

Estrategias integradas para la mejora de la sostenibilidad ambiental

Integrated strategies for the improvement of environmental sustainability

Estratégias integradas para a melhoria da sustentabilidade ambiental

TayHing-Cajas, Carolina
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
ctayhing@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5433-6544>



Díaz-Ponce, Mariela
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
mdiaz@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8944-5994>



Guerrero-Chuez, Norma
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
nguerrero@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3192-5981>



Herrera-Feijoo, Robinson J.
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
rherreraf2@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3205-2350>



 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/n1/418>

Como citar:

TayHing-Cajas, C., Díaz-Ponce, M., Guerrero-Chuez, N., & Herrera-Feijoo, R. J. (2024). Estrategias integradas para la mejora de la sostenibilidad ambiental. *Código Científico Revista De Investigación*, 5(1), 1111–1123.

Recibido: 16/05/2024

Aceptado: 12/06/2024

Publicado: 30/06/2024

Resumen

Este estudio abordó la sostenibilidad urbana en la ciudad de Valdez, provincia de Esmeraldas, Ecuador, utilizando un enfoque no experimental. Se recopilaron datos de diversas fuentes, incluyendo encuestas exhaustivas, observaciones de campo y el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT). A través de un análisis de componentes principales (ACP), se seleccionaron 11 variables discriminantes de un total de 26, explicando el 98,50% de la variabilidad. La "compacidad absoluta" resultó ser la variable más influyente, destacando la importancia de la proximidad de áreas verdes (250 m² a 400 m²) para mejorar la conectividad y la disponibilidad de espacios verdes por habitante. El estudio también identificó componentes críticos relacionados con el consumo de energía, la planificación urbana y la actividad comercial. Un análisis de árbol de decisión con seis nodos resaltó la relevancia de la "compacidad absoluta" y la proximidad de áreas verdes en la sostenibilidad urbana. Además, se observó que la densidad de servicios comerciales contribuye más significativamente a la sostenibilidad que la densidad de espacios verdes. Los resultados subrayan la necesidad de una planificación urbana integrada que priorice la gestión de recursos, la conservación de áreas verdes y la eficiencia energética. En conclusión, este estudio proporciona una base sólida para abordar los desafíos de sostenibilidad urbana en Valdez, promoviendo acciones concretas y compromisos a largo plazo. La implementación de estrategias basadas en los hallazgos puede guiar efectivamente las políticas para mejorar la calidad de vida y la sostenibilidad en la ciudad.

Palabras clave: Sostenibilidad urbana; indicadores ambientales; estrategias ambientales; diagnostico ambiental

Abstract

This study addressed urban sustainability in the city of Valdez, Esmeraldas Province, Ecuador, using a non-experimental approach. Data were collected from a variety of sources, including comprehensive surveys, field observations, and the Development and Land Use Plan (PDyOT). Through principal component analysis (PCA), 11 discriminant variables were selected from a total of 26, explaining 98.50% of the variability. Absolute compactness" turned out to be the most influential variable, highlighting the importance of the proximity of green areas (250 m² to 400 m²) to improve connectivity and the availability of green spaces per inhabitant. The study also identified critical components related to energy consumption, urban planning and commercial activity. A six-node decision tree analysis highlighted the relevance of "absolute compactness" and proximity to green areas on urban sustainability. In addition, the density of commercial services was found to contribute more significantly to sustainability than the density of green space. The results underscore the need for integrated urban planning that prioritizes resource management, green space conservation, and energy efficiency. In conclusion, this study provides a solid foundation for addressing urban sustainability challenges in Valdez by promoting concrete actions and long-term commitments. The implementation of strategies based on the findings can effectively guide policies to improve the quality of life and sustainability in the city.

Keywords: urban sustainability; environmental indicators; environmental strategies; environmental diagnosis.

