidrográficas

Indicadores sociales

- 1) Cantidad de personas capacitadas en educación ambiental
- 2) Prevalencia de casos asociados a problemas ambientales





El monitoreo y la evaluación son esenciales para el control y la mejora. Los indicadores hacen posible medir cómo se avanza respecto a objetivos, metas y responsabilidades, proporcionando información clara y objetiva sobre el cumplimiento de estos y facilitando la toma de decisiones basadas en resultados observables.

Los indicadores que se formaron del índice integrado de calidad ambiental estuvieron basados en un estudio científicamente fundamentado (Fuentes *et al.*, 2024), con aportes de académicos, especialistas municipales y directivos reconocidos.

Se normalizaron los indicadores empleando la técnica de normalización min-max o valores límites y se definió la relación del indicador, es decir, si tiene una contribución mejor o peor al índice, seguidamente se calcularon los valores normalizados tanto para el valor máximo como para el valor mínimo.

Se ponderó por el método AHP, las ponderaciones se muestran en orden descendente en la Tabla 1.

Tabla 1 Valor de los factores de ponderación por el método AHP

Indicadores	Coefficiente de prioridad
Calidad de aire	0,246
Continuidad del sistema de acueductos y alcantarillados	0,106
Consumo de energía eléctrica	0,104
Cobertura de agua potable	0,104
Superficie de suelo beneficiada usando diferentes técnicas	0,099
Proporción de suelos degradados	0,09
Capacidad de presas en explotación	0,046
% Superficie forestada	0,034
Tasa de aprovechamiento de desechos sólidos	0,033
Huella hídrica	0,029
Captación de carbono	0,028
Superficie dañada por incendios forestales	0,02
Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel gubernamental	0,016
Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel empresarial	0,014
Prevalencia de casos asociados a problemas ambientales	0,011
Gastos de inversión para la protección del medio ambiente en cuencas hidrográficas	0,01
Cantidad de personas capacitadas en educación ambiental	0,01

Fuente: elaboración propia

Tras ponderar los indicadores por el método AHP, se procedió a determinar los subíndices ambientales y sociales (Tabla 2).

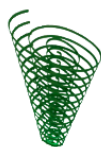


Tabla 2 Resultados de los subíndices ambientales y sociales

Año	Subíndice ambiental	Subíndice social
2019	0,37	0,00
2020	0,35	0,01
2021	0,36	0,02
2022	0,65	0,01
2023	0,65	0,01

Fuente: elaboración propia

Una vez que se calcularon los subíndices ambiental y social, se procedió a determinar el índice integrado de calidad ambiental según la expresión 3, tal y como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3 Índice integrado de calidad ambiental para el período 2019-2023.

Año	Índice integrado de calidad ambiental
2019	18,93
2020	17,96
2021	18,78
2022	32,91
2023	33,23

Fuente: elaboración propia

Evaluar el índice integrado por un solo método de ponderación permitió brindar una información homogénea a los decisores y por tanto, un instrumento para impulsar el desarrollo en el municipio.

Tras calcular el índice integrado de calidad ambiental se evaluó según la escala (Alcaide, *et al.* (2006). La evaluación se expresa en la Tabla 4.

Tabla 4 Evaluación de la calidad ambiental para el período 2019-2023 según categoría

Año	Índice integrado de calidad ambiental	Categoría
2019	18,93	MUY BAJA
2020	17,96	MUY BAJA
2021	18,78	MUY BAJA
2022	32,91	BAJA
2023	33,23	BAJA

Fuente: elaboración propia

La figura 1 evidencia un gráfico radial con el comportamiento del índice integrado de calidad ambiental durante el período 2019-2023.

