

Impacto de la dinámica territorial y proyecciones del uso de suelo en el bienestar social de la cuenca del río Vinces

Impact of territorial dynamics and land use projections on social well-being in the Vinces River basin

José Luis, Muñoz-Marcillo  ; Luis Enrique, Rivadeneira-Triviño ; Luis Miguel, Veas-Triana 

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.

Resumen

Este estudio examina el impacto de la dinámica territorial y las transformaciones del uso de suelo en la cuenca media-baja del río Vinces durante el periodo 2010-2020, evaluando su incidencia en la configuración espacial y proyectando escenarios hacia 2030, 2040 y 2050. La región, caracterizada por un relieve predominantemente plano con un 70% de pendientes inferiores al 5%, posee una relevancia estratégica para el bienestar socioeconómico del litoral ecuatoriano. Metodológicamente, se procesaron imágenes satelitales Landsat 7 y 8 mediante clasificación supervisada y el algoritmo de máxima verosimilitud, identificando cinco categorías de uso: agrícola, forestal, pecuario, urbano y cuerpos de agua. Los resultados revelan una expansión de la frontera agrícola del 222,6%, alcanzando las 62.288,98 hectáreas en detrimento de superficies pecuarias y forestales. Este crecimiento se localiza mayoritariamente en zonas de susceptibilidad hídrica significativa, lo que incrementa la vulnerabilidad de la infraestructura productiva y los asentamientos humanos. Mediante el modelado con cadenas de Markov y Land Change Modeler, se proyecta que la superficie agrícola superará las 79.000 hectáreas para el año 2050. El análisis evidencia que la acelerada transformación del paisaje, impulsada por la conectividad vial y la demanda hídrica, exige una planificación territorial integrada. Se concluye que es imperativo implementar estrategias de gobernanza que equilibren la productividad con la gestión de riesgos y la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos, asegurando la resiliencia del territorio y el bienestar social de la población frente a los futuros desafíos climáticos y el cambio de uso de suelo no planificado.

Palabras clave: dinámica territorial, gestión hídrica, modelado estocástico, ordenamiento territorial, vulnerabilidad ambiental.

Abstract

This study examines the impact of territorial dynamics and land use transformations in the middle-lower basin of the Vinces River during the 2010-2020 period, evaluating its influence on spatial configuration and projecting scenarios for 2030, 2040, and 2050. The region, characterized by a predominantly flat relief with 70% of slopes below 5%, holds strategic relevance for the socio-economic well-being of the Ecuadorian coast. Methodologically, Landsat 7 and 8 satellite images were processed through supervised classification and the maximum likelihood algorithm, identifying five use categories: agricultural, forest, livestock, urban, and water bodies. The results reveal an expansion of the agricultural frontier by 222.6%, reaching 62,288.98 hectares at the expense of livestock and forest areas. This growth is mostly located in zones with significant water susceptibility, which increases the vulnerability of productive infrastructure and human settlements. Through modeling with Markov chains and Land Change Modeler, it is projected that the agricultural area will exceed 79,000 hectares by the year 2050. The analysis demonstrates that the accelerated transformation of the landscape, driven by road connectivity and water demand, requires integrated territorial planning. It is concluded that it is imperative to implement governance strategies that balance productivity with risk management and the sustainability of ecosystem services, ensuring territorial resilience and the social well-being of the population in the face of future climate challenges and unplanned land use changes.

Keywords: territorial dynamics, water management, stochastic modeling, territorial planning, environmental vulnerability..

| | | | | | |
|-------------------|------------|-------------------|------------|---------------------|------------|
| Recibido/Received | 11-10-2025 | Aprobado/Approved | 28-12-2025 | Publicado/Published | 30-12-2025 |
|-------------------|------------|-------------------|------------|---------------------|------------|

Introducción

El análisis del cambio de uso de suelo ha dejado de ser una preocupación meramente cartográfica para convertirse en un pilar fundamental de la planificación territorial y el bienestar humano. En la literatura contemporánea, esta problemática ha sido abordada desde diversos enfoques que van desde instrumentos de control fiscal hasta la evaluación ambiental profunda. Es en este último aspecto donde el estudio de las transiciones del suelo adquiere una relevancia crítica, pues las alteraciones en la cobertura que incluyen altas tasas de deforestación son identificadas como los principales inductores de la degradación ambiental, la fragmentación de la tierra y la pérdida de biodiversidad a escala global (Frappart et al., 2017). No obstante, esta degradación no es un fenómeno aislado de la esfera humana; por el contrario, la variación de los usos del suelo en el tiempo y el espacio impacta directamente en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) y en la capacidad de las sociedades para sostener sus medios de vida (Marcillo & Cara, 2021).

Desde una perspectiva histórica, el proceso de cambio en el uso del suelo ha experimentado una aceleración sin precedentes a partir de la Revolución Industrial (Armenteras & Rodríguez, 2014). En el contexto actual, la pérdida de millones de hectáreas de bosques anualmente representa un desafío ético y social, dado que esta expansión responde a la presión de una demanda creciente de recursos básicos como alimentos y vivienda para una población en constante aumento (Rodríguez-Echeverry & Leiton, 2021). En regiones de alta productividad, la deforestación se ha convertido en una estrategia sistemática para ampliar la frontera agrícola y las áreas residenciales, lo que plantea una contradicción inherente entre el crecimiento económico inmediato y la sostenibilidad social a largo plazo.