Resumo

Este estudo abordou a sustentabilidade urbana na cidade de Valdez, província de Esmeraldas, Ecuador, utilizando uma abordagem não experimental. Os dados foram recolhidos a partir de uma variedade de fontes, incluindo inquéritos exhaustivos, observações no terreno e o Plano de

Desenvolvimento e Ordenamento Territorial (PDyOT). Através da análise de componentes principais (PCA), foram seleccionadas 11 variáveis discriminantes de um total de 26, explicando 98,50% da variabilidade. A "compacidade absoluta" revelou-se a variável mais influente, destacando a importância da proximidade de áreas verdes (250 m² a 400 m²) para melhorar a conectividade e a disponibilidade de espaços verdes por habitante. O estudo identificou igualmente componentes críticas relacionadas com o consumo de energia, o planeamento urbano e a atividade comercial. Uma análise de árvore de decisão de seis nós destacou a relevância da "compacidade absoluta" e da proximidade de áreas verdes para a sustentabilidade urbana. Além disso, verificou-se que a densidade de serviços comerciais contribui mais significativamente para a sustentabilidade do que a densidade de espaços verdes. Os resultados sublinham a necessidade de um planeamento urbano integrado que dê prioridade à gestão dos recursos, à conservação dos espaços verdes e à eficiência energética. Em conclusão, este estudo fornece uma base sólida para enfrentar os desafios da sustentabilidade urbana em Valdez, promovendo ações concretas e compromissos a longo prazo. A implementação de estratégias baseadas nos resultados pode efetivamente orientar as políticas para melhorar a qualidade de vida e a sustentabilidade na cidade.

Palavras-chave: Sustentabilidade urbana; indicadores ambientais; estratégias ambientais; diagnóstico ambiental; diagnóstico ambiental

Introducción

La urbanización es un fenómeno predominante y una estrategia clave para impulsar el crecimiento económico (Zhang & Chen, 2021). Este proceso de expansión urbana influye significativamente en las políticas de planificación urbana contemporáneas, orientadas hacia el desarrollo, la expansión y la gestión de las ciudades para alcanzar un crecimiento sostenido (Bamrunghul & Tanaka, 2023). Según proyecciones de las Naciones Unidas, se estima que para el año 2050 aproximadamente el 68% de la población mundial vivirá en entornos urbanos. Este incremento tendrá un impacto significativo en la sostenibilidad de los sistemas urbanos, los cuales se verán desafiados por el aumento de la demanda de recursos, energía y la necesidad de gestionar los desechos (Viglia et al., 2018).

Por lo tanto, es crucial implementar indicadores de bienestar ambiental que permitan sintetizar, comprender y monitorear las complejas interacciones necesarias para mejorar las políticas de sostenibilidad urbana (Musa et al., 2015). Por otro lado, Salazar et al. (Salazar et al., 2019) menciona que, los procesos de urbanización en América Latina han mejorado las condiciones de vida en algunos sectores de la población, pero no han sido inclusivos. Entre los

desafíos se destacan los asentamientos informales, la falta de servicios, la segregación residencial, la gentrificación, la inseguridad y los riesgos socioambientales. En este contexto, los indicadores ambientales urbanos se presentan como herramientas fundamentales para abordar las especificidades y características locales, esenciales para desarrollar estrategias que preserven el capital natural y reduzcan los efectos de la contaminación en los entornos urbanos (Velazquez-Mar & Salazar-Solano, 2020).

En este sentido, Rebotier et al. (2020) señalan que, la provincia de Esmeraldas ha experimentado históricamente un impacto limitado de la planificación urbana, llegando incluso a describirse como una ausencia de planificación en lugar de un mero incumplimiento. La regulación territorial en la provincia se enfoca en mitigar los riesgos desde una perspectiva de construcción social, donde la población se ve obligada a satisfacer sus propias demandas de vivienda, equipamientos y servicios, mientras que el estado interviene financiando infraestructuras destinadas a la economía productiva. La importancia de una planificación urbana adecuada y la implementación de marcos legales para fomentar el desarrollo sostenible en el cantón Eloy Alfaro y la ciudad de Valdez es crucial para cumplir con el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 11, cuyo propósito es crear comunidades sostenibles, fortalecer infraestructuras resilientes y preservar los ecosistemas naturales

Este estudio evaluó el nivel de sostenibilidad ambiental basado en indicadores de sostenibilidad urbana (ISAU) en el cantón Eloy Alfaro, provincia de Esmeraldas. Se consideraron los impactos negativos derivados de la interacción humana y cultural en el medio ambiente. A partir del diagnóstico de estos indicadores, se identificaron potenciales estrategias dirigidas a fomentar el crecimiento urbano a través de acciones favorables que respondan a los procesos medioambientales y antropogénicos, equilibrando los factores social, cultural, económico y ambiental.