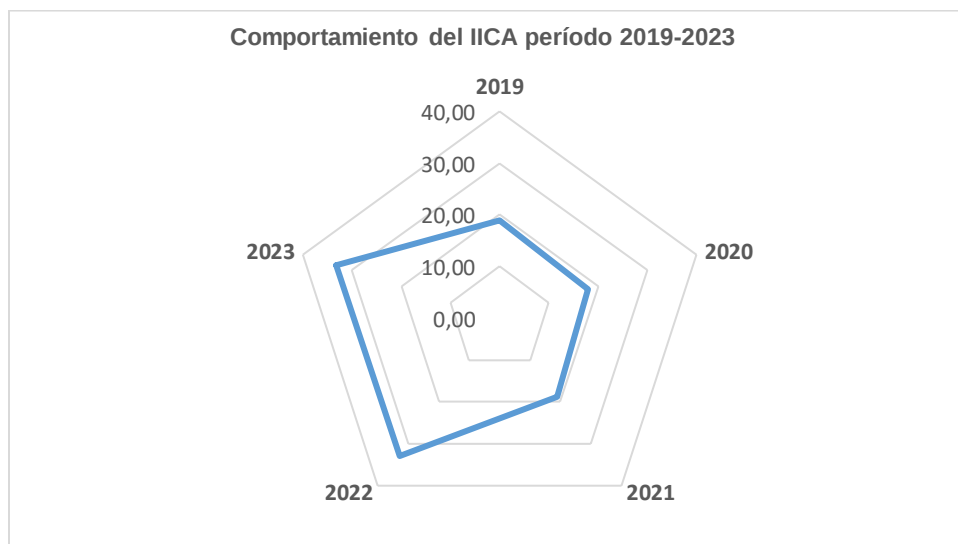
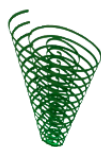


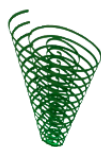
Figura 1 Comportamiento del índice integrado de calidad ambiental en el período 2019-2023

Fuente: elaboración propia

Los valores del año 2019 al año 2021 se mantuvieron estables, lo que indicó una fase de estabilidad o poco cambio durante tres años consecutivos. A partir del año 2022, hubo un salto fuerte y sostenido hasta 2023, casi duplicando el valor previo, ese cambio abrupto resalta una mejora significativa del índice integrado de calidad ambiental.

Tras evaluar el índice integrado, se analizó el comportamiento de cada uno de los indicadores considerando su tendencia en el período estudiado:

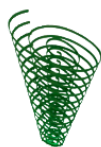
- ✓ Calidad del aire: se observa una tendencia creciente en la contaminación del aire desde 2019 hasta 2021, lo que indica un empeoramiento de la calidad del aire. Urge mejorar controles, enfocarse en modernizar fuentes contaminantes y fortalecer el monitoreo para mitigar riesgos a la salud y el ambiente.
- ✓ Proporción de suelos degradados: su comportamiento fue estable, salvo en 2021, cuando empeoró, afectando la producción agrícola y aumentando el riesgo de desertificación. Se necesitan intervenciones para su recuperación. Cienfuegos enfrenta varios problemas típicos de la degradación del suelo en Cuba, como erosión media a fuerte, compactación, pérdida de materia orgánica, salinización y drenaje deficiente, afectando altas tasas.
- ✓ Superficie de suelo beneficiada usando diferentes técnicas: entre 2019 y 2022, no se reportó suelo tratado con técnicas de conservación o regenerativas, lo que indica falta de implementación o registro de prácticas que mejoran el suelo.
- ✓ Huella hídrica: entre el año 2019 y el año 2020 no hubo impacto medible. Desde 2021 se mantuvo estable, indicando un leve consumo o impacto hídrico constante. La estabilidad



de esos últimos años implica que la gestión del recurso hídrico no ha cambiado significativamente, manteniendo un equilibrio o bajo nivel de uso y contaminación de agua.

- ✓ Capacidad de presas en explotación: en la provincia existen 6 presas en explotación, todas benefician al municipio gestionando recursos hídricos, energía renovable y control de inundaciones, pero pueden acumular contaminantes, requiriendo un equilibrio con la sostenibilidad.
- ✓ Continuidad del sistema de acueducto y alcantarillado: el indicador mide las interrupciones del servicio, valores cercanos a 0 indican muchas suspensiones o baja continuidad, mientras valores altos reflejan mejor prestación continua del servicio.
- ✓ Cobertura de agua potable: presenta variaciones y dificultades, el saneamiento se centra en la desinfección, pero requiere mejoras en infraestructura para garantizar salud pública y sostenibilidad.
- ✓ Porcentaje de superficies forestadas: no se registraron en el período avances claros de forestación o reforestación, por falta de actividades. El año 2023 señaló una ligera recuperación que equivale al 3% de la superficie total, es un progreso modesto que significa impulso de proyectos de restauración, reforestación o manejo sostenible.
- ✓ Captación de carbono: no se registraron procesos relevantes que estén removiendo o secuestrando carbono en ese período, derivados por falta de actividades de restauración forestación o manejo de suelos que aumenten la captura. Lo anterior, es un llamado a implementar o mejorar prácticas que aumenten la retención de carbono y su seguimiento técnico.
- ✓ Tasa de aprovechamiento de desechos sólidos: el comportamiento indicó que no se está recuperando ni reciclando material alguno de los residuos generados. Eso señala una ausencia total de prácticas de reutilización o reciclaje, lo que implica que todo el residuo termina en disposición final sin aprovechar recursos o reducir impactos ambientales.
- ✓ Superficie dañada por incendios forestales: los valores sugieren un manejo o control efectivo de los incendios en el área evaluada o condiciones climáticas favorables que disminuyeron la cantidad y extensión de los incendios.
- ✓ Consumo de energía eléctrica: del año 2019 al año 2021 el consumo se mantuvo bajo, el salto en el 2022 se debió a la implementación o mayor uso de sistemas tecnológicos o maquinarias que demandan electricidad.