En el caso particular del Ecuador, la cuenca hidrográfica del río Guayas representa la unidad territorial más extensa y estratégica de la costa pacífica de América del Sur. Con una superficie de drenaje de aproximadamente 34,000 km², esta cuenca se configura a partir de la confluencia de los ríos Daule y Babahoyo, integrando una rica diversidad de ecosistemas que abarcan desde el páramo andino hasta los manglares del litoral (Marcillo & Zhunaula, 2025). Dentro de este complejo sistema, la subcuenca del río Vines sobresale como un territorio de vital importancia debido a su pronunciado gradiente altitudinal y su rol protagónico en la seguridad alimentaria del país (Hurtado et al., 2019). Geográficamente, esta región vincula dinámicamente a las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, Cotopaxi y Los Ríos, creando un corredor socioeconómico donde la interacción humana con el entorno natural es constante y, a menudo, conflictiva (Ilbay-Yupa et al., 2019).

La subcuenca del río Vines se distingue por una productividad agrícola excepcional, concentrada en monocultivos de exportación como el arroz, banano, cacao y palma africana (Coloma et al., 2022). Si bien estas actividades son el motor de la economía local, su intensificación ha generado una presión desmedida sobre los recursos naturales, afectando la resiliencia de los ecosistemas y, por ende, el bienestar de las comunidades que dependen de ellos (Muñoz Marcillo, 2021). La expansión urbana desordenada y la hegemonía de los monocultivos han alterado la gobernanza del agua, creando tensiones entre la oferta hídrica natural y la demanda creciente para riego y consumo humano (Marcillo, 2022).

Uno de los impactos más severos de esta dinámica territorial es la alteración del ciclo hidrológico. La deforestación sistemática reduce la capacidad del suelo para regular el flujo del agua, lo que resulta en un incremento de la escorrentía superficial y, consecuentemente, en un aumento del riesgo de inundaciones catastróficas para los asentamientos humanos. Simultáneamente, durante las épocas secas, la disponibilidad de agua disminuye drásticamente, comprometiendo tanto la producción agrícola familiar como la salud pública (Marcillo & Cara, 2021). A este escenario se suma la degradación de la calidad del agua por el uso intensivo de agroquímicos, lo que representa una amenaza latente para la biodiversidad acuática y para todas las actividades humanas que dependen de los ríos como fuente de vida (Marcillo, 2022).

La cuenca media-baja del río Vinces se sitúa así en una encrucijada geográfica y social. Al ser una locación clave para el desarrollo agrícola y urbano, su capacidad de regulación hídrica es fundamental para el sustento de las comunidades locales (Muñoz Marcillo, 2022). Sin embargo, la última década ha sido testigo de transformaciones profundas en el paisaje, donde la ausencia de políticas de ordenamiento territorial sostenibles ha facilitado la pérdida de cobertura vegetal y la erosión del suelo (Murcillo et al., 2020). Estos cambios no son solo métricas ambientales; se traducen en conflictos por el uso de la tierra y en una disminución de la calidad de vida de la población, evidenciando una desconexión entre la gestión técnica del territorio y las necesidades sociales.

Ante esta complejidad, el uso de geotecnologías surge como una herramienta de innovación social y técnica indispensable. El análisis multispectral mediante imágenes satelitales permite monitorear de manera precisa y prever los cambios en la cobertura vegetal, facilitando la identificación de usos inadecuados del suelo (Zhiminaicela-Cabrera et al., 2020). Estas herramientas permiten a los tomadores de decisiones visualizar las tendencias temporales y generar índices espectrales que fundamenten una planificación territorial basada en evidencia científica (Gómez & do Nascimento, 2024). Asimismo, la aplicación de modelos prospectivos, como las cadenas de Markov, ofrece la posibilidad de anticipar escenarios futuros y mitigar riesgos antes de que estos se vuelvan irreversibles (Rosas & Rosas, 2019).

Comprender estas dinámicas territoriales es esencial para transitar hacia un modelo de manejo sostenible que priorice el equilibrio entre la producción y la conservación. El análisis de las transformaciones ocurridas entre 2010 y 2020 permite no solo cuantificar la pérdida de hábitat (Otavo & Echeverría, 2017), sino también entender cómo la expansión de la frontera agrícola impacta en la estructura misma de la sociedad rural (Abad-Auquilla, 2020). La información obtenida a través de estudios multitemporales es la base para diseñar políticas públicas que promuevan un desarrollo equitativo, asegurando que los recursos naturales sigan siendo el soporte del bienestar de las futuras generaciones (Shigui Lema, 2025).

Bajo este marco, se propone analizar el impacto de la dinámica territorial en la cuenca media-baja del río Vinces, enfocándose en la relación intrínseca entre los cambios de uso de suelo y el bienestar social. El objetivo principal es cuantificar las transiciones ocurridas durante el periodo 2010-2020 y proyectar escenarios futuros que sirvan como hoja de ruta para una gestión territorial responsable. Al integrar datos científicos con una visión centrada en el ser humano, se busca no solo proteger el patrimonio natural de la región, sino fortalecer la resiliencia socioeconómica de sus habitantes, sentando las bases para una gobernanza del territorio más justa y sostenible.