Metodología

Área de estudio

El estudio se desarrolló en la zona urbana de la ciudad de Valdez, cabecera del cantón Eloy Alfaro. Esta ciudad cuenta con una población de 6,226 habitantes y está delimitada por las parroquias Pampal de Bolívar, La Tola y Tambillo al norte, sur y este respectivamente. Valdez abarca un área de 120 km², lo que representa el 2.57% del área total del cantón Eloy Alfaro. Geográficamente, la ciudad se encuentra en las coordenadas E 24424,10 – N 38157,20 en el norte del país, a una altitud media de 6 metros sobre el nivel del mar.

Métodos

La fase diagnóstica se centró en la recopilación de datos relacionados con la planificación territorial, incluyendo el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) del cantón. Dentro de la planificación territorial, se consideraron variables como la población urbana, usos del suelo e intensidades, edificaciones, patrimonio, vivienda y hábitat, espacios públicos urbanos, áreas verdes, acceso sostenible al agua potable, demanda y consumo de energía eléctrica, riesgos, recolección de residuos sólidos urbanos y calidad del aire. A partir de estas variables, se desarrollaron los Indicadores de Sostenibilidad Urbana (ISAU), siguiendo la metodología propuesta por Giraud Herrera & Morantes (2017).

El cálculo muestral para poblaciones finitas reflejó un total de 192 lotes y 129 viviendas, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Esta distribución se realizó de forma aleatoria mediante la herramienta “Create Random Points” en el software ArcGIS. Las encuestas permitieron registrar variables predictoras con el propósito de evaluar 12 ítems (Tabla 1), adaptados a la metodología propuesta por Giraud Herrera & Morantes (2017).

Tabla 1.*Indicadores de sostenibilidad ambiental urbana (ISAU) del cantón Eloy Alfaro*

Componente	VARIABLES	Indicador	
Ocupación de tierras y operación de la ciudad	Población urbana	Tasa de crecimiento de la población	
	Usos del suelo e intensidades	Densidad neta de la población	
			Porcentajes de áreas residenciales multifamiliares (Pisos)
		Edificios	Superficie construida por habitante
Vivienda y hábitat	Vivienda y hábitat	Edad de los edificios (años)	
		Dureza de los edificios	
		Edificios patrimoniales	
		Densidad de viviendas (m ² *hab)	
Espacios públicos urbanos y áreas verdes	Áreas verdes	Áreas verdes por habitantes (m ² * habitante)	
		Techos verdes	
		Proximidad de áreas verdes y espacios públicos (m)	
El ciclo del agua	Acceso sostenible a agua potable y saneamiento	Consumo de agua potable por aporte (m ³)	
Riesgo socio naturales	Riesgo	Riesgo de inundación	

Nota: Autores (2024)

Los datos recopilados se organizaron en hojas de cálculo en Microsoft Excel y posteriormente se sometieron a evaluación y análisis utilizando el software SPSS versión 25. Se llevó a cabo un análisis de componentes principales (ACP) para identificar las relaciones lineales entre variables clave de sostenibilidad, seleccionando 11 variables relevantes basadas en sus estructuras. A partir de este análisis, se realizó un análisis de árbol de decisión utilizando una variable dependiente con el objetivo de analizar y evaluar los factores que influyen en el equilibrio ambiental de la ciudad.

Resultados

Análisis ISAU de componentes principales

Mediante el ACP se seleccionaron variables con estructuras significativas, basándose en su relación con la sostenibilidad. Se aplicaron pruebas de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) que mostraron una excelente adecuación muestral con un valor de 0,917. La prueba de esfericidad de Bartlett fue altamente significativa, validando los requisitos previos para la aplicación del ACP. Inicialmente, se analizaron 26 variables de sostenibilidad, las cuales se redujeron según su poca relación estadística mediante criterios de comunalidades ($>0,70$) y varianza total explicada ($>70\%$), resultando en 11 variables de sostenibilidad discriminantes (Tabla 2).