- ✓ Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel gubernamental: se constataron evidencias de una significativa asignación de recursos públicos en este rubro, sin embargo, en el año 2023 el indicador muestra un primer impulso de inversión. Pese a ese avance, los recursos siguen siendo insuficientes para cumplir plenamente los retos ambientales.
- ✓ Gastos de inversión para la protección del medio ambiente a nivel empresarial: entre el año 2019 y el año 2020 no hubo inversión empresarial registrada en protección ambiental, hubo un ligero aumento en 2021 y 2022 para luego volver a descender. Eso refleja una inversión ambiental empresarial muy baja y poco sostenida por falta de incentivos claros y presiones regulatorias constantes.
- ✓ Gastos de inversión para la protección del medio ambiente en cuencas hidrográficas: entre el año 2019 y el año 2022, la inversión gubernamental para la protección de cuencas hidrográficas fue nula, mientras que en el 2023 hubo un aumento, indicando el inicio muy tímido de recursos destinados a esa área. El éxito dependerá de mejorar la ejecución, fortalecer monitoreo y coordinar con actores locales.
- ✓ Cantidad de personas capacitadas en educación ambiental: durante varios años no se registraron avances o programas masivos de capacitación, lo cual es preocupante dada la importancia de la educación ambiental para generar conciencia y fomentar prácticas sostenibles en la sociedad. Ese comportamiento también estuvo relacionado con la pandemia de COVID 19 que confinó en sus casas sin poder asistir a capacitaciones presenciales debido a las restricciones sanitarias y el cierre de espacios públicos.
- ✓ Prevalencia de casos asociados a problemas ambientales: mostró un leve aumento en 2020 y 2021, para luego disminuir en el año 2023, lo que está relacionado con la pandemia COVID 19 en ese período.

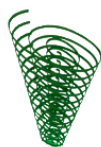
La condición higiénico sanitaria en los asentamientos humanos, unido a insuficiencias en infraestructura y servicios, continúa siendo un desafío para el municipio, agravando los problemas de salud vinculados al ambiente.

Los indicadores están interconectados en un sistema complejo, donde las decisiones y acciones en un área pueden influir en otras. Abordar esos indicadores de manera holística, es esencial para lograr un desarrollo sostenible y mejorar la calidad de vida de las personas.

Se confeccionó el cronograma de actualización, el que se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5 *Propuesta de gobernanza o cronograma de actualización*





Período	Actividades principales	Responsable
Enero-marzo	Recolección de datos, revisión de bases históricas	Equipo técnico
Abril-mayo	Validación y análisis preliminar	Equipo técnico
Junio	Taller de revisión con comité y partes interesadas	Coordinador + comité
Julio	Ajuste y cierre de indicadores	Equipo técnico
Agosto	Elaboración del informe consolidado	coordinador
Septiembre	Presentación interna y ajustes finales	Coordinador + comité
Octubre-diciembre	Publicación oficial y difusión	Comunicación
Cada 3 años	Revisión metodológica y actualización del sistema	Comité + expertos

Fuente: elaboración propia

Al comparar el índice integrado de calidad ambiental con otros índices, se observó que este alcanzó un nivel superior, al integrar de manera armónica indicadores ambientales y sociales, proporcionando un mecanismo robusto para la toma de decisiones, lo que contribuye al desarrollo sostenible en los municipios.