Materiales y métodos

Área de Estudio

La investigación se circunscribe a la cuenca media y baja del río Vinces, un sistema hidrográfico estratégico situado en la región litoral del Ecuador y tributario de la cuenca del río Guayas. Geográficamente, el área se extiende entre las coordenadas 00° 14' S - 02° 27' S y 78° 36' O - 80° 36' O, abarcando una superficie total de 1 841,92 km² (Figura 1). Políticamente, el territorio integra sectores de las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, Cotopaxi y Los Ríos, siendo esta última la de mayor peso en términos de extensión y densidad poblacional. La relevancia del sitio radica en su alta productividad agrícola y su rol crítico en la regulación hídrica regional, factores que inciden directamente en el bienestar de las comunidades locales.

Diseño y enfoque de la investigación

Se implementó un diseño de investigación no experimental con un enfoque cronológico-descriptivo de corte longitudinal. Esta metodología permitió analizar la evolución espacio-temporal de la dinámica territorial durante el periodo decenal 2010-2020. El estudio se fundamentó en la identificación

y cuantificación de transiciones entre cinco categorías de uso y cobertura del suelo (LULC): cuerpos de agua (ríos), zonas urbanas, suelo agrícola, áreas pecuarias y cobertura forestal. Este enfoque descriptivo fue el precursor necesario para la generación de modelos predictivos orientados a la gestión territorial sostenible.

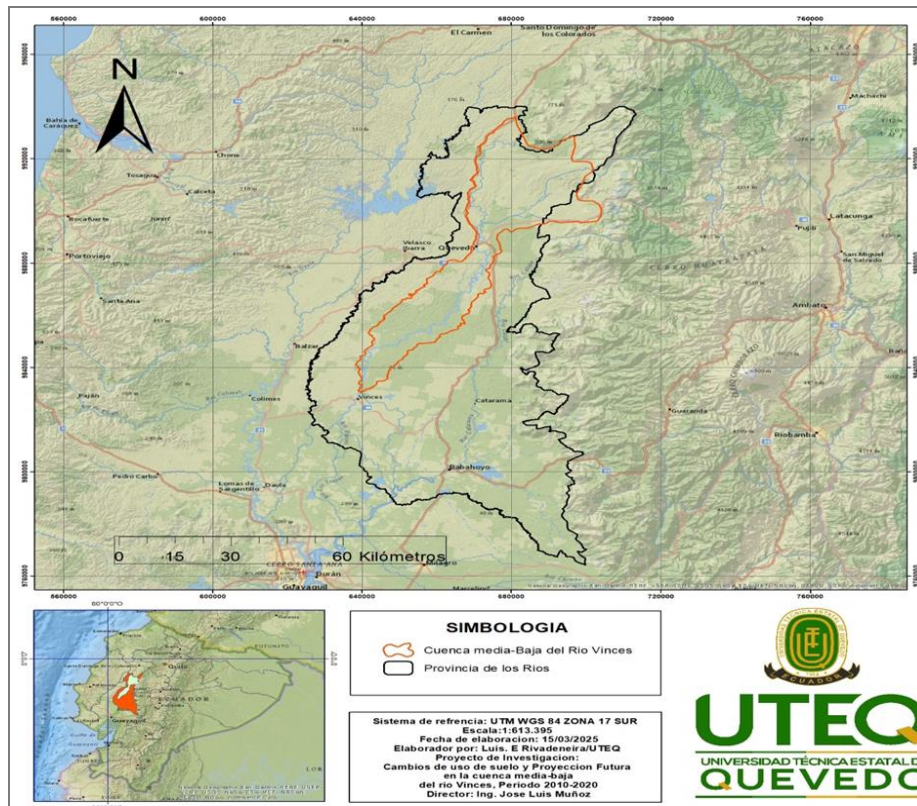


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca media-baja del río Vices

Materiales y fuentes de información

El análisis multitemporal se sustentó en el procesamiento de imágenes satelitales del programa Landsat (resolución espacial de 30 metros), obtenidas a través de la plataforma de la *United States Geological Survey* (USGS). Se utilizaron sensores Landsat 7 para el año base 2010 y Landsat 8 para el año de cierre 2020.

Para la caracterización biofísica y la validación de resultados, se recurrió a cartografía básica del Instituto Geográfico Militar (IGM) y capas temáticas a escala 1:50.000 del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Estos insumos incluyeron variables determinantes como pendientes, altitudes, cercanía a cuerpos de agua, texturas de suelo y niveles freáticos.

Procedimiento y clasificación supervisada

El tratamiento de datos geoespaciales se dividió en tres fases sistemáticas:

1. **Preprocesamiento:** Corrección radiométrica y atmosférica de las imágenes satelitales para asegurar la integridad de las firmas espectrales.
2. **Clasificación:** Se aplicó una clasificación supervisada mediante el algoritmo de Máxima Verosimilitud (*Maximum Likelihood*) utilizando el software especializado TerrSet. Se definieron muestras de entrenamiento para las cinco clases establecidas, garantizando una representación fiel de la realidad territorial.

3. **Diagnóstico Físico-Natural:** Se integró un análisis de susceptibilidad a inundaciones (niveles: alto, medio, bajo, nulo) cruzando variables topográficas y edafológicas. Este diagnóstico permitió evaluar cómo las características intrínsecas del territorio condicionan tanto el uso agrícola como la seguridad de los asentamientos humanos.

Análisis de transición y modelado prospectivo

Para cuantificar los flujos de cambio, se empleó una matriz de transición que permitió identificar la predominancia de cada clase y los procesos de sustitución (ej. de bosque a agricultura). El análisis de las dinámicas se ejecutó mediante el módulo *Land Change Modeler* (LCM) de Idrisi Selva.