Tabla 2

Comunalidades de variables de sostenibilidad del cantón Eloy Alfaro

Variable de sostenibilidad	Inicial	Extracción
Compacidad absoluta	1,00	0,99
Población urbana	1,00	0,97
Número de oficinas	1,00	0,99
Arboles urbanos sanos	1,00	0,94
Áreas verdes * habitantes	1,00	0,99
Proximidad de áreas verdes y espacios públicos	1,00	0,98
Consumo de energía eléctrica	1,00	0,98
Emisiones de CO ₂	1,00	0,97
Riesgos de afectación * incendio	1,00	0,99
Edad de la edificación	1,00	0,99
Superficie edificada	1,00	0,98

Nota: Autores (2024)

Se identificaron cuatro componentes principales (Tabla 3) que, en conjunto, explicaron el 98,50% de la variabilidad en las variables de sostenibilidad y se relacionan con dimensiones clave de la sostenibilidad urbana. Al comparar estos resultados con los estudios realizados por Musse et al. (2018) y Sruthi & Mohammed (2020) se pueden destacar similitudes y diferencias

notables. El primer componente presentó una varianza del 51%, siendo la más alta, lo que sugiere que el crecimiento urbano en Valdez está estrechamente relacionado con el consumo de energía y las consideraciones ambientales. El segundo componente, con una varianza del 17%, plantea la importancia de la planificación urbana en la calidad del entorno y la vida de los habitantes. Finalmente, el cuarto componente, con una varianza del 13%, indica una cierta concentración de actividad comercial en áreas urbanas específicas.

Tabla 3

Varianza total de variables de sostenibilidad del cantón Eloy Alfaro

Componente	Autovalores iniciales			Suma de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	9,97	90,68	90,68	5,65	51,39	51,39
2	0,50	4,50	95,17	1,93	17,53	68,92
3	0,21	1,90	97,07	1,85	16,80	85,73
4	0,15	1,38	98,46	1,40	12,73	98,46

Nota: Autores (2024)

Conforme el primer componente, la investigación realizada por Musse et al. (2018), identificó un componente relacionado con el "efecto adverso del uso del suelo", lo que indica preocupaciones similares sobre el uso del suelo en áreas urbanas. Por otra parte, con respecto al segundo componente, (Sruthi & Mohammed, 2020), destaca que la densidad de población y su correlación con la densidad de hogares, también tiene implicaciones para la planificación urbana y la distribución de la población. Mientras tanto, Musse et al. (2018), sugieren que la "prestación de servicios públicos" rige como un componente clave, lo que subraya la importancia de servicios efectivos en áreas urbanas en concordancia al tercer componente. Finalmente, en lo que concierne al cuarto componente, este se caracteriza por presentar áreas con un mayor número de oficinas (Tabla 4), siendo coherente con lo propuesto por Musse et al. (2018), quienes resultan la importancia de la "actividad comercial" en el área urbana.

Tabla 4*Componente rotado de variables de sostenibilidad del cantón Eloy Alfaro.*

	Componente			
	1	2	3	4
Compacidad absoluta	0,41	0,4	0,79	0,22
Población	0,78	0,41	0,35	0,28
Número de oficinas	0,58	0,32	0,28	0,69
Arboles urbanos sanos	0,73	0,36	0,35	0,39
Áreas verdes * habitantes	0,78	0,37	0,34	0,36
Proximidad de áreas verdes y espacios públicos	0,86	0,29	0,3	0,28
Consumo de energía eléctrica	0,88	0,22	0,3	0,25
Emisiones de CO ₂	0,78	0,41	0,35	0,28
Riesgo de afectación * incendio	0,38	0,8	0,39	0,25
Edad de la edificación	0,79	0,35	0,32	0,37
Superficie edificada	0,71	0,41	0,49	0,29

Nota: Autores (2024)

Análisis de clasificación supervisada de Sostenibilidad Ambiental mediante Árbol de Decisión