Lo anterior sugiere que el índice integrado fue de utilidad, al detectar dónde se reflejaron los principales problemas del municipio. Desarrollar un índice integrado resulta un tanto más laborioso con respecto al análisis de los indicadores por separado (Vidal & Regaldo, 2022). Sin embargo, como se reveló en el estudio realizado, el índice integrado de calidad ambiental es una herramienta capaz de determinar eficientemente la integridad de los indicadores ambientales y sociales aplicables a cualquier municipio cubano.

El índice integrado de calidad ambiental se destaca por:

- ✓ Adaptabilidad: puede ajustarse a distintos contextos municipales en Cuba.
- ✓ Participación comunitaria: incluye a la comunidad en la recolección de datos y fomenta la conciencia ambiental.
- ✓ Indicadores locales: reflejan preocupaciones y prioridades ambientales del municipio.
- ✓ Actualización continua: permite actualizar datos periódicamente para reflejar cambios ambientales y sociales.

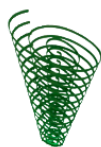
El índice integrado de calidad ambiental contribuye al desarrollo sostenible de los municipios cubanos al ofrecer una herramienta cuantitativa y sistemática para evaluar el medio ambiente local, lo que permite identificar impactos ambientales, facilitar la planificación territorial y apoyar la toma de decisiones informadas para mitigar daños y promover prácticas sostenibles.

De esa manera, fomenta un desarrollo local equilibrado que integra las dimensiones económicas, sociales y ambientales alineado con la Agenda 2030 y las políticas nacionales cubanas, mejorando el bienestar y la gestión ambiental en los municipios

Conclusiones

1. El índice integrado de calidad ambiental permite cuantificar y simplificar de forma





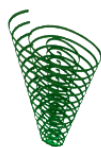
rigurosa el estado ambiental de los municipios cubanos, facilitando la identificación de impactos críticos y áreas prioritarias para la intervención en función del desarrollo sostenible local.

2. Al proporcionar una herramienta objetiva para monitorear y evaluar la calidad ambiental, el índice contribuye directamente a la toma de decisiones informadas por parte de gestores y autoridades municipales, incorporando criterios ambientales a las políticas y planes de desarrollo territorial.
3. La aplicación sistemática del índice favorece la integración de dimensiones sociales, económicas y ambientales a nivel local, promoviendo un desarrollo municipal equilibrado que responde a las necesidades actuales y preserva los recursos para las futuras generaciones, alineado con la estrategia nacional cubana de sostenibilidad.

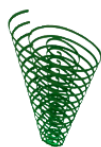
Referencias

- Alcaide, J., Jaimez, E., Olivera, J., Valdés, G., Díaz, J. R., De Terán, M., & Soto, J. (2006). Sistema de indicadores para la evaluación de la calidad ambiental del municipio Bauta, La Habana, Cuba. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 10(41), 263-268. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212006000500003
- Condezo, J. J., & Alarcón, J. N. (2024). *Calidad del agua del río San Juan de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM aplicando el Arc Gis – Pasco, 2022* [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Archivo digital. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/4378/1/T026_71001029_T.pdf
- Del Frari, M. J. (2022). *Políticas fiscales y medioambiente: factibilidad de la implementación de tributos ambientales en la Municipalidad de Viedma* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Río Negro]. Archivo digital. http://rid.unrn.edu.ar:8080/bitstream/20.500.12049/9168/1/Del_Frari_Mar%c3%ada_Jos%c3%a9-2022.pdf
- Esty, D. C. (2008). Rethinking Global Environmental Governance to Deal with Climate Change: The Multiple Logics of Global Collective Action. *American economic review*, 98(2), 116-121. <https://www.aeaweb.org/articles/pdf/doi/10.1257/aer.98.2.116>
- 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, D., Rodríguez, M., & López, E. J. (2024). Indicadores de calidad ambiental en función del desarrollo local en la empresa Astilleros Centro. *Universidad y Sociedad*, 16(2), 223-231. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v16n2/2218-3620-rus-16-02-223.pdf>
- Goepel, K. (2018). Implementation of an Online Software Tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 10(3), 469-487. <https://doi.org/10.13033/ijahp.v10i3.590>
- Huanca-Arohuana, J. W., Butrón, S. B., Supo, L. A., & Supo, F. (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://www.aacademica.org/jesus.wiliam.huancaarohuanca/10.pdf>
- Hurtado de Mendoza, S. (2007). *Método de consulta a expertos. Guía teórica*. <http://www.cecofis.cu/articulo3.asp>
- Kaklauskas, A., Zavadskas, E. K., Radzeviciene, A., Ubarte, I., Podvezko, A., Podvezko, V., Kuzminske, A., Banaitis, A., Binkyte, A., & Bucinskas, V. (2018). Quality of city life multiple criteria analysis. *Cities*, 72, 82-93. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.08.002>
- Lema, L. F., Heredia, F. I., Esparza, J. F., Carrasco, D. C., Cruz, J. F., & Sinaluisa, A. M. (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>
- Oficina Nacional de Estadística e Información. (2023). *Anuario estadístico. Cienfuegos*. <https://www.onei.gob.cu/sites/default/files/publicaciones/2025-01/aep-cienfuegos-2023.pdf>
- Ojeda, R., Spoor, M., & Estrada, M. E. (2017). El índice desempeño ambiental y la resiliencia social en los ecosistemas. *Universidad y Sociedad*, 9(1), 6-12. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v9n1/rus01117.pdf>
- Peché, R. (2017). Nueva metodología para el diseño de índices de calidad ambiental basada en extensiones difusas de funciones de transformación. *Gestión y Ambiente*, 20(2), 178-198. https://www.researchgate.net/publication/327355217_Nueva_metodologia_para_el_diseño_de_indices_de_calidad_ambiental_basada_en_extensiones_difusas_de_funciones_de_transformacion
- Pérez, V. E. (2010). *Procedimiento de agregación para la construcción de indicadores sintéticos de sostenibilidad en las zonas de turismo de naturaleza en Cuba* [Tesis doctoral,