La proyección de escenarios futuros para los horizontes 2030, 2040 y 2050 se realizó mediante el modelo CA-Markov (Cadenas de Markov y Autómatas Celulares). Este modelo simuló la transición de áreas hacia el uso agrícola basándose en factores impulsores y limitantes. Para otorgar rigor estadístico al modelo, se asignaron pesos relativos a las variables geográficas según su incidencia en la expansión territorial (Tabla 1).

Tabla 1. Configuración de pesos y relevancia de variables en el modelado geoespacial (Escala 1:50.000)

| Elemento geográfico | Descripción técnica | Peso relativo | Relevancia en el modelo |
|---------------------|---|---------------|--|
| Uso del suelo | Clasificación multitemporal de coberturas (2010-2020) | > 50% | Factor primario para identificar tendencias de transición. |
| Acceso vial | Red vial primaria y secundaria (conectividad) | ~ 25% | Determina la probabilidad de expansión agrícola y logística. |
| Poblados | Centros poblacionales y equipamientos sociales | ~ 25% | Identifica la presión por demanda de servicios y expansión urbana. |

Tratamiento y Validación de Datos

Finalmente, el proceso de validación incluyó el contraste con informes técnicos oficiales y bibliografía científica especializada. El tratamiento sistemático permitió minimizar distorsiones y asegurar que las proyecciones obtenidas constituyan una base científica sólida para la planificación de políticas públicas que busquen equilibrar la producción agrícola con el bienestar social y la conservación ecosistémica en la cuenca del río Vices.

Resultados

La Tabla 2 constituye una síntesis fundamental para comprender la dinámica de la cuenca media-baja del río Vices, permitiendo una lectura transversal de las condiciones físicas y su relación con el impacto humano. El análisis revela que el relieve actúa como el principal factor condicionante del uso del suelo. Con un 70% de la superficie situada en rangos de pendiente de 0-5%, el territorio presenta una homogeneidad topográfica que ha facilitado la transformación masiva del paisaje. Esta planicie no solo simplifica las labores de mecanización agrícola, sino que también define los patrones de asentamiento urbano y la conectividad vial.

Sin embargo, esta ventaja topográfica se contrapone a los niveles de riesgo hídrico identificados. Al integrar los datos de susceptibilidad, se observa que más del 40% de la cuenca posee algún grado de vulnerabilidad ante inundaciones. Es relevante notar que, aunque la mayor parte del territorio se clasifica como sin susceptibilidad (55,01%), el área restante que sí presenta riesgo coincide espacialmente con las zonas de mayor intensidad productiva. Esto sugiere que el modelo de desarrollo territorial actual ha priorizado la aptitud del suelo para el cultivo sobre la resiliencia ante eventos climáticos, un factor crítico para el bienestar social de las poblaciones residentes.

En cuanto a la ocupación del suelo al año 2020, la tabla refleja la consolidación del uso agrícola como el eje motor de la región, abarcando el 33,82% del área total. Este predominio agrícola ha desplazado significativamente a la actividad pecuaria, que ha quedado relegada al 12,87%. Este cambio

no es solo una transición estadística; representa una modificación estructural en la matriz económica de la cuenca. Asimismo, el incremento de los núcleos urbanos al 15,27% indica una presión creciente sobre el suelo que, al combinarse con las zonas de baja pendiente y susceptibilidad hídrica, aumenta la exposición de las comunidades a riesgos naturales.

Tabla 2. Síntesis de variables físicas, uso de suelo y susceptibilidad hídrica en la cuenca del río Vices

| Dimensión de Análisis | Variable / Categoría | Superficie (ha) | Proporción (%) |
|------------------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------|
| Topografía (Pendiente) | 0 - 5% (Plano / Casi plano) | 128 934,58 | 70,00 |
| | 5 - 10% (Ondulado) | 36 838,45 | 20,00 |
| | > 10% (Inclinado / Quebrado) | 18 419,23 | 10,00 |
| Uso del Suelo (2020) | Agrícola | 62 288,98 | 33,82 |
| | Forestal (Plantaciones y Bosques) | 45 653,20 | 24,79 |
| | Núcleos Urbanos | 28 118,38 | 15,27 |
| | Cuerpos de agua (Ríos) | 24 427,87 | 13,26 |
| | Pecuario | 23 706,83 | 12,87 |
| Susceptibilidad a Inundación | Sin susceptibilidad | 101 327,83 | 55,01 |
| | Baja | 61 850,36 | 33,58 |
| | Alta | 9 129,22 | 4,96 |
| | No aplicable | 8 541,94 | 4,64 |
| | Media | 3 342,89 | 1,81 |
| TOTAL | | 184 192,26 | 100,00 |

Finalmente, la proporción de uso forestal (24,79%) y cuerpos de agua (13,26%) completa el mosaico territorial, evidenciando una competencia constante por el espacio entre la conservación de ecosistemas y la expansión antrópica. La información consolidada en esta tabla permite concluir que la cuenca del río Vices atraviesa un proceso de intensificación en el uso de sus recursos, donde la gestión del territorio debe equilibrar urgentemente la productividad con la seguridad habitacional y la sostenibilidad ambiental.