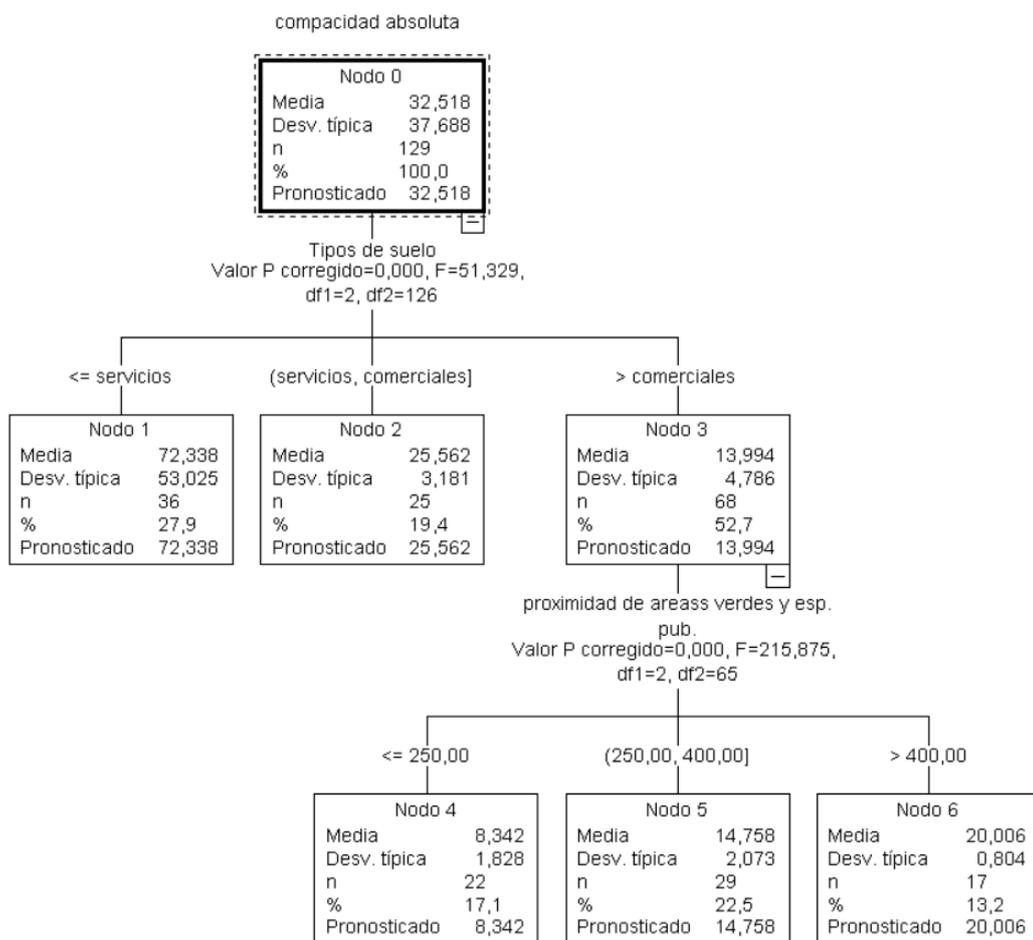
Se obtuvo un árbol de decisión con seis nodos (Figura 1), donde la variable "compacidad absoluta" demostró ser la más relevante para el modelo debido a su alta correlación según su valor de extracción observado en la comunidad de variables. Además, se destacó que la proximidad de áreas verdes, dentro del rango de 250 m² a 400 m², desempeñó un papel crucial para mejorar la conectividad y aumentar la disponibilidad de áreas verdes por habitante en la infraestructura urbana preexistente en la ciudad. En este contexto, Zagow et al. (2024) afirman que la dependencia de datos transversales limita la capacidad de inferir relaciones causales y cambios temporales en las características urbanas y las emisiones de CO₂. Por lo tanto, Xiao et al. (2021) sugieren que la densidad de servicios comerciales tiene una mayor contribución que la densidad de espacios verdes, indicando que las actividades económicas son más influyentes que las actividades sociales.

Los espacios verdes a nivel de barrio tienen como objetivo principal satisfacer la demanda de ejercicio diario y entretenimiento de los vecinos del entorno, y cuentan con una

superficie menor a 2 hectáreas. Además, el modo de caminar puede desempeñar un papel más importante en la visita a estos espacios verdes que el transporte público, con una distribución de peso del 75% frente al 25% (Zhang et al., 2021). Asimismo, los espacios verdes afiliados a instalaciones de servicios públicos, como hospitales y escuelas, pueden abrirse moderadamente a la comunidad. Esto se puede facilitar a través de estrategias de zonificación y uso escalonado (Xue et al., 2023).

