

Gestión sostenible del territorio: análisis y zonificación agroecológica en una región rural del Ecuador

Sustainable land management analysis and agroecological zoning in a rural region of Ecuador

Carlos Alberto Nieto-Cañarte

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
cnieto@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1817-9742>

Víctor Manuel Guamán-Sarango

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
vguaman@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-4135-2394>

Manuel Gregorio Jiménez-Icaza

Universidad Agraria del Ecuador
mjimenez@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-0699-0389>

Mayra Carolina Vélez-Ruiz

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
mvelez@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4407-2965>

RESUMEN

La investigación se realizó en la parroquia rural La Victoria, cantón Salitre, provincia del Guayas, Ecuador, con la finalidad de llevar un registro actualizado del uso y cobertura del suelo en dicha parroquia. Para ello, el estudio se desarrolló en 3 fases: Investigación, Levantamiento y Procesamiento de la Información. El resultado fue la elaboración de mapas temáticos con la ayuda de herramientas geomáticas, donde se observaron los diferentes tipos de uso y cobertura del suelo existentes en el área de estudio, con el fin de lograr el uso racional de los recursos. Cabe mencionar que aproximadamente el 30% del área es de uso agrícola, el 40% del área es zona antrópica, el 13% del área es bosque seco, el 2% del área son cuerpos de agua y el 15% restante se dedica a minería a cielo abierto (explotación de canteras).

Palabras clave: Zonificación, geomática, mapas, uso del suelo y cobertura del suelo.

ABSTRACT

The research was carried out in the rural parish of La Victoria, canton of Salitre, province of Guayas, Ecuador, with the aim of keeping an updated record of land use and coverage in said parish. To this end, the study was developed in 3 phases: Research, Survey and Information Processing. The result was the elaboration of thematic maps with the help of geomatic tools, where the different types of land use and coverage existing in the study area were observed, in order to achieve the rational use of resources. It is worth mentioning that approximately 30% of the area is for agricultural use, 40% of the area is anthropic zone, 13% of the area is dry forest, 2% of the area are bodies of water and the remaining 15% is dedicated to open-pit mining (quarrying).

Keywords: Zoning, geomatics, maps, land use and land cover.

INTRODUCCIÓN

La zonificación agroecológica y el mapeo del uso del suelo son herramientas fundamentales para alcanzar varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, particularmente el ODS 15 "Vida de ecosistemas terrestres" y el ODS 13 "Acción por el clima" (UNO, 2024). Según Carrillo (2022), la gestión sostenible del territorio contribuye directamente a la conservación de la biodiversidad, la mitigación del cambio climático y la adaptación a sus efectos. Además, Gräfe & Köhl (2020) señalan que el uso adecuado del suelo basado en zonificación agroecológica apoya el ODS 2 "Hambre cero", al promover prácticas agrícolas sostenibles y resilientes. Este enfoque integrado de planificación territorial es crucial para equilibrar las necesidades de desarrollo económico con la preservación del ambiente (Shaho et al., 2013).

El incremento exponencial de la población ha modificado los patrones de consumo y necesidades humanas; donde el suelo, esencial para satisfacer dichas demandas, ha sufrido procesos de degradación por una inadecuada planificación; para ello conocer el uso y la cobertura del suelo es crucial para mantener la estabilidad climática, la productividad y minimizar la contaminación ambiental (Vizueté-Montero et al., 2022). La zonificación agroecológica (ZAE) se refiere a la definición de zonas basadas en la combinación de diversos parámetros, como el clima, el suelo y la fisiografía, según los criterios de la FAO (1996). Los mapas de cobertura de suelo son herramientas valiosas a nivel global, ya que ayudan a delimitar el uso adecuado del suelo y sus características. Estos mapas complementan los análisis de suelo, facilitando la identificación de áreas idóneas para la producción agropecuaria (Buzai et al., 2012). Los proyectos sociales no solo generan ingresos directos al estado a través de impuestos por el uso del suelo, sino que también promueven su uso adecuado, considerando las limitaciones geográficas que pueden afectar la producción agrícola (Baxendale, 2010).