Análisis geoespacial de la dinámica territorial en la cuenca del río Vices

La Figura 2 constituye una síntesis multitemporal y funcional de la región de estudio, estructurada en cuatro paneles interconectados que permiten comprender la evolución del paisaje y su impacto social. En el panel (a), se presenta la red hidrográfica de la cuenca media-baja, destacando al río Vices y sus tributarios como los ejes rectores del territorio. Este mapa base es fundamental para entender la localización de las áreas de mayor productividad, las cuales dependen directamente del acceso permanente al recurso hídrico para el sostenimiento de cultivos de ciclo corto y perennes.

El panel (b) ilustra la distribución espacial de la red vial y los centros poblados. Esta capa de información revela cómo la infraestructura logística ha condicionado la expansión urbana y agrícola, estableciendo corredores de conectividad que facilitan la salida de productos hacia los mercados regionales. La proximidad de los asentamientos a las vías principales y a los cuerpos de agua subraya una configuración territorial orientada a la eficiencia productiva, aunque también expone una mayor vulnerabilidad ante las dinámicas hídricas naturales de la cuenca.

La dinámica de cambio durante la década de estudio se sintetiza en el panel (c), que muestra la curva de ganancias y pérdidas del uso de suelo entre 2010 y 2020. Este gráfico permite visualizar de manera cuantitativa el retroceso de las áreas pecuarias y de vegetación secundaria frente al avance masivo de la frontera agrícola. Esta transición se complementa con el panel (d), donde se presenta la evolución espacial de dicha frontera. El mapa de evolución demuestra que la conversión del suelo ha seguido patrones geográficos definidos por la aptitud del terreno y la accesibilidad vial, consolidando al agro como el uso dominante del suelo.

En conjunto, la Figura 2 (a, b, c y d) proporciona una visión holística de las transformaciones territoriales en la cuenca. La integración de estos elementos permite concluir que el crecimiento agrícola no ha sido un proceso aislado, sino una respuesta a la disponibilidad de recursos naturales y a la infraestructura existente. Esta caracterización es esencial para el diseño de políticas públicas que busquen mitigar la fragmentación ecosistémica detectada y asegurar que la futura expansión de la frontera agrícola, proyectada hacia los horizontes 2030 y 2050, se desarrolle bajo criterios de sostenibilidad y seguridad para las poblaciones humanas.