Figura 1

Árbol de decisión de variables de sostenibilidad



Nota: Autores (2024)

Conclusión

El análisis de clasificación de las variables de sostenibilidad reveló que la "compacidad absoluta" es la variable más influyente en el modelo. Además, la proximidad de áreas verdes, específicamente en un rango de 250 m² a 400 m², demostró ser crucial para mejorar la conectividad y aumentar la disponibilidad de espacios verdes por habitante en la infraestructura urbana existente en Valdez. Estos hallazgos indican que los niveles de sostenibilidad urbana en Valdez tienen una base sólida para el desarrollo e implementación de acciones orientadas a la construcción de una ciudad más sostenible. En resumen, el enfoque en la compacidad urbana y la optimización de espacios verdes puede guiar efectivamente las políticas y estrategias para promover la sostenibilidad y mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Referencias bibliográficas

- Astudillo-Martínez, W. J., Andrade-Bravo, A. G., García-Valdez, J.-D., & Almenabá-Guerrero, Y. F. (2023). *Un Análisis Científico del Ruido Ambiental y Laboral en Sectores Urbanos*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.1.2022.50>
- Bamrunghul, S., & Tanaka, T. (2023). *World Development Sustainability Paradigm shift in sustainable urban planning for Thailand's provincial cities from the perspective of urban development stages during the 2010s*. 3(December 2022). <https://doi.org/10.1016/j.wds.2023.100085>
- Beltrán-Jimenez, S. S., Gómez-Reina, M. Ángel, Monsalve-Estrada, N. Y., Ospina-Ladino, M. C., & López-Muñoz, L. G. (2023). Optimización del Overrun (aireado), del rendimiento, de los sólidos solubles y los costos de un helado mediante el diseño de mezclas. *Journal of Economic and Social Science Research*, 3(4), 68–83. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v3/n4/81>
- Chicaiza-Ortiz, C. D., Rivadeneira-Arias, V. del C., Herrera-Feijoo, R. J., & Andrade, J. C. (2023). *Biología Ambiental, Aplicaciones y Tendencias*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.1.2022.25>
- Chicaiza-Ortiz, C. D., Rivadeneira-Arias, V. del C., Herrera-Feijoo, R. J., & Andrade, J. C. (2023). Guía de Biología Ambiental. In *Biología Ambiental, Aplicaciones y Tendencias* (pp. 6–71). Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.cl.2022.16>
- Chicaiza-Ortiz, C. D., Rivadeneira-Arias, V. del C., Herrera-Feijoo, R. J., & Andrade, J. C. (2023). Prácticas de laboratorio y cuestionario sobre biología ambiental.