La planificación mediante sistemas de información geográfica (SIG) permite analizar el uso y la ocupación del suelo, así como la explotación de recursos naturales, ya sean renovables o no. Esta herramienta facilita la evaluación de los procesos de generación, distribución y transporte, y sus diferentes impactos en el ámbito social, económico y político (Arancibia, 2008). Los mapas de cobertura del paisaje, suelo o entorno ambiental pueden generarse digitalmente mediante el uso de satélites. Para crear estos mapas, es necesario monitorear las imágenes satelitales desde la última actualización hasta el presente (Caicedo-Vargas et al., 2023). Diseñar un mapa de uso y cobertura del suelo es una tarea compleja, influenciada por factores como la extensión territorial, la topografía montañosa, la diversidad de coberturas vegetales y la dinámica de los paisajes.

Además, la elaboración cartográfica y los insumos necesarios (equipos) pueden encarecer el proceso (Escandón-Panchana et al., 2024). Contar con una base de datos sobre el cambio en el uso y cobertura del suelo es fundamental para documentar procesos como la pérdida de capital natural o biodiversidad. Esto permite modelar los posibles efectos del cambio global y fundamentar estrategias de planificación del uso del suelo (El Behairy et al., 2023). El avance de la biogeografía ha sido impulsado por el desarrollo y aplicación de tecnologías computacionales como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y diversos métodos estadísticos espaciales (Liria, 2008). Los SIG son herramientas valiosas para analizar datos geográficos y resolver problemas relacionados con la planificación territorial (Espinel et al., 2024).

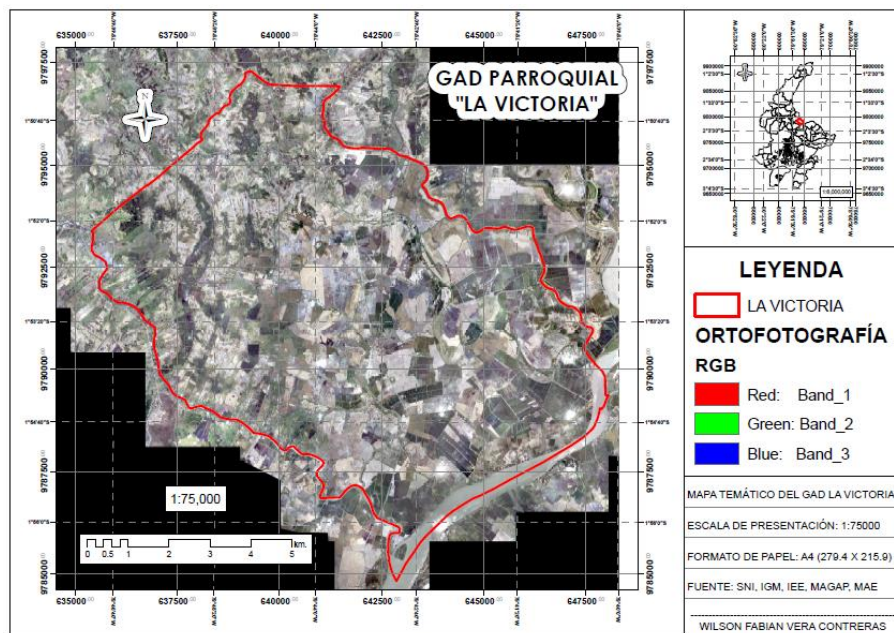
Ecuador, al igual que muchos países tropicales, enfrenta significativos cambios en el uso y cobertura de suelos, destacándose actividades como la agricultura, la forestación y la acuicultura. En la parroquia La Victoria, es esencial identificar los límites adecuados para los cultivos y evaluar los riesgos asociados, con el fin de mejorar la producción agrícola y ganadera (Vizuite-Montero et al., 2024). La novedad científica de esta investigación radica en el uso de modelos avanzados de mapeo satelital, proporcionando a profesionales herramientas para la medición y ubicación precisa de zonas. Esta aplicación contribuye a resolver problemas como la falta de conocimiento sobre la cobertura y uso del suelo, y permite identificar las características de los diferentes cuadrantes estudiados. Los resultados obtenidos pueden aplicarse para optimizar el uso del suelo y desarrollar estrategias que aumenten la rentabilidad de los productos, facilitando la modernización de los sistemas de ubicación satelital para evaluar la producción y cobertura de los sembríos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La investigación se desarrolló en el GAD parroquial rural La Victoria "Ñauza" del cantón Salitre "Urbina Jado", de la Provincia del Guayas en el Ecuador; el cual está constituido por su centro urbano parroquial, un centro poblado (Bodeguita) y 26 recintos; Limita al Norte con Salitre y Baba, al Sur con Samborondón, al Este con Salitre y Samborondón, y al Oeste con Samborondón, Babahoyo y Baba; cuya superficie es de aproximadamente 8131.53 hectáreas (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Salitre [GAD Salitre], 2020). A continuación, en las siguientes figuras se muestran mapas de ubicación del área de estudio:

Figura 1. GAD parroquial rural La Victoria



Modalidad y tipos de investigación

La investigación es de tipo descriptiva y cuantitativa, además de ser práctica aplicada en ejecución de un mapeo de la zona en estudio con resultados de mejoras en conocer, estudiar y tener una herramienta de medición de la cobertura del uso del suelo en los diferentes tipos de producción del sector. La parte central del presente trabajo consiste en contrastar información e identificar uso y cobertura del suelo con respecto a las imágenes satelitales y orto fotográfico, para lo cual se definió un proceso que garantice la elaboración de una base de datos geográfica como producto final. Por la forma en que se desarrolló la presente investigación, fue un estudio de caso con aplicación tecnológica en el campo de la Geografía.

Metodología

La metodología utilizada en el presente estudio se desarrolló en 3 fases:

Investigación de información: El método observado demandó del conocimiento de la zona de estudio, conseguido por experiencia previa o desarrollada para la elaboración de un trabajo de campo (Escandón-Panchana et al., 2023). Esto quiere decir, que el intérprete debió mostrar familiaridad con el área de interés, para poder ubicar áreas suficientemente representativas (designadas como áreas o regiones de interés, conocido como ROI por sus siglas en inglés), de cada una de las categorías (Ilniyaz, Kurban & Du, 2022).

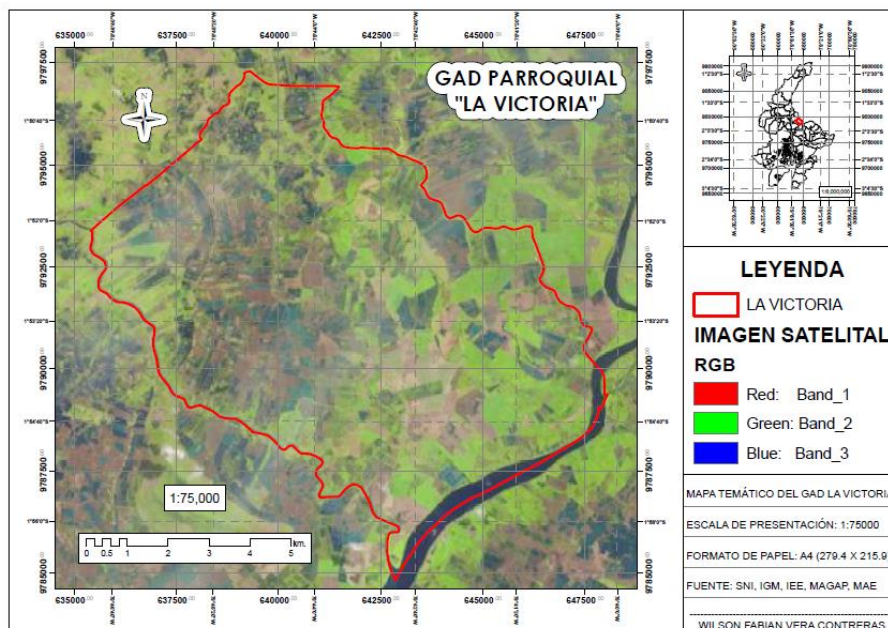
Levantamiento de información: Se tomaron datos georreferenciados en puntos previamente identificados y distribuidos espacialmente de manera aleatoria: cobertura vegetal, suelo desnudo, cuerpos de agua, zona antrópica, etcétera (Toaza-Patiño et al., 2021).

Procesamiento de información: Tabulación de la información levantada en campo, y posterior análisis de la información, cuyos resultados son mapas temáticos, con ayuda de herramientas geomáticas (Butler, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