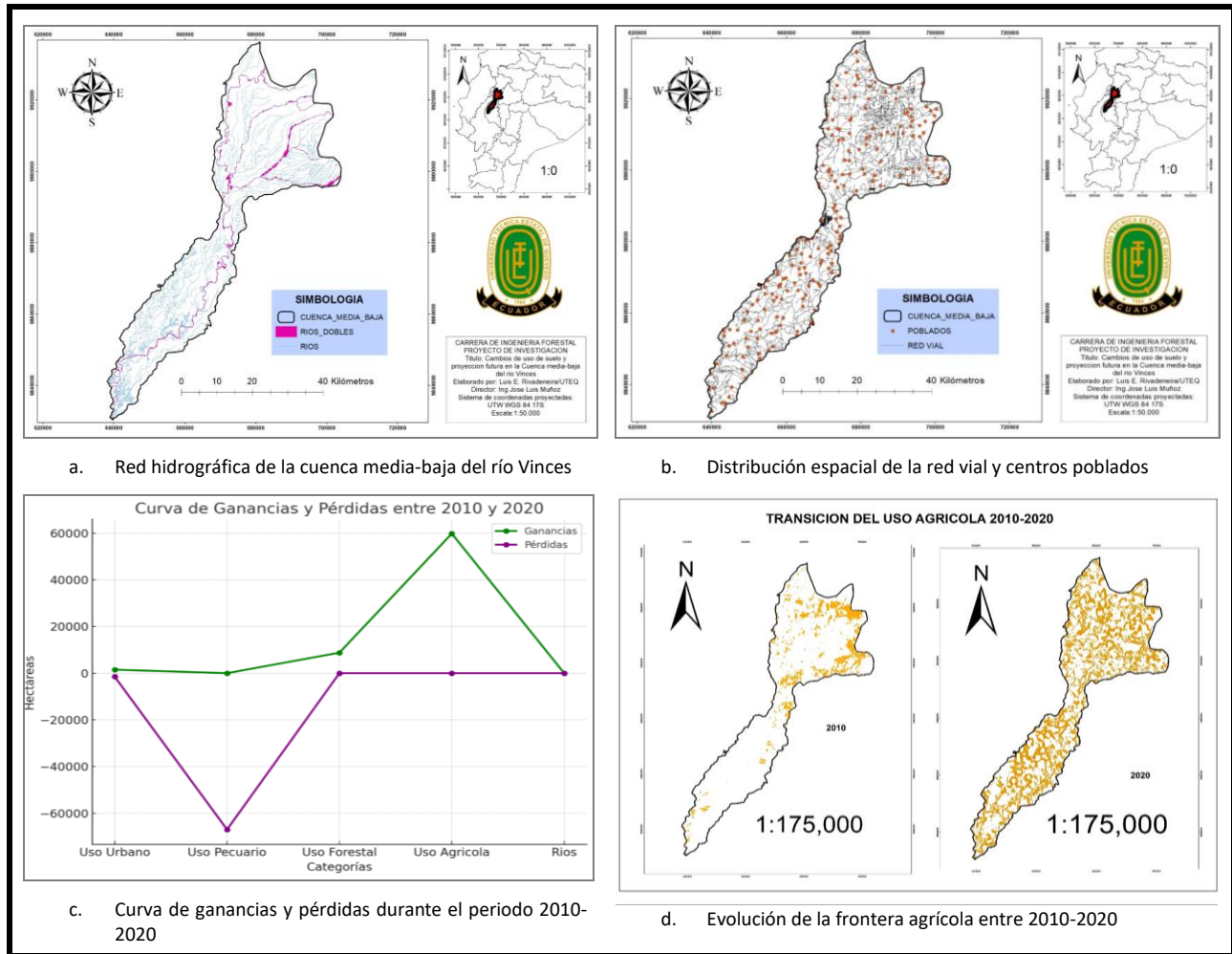


Figura 2. Caracterización sistémica de la cuenca media-baja del río Vices: (a) red hidrográfica principal; (b) infraestructura vial y asentamientos humanos; (c) balance de ganancias y pérdidas de cobertura (2010-2020); y (d) evolución espacial de la frontera agrícola

Análisis de la proyección de la expansión del uso agrícola en el área de estudio

Los resultados obtenidos en el proceso de modelación de escenarios de expansión agrícola en la cuenca media-baja del río Vices ofrecen una proyección detallada y escalonada de los cambios en el uso del suelo en intervalos de 10 años, visualizando el crecimiento agrícola proyectado para los años 2030 como base resultante inicial del alcance de la investigación, y adicional generando proyecciones para los años 2040 y 2050. La implementación de la cadena de Márkov en el Land Change Modeler de IDRISI permitió una simulación robusta basada en las transiciones observadas entre los estadios de 2010 y 2020, identificando áreas con alta probabilidad de conversión a usos agrícolas y reflejando la influencia de factores como el uso del suelo, la proximidad a vías y la cercanía a poblados (Figura 3).

En el año 2030, la superficie agrícola pretende alcanzar un total de 69.590,63 hectáreas, lo que representa un incremento de 7.301,65 ha respecto al año 2020. Esta expansión refleja un proceso de consolidación productiva sobre zonas antes destinadas al uso pecuario, así como la ocupación progresiva de espacios de vegetación secundaria. Desde el punto de vista territorial, la agricultura avanza principalmente sobre áreas de menor pendiente y mayor accesibilidad, priorizando zonas que aún no habían sido intensamente transformadas (Figura 4 a).

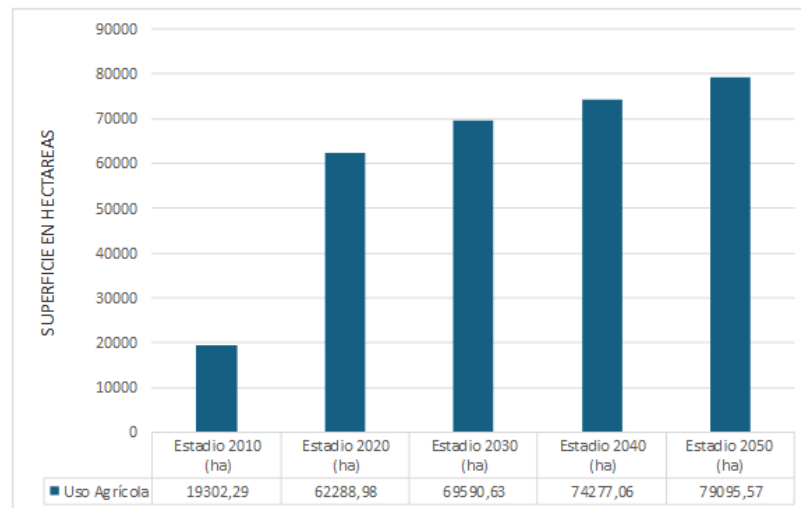


Figura 3. Escenarios de expansión de la frontera agrícola

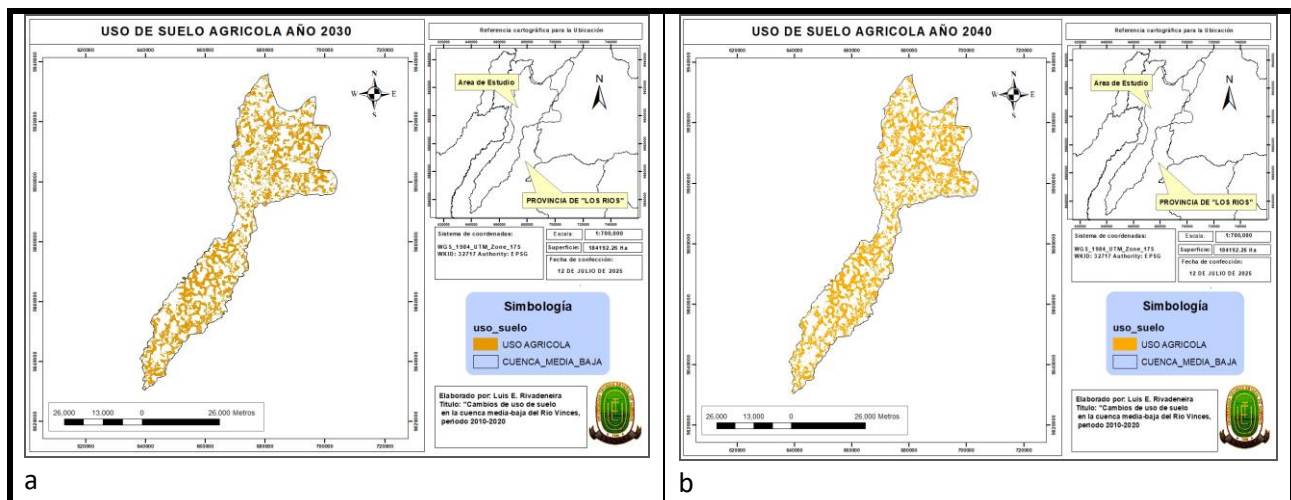


Figura 4. a) Escenarios de expansión agrícola, año 2030, y b) Escenarios de expansión agrícola, año 2040