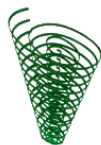


- Universidad de Pinar del Río" Hermanos Saíz Montes de Oca"]. Archivo digital.
<https://rc.upr.edu.cu/jspui/bitstream/DICT/3408/1/Victor%20Ernesto%20P%20c3%a9rez%20Le%20c3%b3n.pdf>
- Quiroga, R. (2001). *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas*. CEPAL. <https://www.uv.mx/mie/files/2012/10/sesion-7-quiroga-indics-sost-amb-y-ds-cepal-16.pdf>
- Rodríguez, D., Calzado, O., Noguera, A. L., Córdova, V., & Arias, 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
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (1980). Hierarchical analysis of behavior in competition: Prediction in chess. *Behavioral science*, 25(3), 180-191
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bs.3830250303>
- Sánchez, G. F. (2009). Análisis de la sostenibilidad agraria mediante indicadores sintéticos: aplicación empírica para sistemas agrarios de Castilla y León [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo digital.
https://oa.upm.es/5018/1/GABRIELA_SANCHEZ_FERNANDEZ.pdf
- Sornoza, A. Y., Zambrano, L. D., Murillo, A. M., & Bracho, A. M. (2022). Frecuencia de helmintos y su relación con la calidad ambiental en arena de la playa San José de Montecristi, Ecuador. *PENTACIENCIAS*, 4(5), 31–43.
<https://www.editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/203/357>
- Vidal, E., & Regaldo, L. (2022). *Gestión ambiental: introducción a sus instrumentos y fundamentos*. Ediciones UNL.
https://iutamaracay.com.ve/iuta_webpage/archivos/Gestion_Ambiental_Vidal_Regaldo_WEB%20%281%29.pdf
- WWF (2012). *Planeta Vivo. Informe 2012. Biodiversidad, biocapacidad y propuestas de futuro*.
https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/informe_planeta_vivo_2012_5.pdf

Declaración de conflicto de interés y conflictos éticos

Los autores declaramos que el presente manuscrito es original y no ha sido enviado a otra revista. Los autores somos responsables del contenido recogido en el artículo, y en él no existen plagios, ni conflictos de interés, ni éticos. Se libera a la revista de cualquier compromiso ético y /o legal.





Declaración de contribuciones de los autores

Damarys Fuentes Díaz. Conceptualización, análisis formal, metodología, validación redacción-borrador original.

María Elena Zequeira Álvarez. Conceptualización, análisis formal, metodología, redacción-revisión y edición.

Eduardo Julio López Bastida. Investigación y validación, redacción- revisión y edición.

Editado por: Dr. C. Lisbeth de los Ángeles Zayas Bazán Fernández