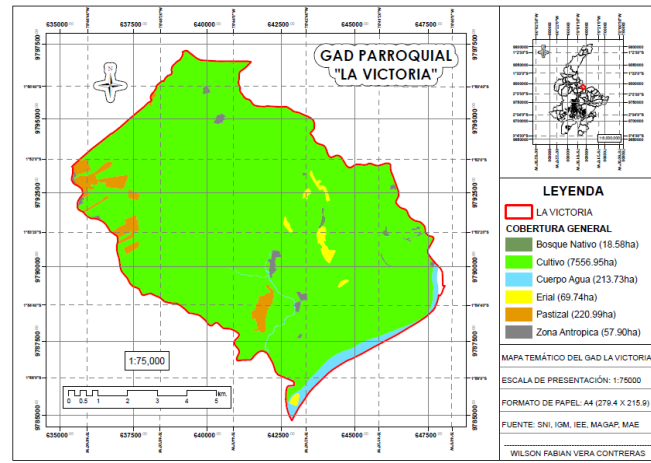
Para definir la cobertura y uso de suelo de la parroquia La Victoria (Ñauza), se procedió a descargar una imagen satelital actual del lugar de estudio, del sensor L8 OLI/TIRS del satélite Landsat 8, con una cobertura de nubes inferior al 10% en "Natural Color"; para luego procesarlo en ArcGIS (ArcMap). Se cargó la imagen satelital al software geomático, se seleccionaron 4 tipos de coberturas correspondientes a: zona antrópica, cobertura vegetal, cuerpos de agua, suelo desnudo. Luego se activó la herramienta Image Classification en la barra de herramientas del ArcMap. Posteriormente se comenzó a dibujar polígonos por medio de la opción polígono que tiene la herramienta Image Classification. Se dibujó un polígono por cada tipo de cobertura descrita anteriormente (zona antrópica, cobertura vegetal, cuerpos de agua, suelo desnudo). Luego se procedió a unir por medio de la opción Training Sample Manager, que se encuentra en la opción Classification y aquí se seleccionaron las coberturas similares y se utilizó la opción Merge training samples para unir en una sola capa cada tipo de cobertura. Posteriormente se guardó el trabajo realizado a través de la opción Create a signature file. Este archivo guardado se procedió a cargarlo a través de la opción Image Classification > Classification > Classification / Maximum Likelihood Classification. En Input raster bands se cargó la imagen satelital guardada y editada recientemente y se ejecutó la herramienta para delimitar las áreas según las 4 coberturas definidas (ver Figura 2).

Figura 2. Imagen satelital del GAD parroquial rural La Victoria



Para analizar las coberturas, se convirtió el raster generado a polígono, con esto se pudo editar detalles en la tabla de atributos (por ejemplo, el área de cada una de las coberturas generadas). Para esto se procedió a cargar del Arc toolbox la herramienta Conversion Tools > From Raster, y en Input raster se cargó el archivo de cobertura generado y se lo guardó en la carpeta de trabajo. Cabe mencionar que la interpretación visual realizada en ArcGIS, se pudo delimitar las coberturas existentes en el área de estudio, para posterior verificación y corroboración en campo (ver Figura 3).

Figura 3. Imagen satelital del GAD parroquial rural La Victoria



Para la corroboración de coberturas en campo y por ortofotografía aérea, se procedió a realizar una visita técnica en la parroquia Victoria (Ñauza) para subclasificar las coberturas antes delimitadas, en especial la cobertura de vegetación, es decir que esta se organizó los cultivos existentes como: cacao, arroz, pasto etc. En la visita se tomaron coordenadas con un navegados, para los diferentes tipos de cobertura vegetal existentes en la zona de estudio. Además, se utilizó una ortofotografía aérea del lugar, para delimitar el área de cada cobertura vegetal y/o cultivo, ya que esta presenta una mejor resolución que la imagen satelital LANDSAT descargada anteriormente (ver Figura 4 y 5).

Figura 4. Mapa de cobertura vegetal

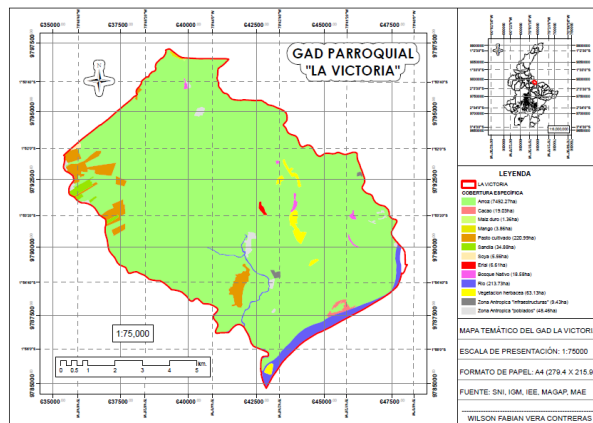
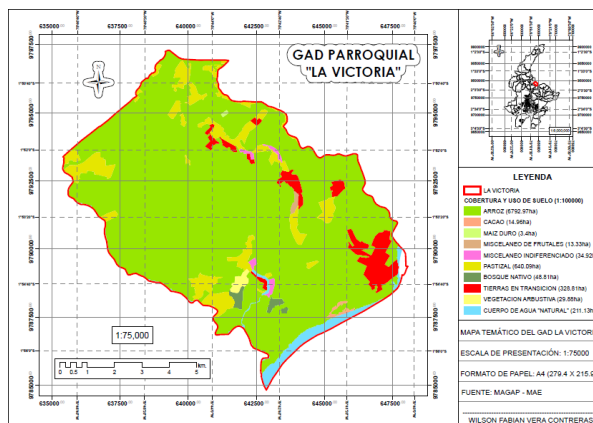