En el año 2040, de acuerdo a la proyección el área agrícola cubriría un total de 74.277,06 hectáreas, con un crecimiento adicional de 4.686,43 ha en comparación con el 2030. Aunque el ritmo de expansión es menor que en la década anterior, este aumento evidencia un proceso de densificación, en el que áreas agrícolas existentes se amplían y consolidan, especialmente en zonas colindantes a cuerpos de agua y bordes forestales. El patrón espacial comienza a mostrar signos de fragmentación ecológica y pérdida de conectividad entre zonas de vegetación remanente, lo que incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas locales (Figura 4 b).

En el año 2050, la superficie agrícola proyectada ascendería 79.095,57 hectáreas, con un incremento de 4.818,51 ha respecto al 2040. Este último periodo refleja una estabilización en el ritmo de expansión, aunque el crecimiento acumulado en tres décadas supera las 16.806 hectáreas desde 2020, y más de 59.793 ha si se considera desde 2010. El uso agrícola domina por completo el paisaje de la cuenca, limitando la presencia de otras coberturas como la pecuaria o forestal. Este escenario proyecta una fuerte presión sobre los recursos naturales, disminución de la biodiversidad y una reducción crítica en los servicios ecosistémicos de la cuenca (Figura 5).

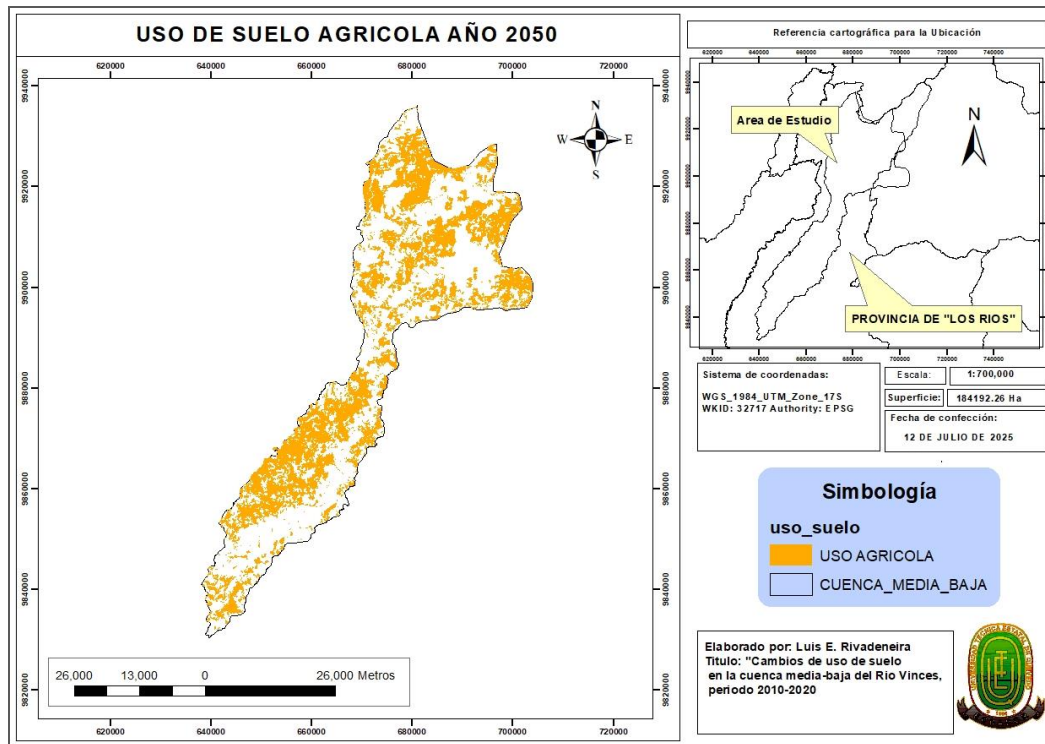


Figura 5. Escenarios de expansión agrícola, año 2050

Discusión

La transformación del paisaje en la cuenca media-baja del río Vices durante el decenio 2010-2020 revela una dinámica territorial caracterizada por una expansión agresiva de la frontera agrícola. El incremento del 222,6 % en la superficie destinada a cultivos no es un hecho aislado, sino que responde a un patrón de intensificación de monocultivos orientados a la exportación, como el banano y la palma aceitera. Este fenómeno coincide con lo expuesto por Marcillo (2022a), quien señala que la cuenca del río Vices ha experimentado un crecimiento acelerado de estos rubros debido a su alta demanda en mercados internacionales, lo que posiciona a la región como un nodo estratégico pero vulnerable dentro del sistema hidrográfico del Guayas.