- In *Biotecnología Ambiental, Aplicaciones y Tendencias* (pp. 92–117). Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.cl.2022.18>
- Franco Intriago, M. E., & Loor Moncayo, S. A. (2021). La ética del control de la contaminación ambiental automotriz en el Ecuador. *Journal of Economic and Social Science Research*, 1(1), 1–14. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/V1/N1/16>
- García Moreno, M., & Vargas Fonseca, A. D. (2023). Restitución de derechos territoriales y ordenamiento ambiental en territorios étnicos en Colombia. *Journal of Economic and Social Science Research*, 3(3), 76–96. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v3/n3/74>
- Giraud Herrera, L., & Morantes, G. (2017). Aplicación del análisis multivariante para la sostenibilidad ambiental urbana. *Bitácora Urbano-Territorial*, 1(27), 89–100.
- Herrera-Feijoo, R. J. (2024). Principales amenazas e iniciativas de conservación de la biodiversidad en Ecuador. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(1), 33–56. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n1/85>
- Herrera-Feijoo, R. J., Chicaiza-Ortiz, C. D., Rivadeneira-Arias, V. del C., & Andrade, J. C. (2023). Análisis bibliométrico como una herramienta en la biotecnología ambiental. In *Biotecnología Ambiental, Aplicaciones y Tendencias* (pp. 72–91). Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.cl.2022.17>
- Musa, H. D., Yacob, M. R., Abdullah, A. M., & Ishak, M. Y. (2015). Delphi Method of Developing Environmental Well-being Indicators for the Evaluation of Urban Sustainability in Malaysia. *Procedia Environmental Sciences*, 30, 244–249. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.044>
- Musse, M. A., Barona, D. A., & Santana Rodriguez, L. M. (2018). Urban environmental quality assessment using remote sensing and census data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 71(October 2017), 95–108. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.05.010>
- Rebotier, J., Metzger, P., Pigeon, P., & Barreno Lalama, A. (2020). ¿Esmeraldas indomable? La planificación urbana a la luz de los regímenes de acumulación. *Revista de Geografía Norte Grande*, 231(77), 211–231. <https://doi.org/10.4067/s0718-34022020000300211>
- Ruiz-Sanchez, C. I., Herrera-Feijoo, R. J., Guamán-Rivera, S. A., & Fernández-Vélez, C. V. (2023). Enfoque innovador en el diseño de revestimientos para cunetas: material compuesto de polímeros reciclados. In *Sinergia Científica: Integrando las Ciencias desde una Perspectiva Multidisciplinaria* (pp. 49–66). Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.cl.2022.22>
- Salazar, P., Gascón i Martín, F., & Pedraza, T. (2019). El riesgo socio-ambiental en los procesos de urbanización de América Latina. El caso de Vista al Mar, un campamento emplazado en los cerros de Valparaíso. *Quid 16. Revista Del Área de Estudios Urbanos*, 0(8), 25–51.
- Sánchez-Caguana, D. F., Landázuri-Álvarez, M. B., Ramírez-Martínez, S. L., & Acosta-Muñoz, M. M. (2024). Desarrollo Sostenible y Contabilidad: Integrando la Contabilidad Ambiental en Prácticas Empresariales. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(2), 157–177. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n2/105>

- Sruthi Krishnan, V., & Mohammed Firoz, C. (2020). Regional urban environmental quality assessment and spatial analysis. *Journal of Urban Management*, 9(2), 191–204. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2020.03.001>
- Vargas-Fonseca, A. D., Borja-Cuadros, O. M., & Cristiano-Mendivelso, J. F. (2023b). *Introducción a la estructura ecológica principal del Distrito Capital y su región ambiental: Conceptos fundamentales, ordenamiento territorial e instrumentos jurídicos*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.2022.34>
- Velazquez-Mar, A. C., & Salazar-Solano, V. (2020). Indicadores de calidad ambiental urbana: Una revisión. *Gestión y Ambiente*, 22(2), 303–312. <https://doi.org/10.15446/ga.v22n2.80854>
- Viglia, S., Civitillo, D. F., Cacciapuoti, G., & Ulgiati, S. (2018). Indicators of environmental loading and sustainability of urban systems. An emergy-based environmental footprint. *Ecological Indicators*, 94(June 2016), 82–99. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.03.060>
- Xiao, L., Lo, S., Liu, J., Zhou, J., & Li, Q. (2021). Nonlinear and synergistic effects of TOD on urban vibrancy: Applying local explanations for gradient boosting decision tree. *Sustainable Cities and Society*, 72, 103063. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103063>
- Xue, K., Yu, K., & Zhang, H. (2023). Accessibility analysis and optimization strategy of urban green space in Qingdao City Center, China. *Ecological Indicators*, 156, 111087. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111087>
- Zagow, M., Elbany, M., & Darwish, A. M. (2024). Identifying urban, transportation, and socioeconomic characteristics across US zip codes affecting CO2 emissions: A decision tree analysis. *Energy and Built Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2024.01.004>
- Zapata-Mendoza, P. C. O., Villalta-Arellano, S. R., Berrios-Zevallos, A. A., Atto-Coba, S. R., & Berrios-Taucaya, O. J. (2023). *Sostenibilidad ambiental en el diseño arquitectónico de plantas procesadoras de alimentos*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.2022.59>
- Zhang, D., & Chen, Y. (2021). Evaluation on urban environmental sustainability and coupling coordination among its dimensions: A case study of Shandong Province, China. *Sustainable Cities and Society*, 75, 103351. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103351>
- Zhang, J., Yue, W., Fan, P., & Gao, J. (2021). Measuring the accessibility of public green spaces in urban areas using web map services. *Applied Geography*, 126, 102381. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102381>