Figura 5. Mapa de uso del suelo



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha demostrado que con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y con puntos de control levantados en campo, se pudo completar y actualizar la información del GAD parroquial rural La Victoria. Al generar el mapa de cobertura vegetal y uso del suelo, permitirá al profesional y usuario tener un control detallado del mismo, permitiendo visualizar, comparar y tomar decisiones más acertadas en pro del GAD parroquial rural La Victoria.

Es importante reconocer las limitaciones teóricas y metodológicas de este estudio: En primer lugar, la resolución de las imágenes satelitales utilizadas puede no capturar completamente la heterogeneidad del paisaje a escala muy fina; Además, la clasificación de coberturas se basó en un número limitado de categorías, lo que podría simplificar excesivamente la complejidad real del uso del suelo en la región; Metodológicamente, el estudio se limitó a un análisis estático del uso del suelo, sin considerar la dinámica temporal de los cambios en la cobertura.

Para futuras investigaciones, se sugiere una agenda que aborde las siguientes temáticas: Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo en la parroquia La Victoria, utilizando series temporales de imágenes satelitales como variable independiente y los cambios en la cobertura como variable dependiente; Evaluación del impacto de las prácticas agrícolas en la calidad del suelo y la biodiversidad, considerando diferentes sistemas de manejo agrícola como variables independientes e indicadores de salud del suelo y biodiversidad como variables dependientes; Modelación de escenarios futuros de uso del suelo bajo diferentes políticas de gestión territorial, utilizando variables socioeconómicas y climáticas como predictores; Análisis de la fragmentación del paisaje y su impacto en la conectividad ecológica, empleando métricas de paisaje como variables dependientes y patrones de uso del suelo como variables independientes. Investigaciones similares podrían emplear metodologías como el análisis espacial avanzado, modelos de cambio de uso del suelo basados en agentes, y técnicas de aprendizaje automático para el procesamiento de imágenes satelitales de alta resolución. El contexto de estudio podría ampliarse a nivel regional o nacional para obtener una comprensión más amplia de los patrones de uso del suelo.

REFERENCIAS

- Arancibia, María Ester. (2008). El uso de los sistemas de información geográfica -SIG- en la planificación estratégica de los recursos energéticos. *Polis (Santiago)*, 7(20), 227-238. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-65682008000100012>
- Baxendale, C. A. (2010). Geografía, organización del territorio y Sistemas de Información Geográfica. En Buzai, G. D. (ed.), *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*, 37-49. Luján: GESIG-UNLU.
- Butler, Kevin. (2013). Band combination for Landsat 8. *Esri. Imagery & Remote Sensing*. <https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/24/band-combinations-for-landsat-8/>
- Buzai, G. D., Baxendale, C. A., Cacace, G., Humacata, L., Caloni, N., & del Rosario Cruz, M. (2012). Geografía y Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la escuela secundaria. Reflexiones y propuestas para el trabajo en las aulas de la República Argentina. *Revista Geográfica*, 152, 63-82. <http://www.jstor.org/stable/43558255>
- Caicedo-Vargas, C., Pérez-Neira, D., Abad-González, J., Gallar, D. (2023). Agroecology as a means to improve energy metabolism and economic management in smallholder cocoa farmers in the Ecuadorian Amazon. *Sustainable Production and Consumption*, 41, 201-212. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.08.005>
- Caroppi, G., Gualtieri, P., Fontana, N., & Giugni, M. (2018). Vegetated Channel Flows: Turbulence Anisotropy at Flow-Rigid Canopy Interface. *Geosciences* 8(7), 259. <https://doi.org/10.3390/geosciences8070259>
- Carrillo M. (2022). Measuring Progress towards Sustainability in the European Union within the 2030 Agenda Framework. *Mathematics*, 10(12), 2095. <https://doi.org/10.3390/math10122095>
- El Behairy, R.A., Arwash, H.M.E., El Baroudy, A.A., Ibrahim, M.M., Mohamed, E.S., Rebouh, N.Y., & Shokr, M.S. (2023). Artificial Intelligence Integrated GIS for Land Suitability Assessment of Wheat Crop Growth in Arid Zones to Sustain Food Security. *Agronomy* 13(5), 1281. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051281>
- Escandón-Panchana, P., Herrera-Franco, G., & Martínez-Cuevas, S. (2023). Geomatic Tools in Agricultural Management" *Environmental Sciences Proceedings* 28(1), 2. <https://doi.org/10.3390/environsciproc2023028002>
- Escandón-Panchana, P., Herrera-Franco, G., Jaya-Montalvo, M. & Martínez-Cuevas, S. (2024). Geomatic tools used in the management of agricultural activities: a systematic review. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04576-8>
- Espinel, R., Herrera-Franco, G., Rivadeneira-García, J. L., and Escandón-Panchana, P. (2024). Artificial Intelligence in Agricultural Mapping: A Review. *Agriculture*, 14(7), 1071. <https://doi.org/10.3390/agriculture14071071>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (1996). *Agro-Ecological Zoning*. Land and Water Development Division. Soil Resources, Management and Conservation Service. *Soils Bulletin* 73. <https://www.fao.org/4/w2962e/w2962e00.htm>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Salitre [GAD Salitre] (2020). Actualización del Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Salitre (2020-2023). 71-75. <https://www.salitre.gob.ec/download/5037/>
- Gräfe S., & Köhl M. (2020). Impacts of Future Crop Tree Release Treatments on Forest Carbon as REDD+ Mitigation Benefits. *Land*, 9(10), 394. <https://doi.org/10.3390/land9100394>
- Ilhiaz, O., Kurban, A., & Du, Q. (2022). Leaf Area Index Estimation of Pergola-Trained Vineyards in Arid Regions Based on UAV RGB and Multispectral Data Using Machine Learning Methods. *Remote Sensing* 14(2), 415. <https://doi.org/10.3390/rs14020415>
- Mehra, R., & Sharma, M. K. (2021). Measures of Sustainability in Healthcare. *Sustainability Analytics and Modeling*, 1, 100001. <https://doi.org/10.1016/j.samod.2021.100001>
- United Nations Organization [UNO]. (2024). Take Action for the Sustainable Development Goals. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>
- Shah K., Mohammad R., Farzam P., & Hatef M. (2013). Measuring Progress toward Environmental Sustainability Using a Quantitative Model. *International Journal of Environmental Protection and Policy*, 1(4), 79-87. <https://doi.org/10.11648/j.ijep.20130104.16>
- Tamborrino R., Dinler M., Patti E., Aliberti A., Orlando M., De Luca C., Tondelli S., Amirzada Z., & Pavlova I. (2022). Engaging Users in Resource Ecosystem Building for Local Heritage-Led Knowledge. *Sustainability*, 14(8), 4575. <https://doi.org/10.3390/su14084575>
- Toaza-Patiño, E. D., Velastegui Cáceres, J. D., Espinoza, V. M., & Sevilla, H. C. (2021). Aplicación de Tecnologías de la Información Geográfica para estimación de áreas afectadas por incendios forestales. *Conciencia Digital*, 4(2.2), 58-69. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i2.2.1739>
- Vizúete-Montero, M., Carrera-Oscullo, P., Barreno-Silva, N., Sánchez, M., Figueroa-Saavedra, H., & Moya, W. (2024). Agroecological alternatives for small and medium tropical crop farmers in the Ecuadorian Amazon for adaptation to climate change. *Agricultural Systems* 218, 103998. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2024.103998>
- Vizúete-Montero, M. O., Figueroa-Saavedra, H. F., Barbaru-Grajales, A. D., Zapata-Mayorga, H. A., Herrera-Ocaña, H. R., & Moya, W. (2022). Physio-edaphoclimatic factors show optimal soil suitability for three tropical crops in the Ecuadorian Amazon. *Scientia Agrícola*, 81, e20220214. <http://doi.org/10.1590/1678-992X-2022-0214>
- Yuan, X., & Bai, J. (2018). Future Projected Changes in Local Evapotranspiration Coupled with Temperature and Precipitation Variation. *Sustainability* 10(9), 3281. <https://doi.org/10.3390/su10093281>