Esta tendencia de conversión masiva hacia usos más rentables se asemeja a los hallazgos de Ramos-Reyes et al. (2016) en contextos latinoamericanos similares, donde la búsqueda de beneficios económicos inmediatos impulsa la fragmentación del paisaje. En la cuenca Vices, este proceso se ha manifestado mediante el desplazamiento sistemático de áreas pecuarias y bosques secundarios. La pérdida de estas coberturas naturales no solo altera la configuración espacial, sino que, como indican Rodríguez-Echeverry y Leiton (2021), influye directamente en la pérdida de hábitats nativos y la fragmentación de ecosistemas, reduciendo la diversidad biológica en zonas que forman parte de hotspots de biodiversidad.

La vulnerabilidad física del territorio juega un rol determinante en esta discusión. El hecho de que el 70 % de la cuenca presente pendientes inferiores al 5 % facilita la expansión del agro, pero también incrementa el riesgo de degradación. Según Murcillo et al. (2020), la concentración de actividades agrícolas en zonas de baja pendiente genera una presión constante sobre los recursos naturales, lo que a menudo deriva en un desequilibrio ecológico. Esta situación se agrava por la susceptibilidad a inundaciones identificada en el estudio, un fenómeno que Frappart et al. (2017) han documentado mediante el monitoreo de la dinámica espacio-temporal de las inundaciones en la cuenca del Guayas, evidenciando que la variabilidad climática y la falta de cobertura vegetal natural exacerban los eventos extremos.

Un punto crítico identificado es la gestión hídrica. La expansión de la frontera agrícola ha generado una demanda de agua sin precedentes, especialmente para cultivos de alta intensidad como el arroz. Muñoz Marcillo (2021) sostiene que esta presión hídrica genera un desbalance significativo entre la oferta y la demanda de agua para riego. El modelo de extracción directa desde los ríos, sin una regulación técnica adecuada, pone en riesgo el caudal ecológico mínimo. Esta problemática es profundizada por Coloma Zurita et al. (2022), quienes identifican graves deficiencias de gobernanza en torno al uso del suelo y la demanda hídrica en la cuenca del río Vines, sugiriendo que la falta de institucionalidad y control estatal permite una explotación del recurso que compromete la sostenibilidad a largo plazo.

La disminución de la vegetación natural y la sustitución de pastizales por monocultivos intensivos también tienen implicaciones en los servicios ecosistémicos. Armenteras y Rodríguez Eraso (2014) subrayan que las dinámicas de deforestación en Latinoamérica suelen estar ligadas a cambios en las políticas económicas que favorecen la agroindustria sobre la conservación. En el caso del río Vines, la transición hacia una matriz predominantemente agrícola ha reducido la capacidad de regulación hídrica natural del suelo. Marcillo (2022b) refuerza esta idea al señalar que la competencia por el agua se intensifica durante la temporada seca (julio-noviembre), afectando no solo la productividad, sino también el suministro para las comunidades locales y la biodiversidad acuática.

Las proyecciones realizadas hacia los horizontes 2030, 2040 y 2050 mediante modelos geoespaciales confirman que, de no mediar intervenciones, la tendencia de expansión continuará de forma exponencial. El uso de Cadenas de Markov para predecir estos cambios es validado por Rosas y Rosas (2019), quienes destacan el potencial de estos modelos para anticipar transiciones basadas en patrones históricos. Sin embargo, el escenario de alcanzar más de 79 000 hectáreas agrícolas para el 2050 plantea un desafío ético y técnico. Rodríguez-Echeverry y Leiton (2021) advierten que la pérdida progresiva de conectividad entre ecosistemas boscosos nativos puede llegar a un punto de no retorno, donde los servicios ambientales de la cuenca colapsen bajo la presión del monocultivo.

Frente a este panorama, la discusión debe centrarse en la necesidad de un nuevo modelo de gestión. Marcillo y Zhunaula (2025) sugieren que la gobernanza de los recursos hídricos en la cuenca del Guayas requiere de una integración de actores a múltiples escalas para evitar conflictos territoriales. En la subcuenca del Vines, esto se traduce en la urgencia de aplicar una Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH). Marcillo y Cara (2021) proponen que la gobernanza debe ser participativa, involucrando a las juntas de riego y comunidades rurales en la toma de decisiones. Sin una planificación que considere el ordenamiento territorial y la protección de las zonas de mayor susceptibilidad hídrica, el bienestar social de la región se verá comprometido por la degradación de su entorno natural.

Asimismo, estudios como el de Zhiminaicela-Cabrera et al. (2020) demuestran que el uso de herramientas satelitales es crucial para el monitoreo continuo y la detección temprana de cambios no planificados en la cobertura vegetal. La evidencia presentada en esta investigación, al alinearse con la literatura regional, confirma que la cuenca del río Vines se encuentra en una etapa de transformación crítica. La expansión urbana detectada (15,27 % en 2020) añade una capa adicional de complejidad, pues

compite con el suelo agrícola de alta aptitud y presiona aún más la demanda de servicios básicos, como lo analiza Abad-Auquilla (2020) en otros contextos periurbanos del Ecuador.

Finalmente, es imperativo reconocer que la dinámica territorial descrita no es solo un cambio de categorías en un mapa, sino una alteración del metabolismo social de la cuenca. Como indican Hurtado et al. (2019), la caracterización de los sistemas de producción debe considerar tanto la eficiencia económica como la sostenibilidad ambiental. La cuenca media-baja del río Vinges requiere de políticas públicas que fomenten la rotación de cultivos, la tecnificación del riego y la restauración de corredores biológicos para mitigar la fragmentación. Solo a través de una gobernanza efectiva y un ordenamiento territorial basado en la evidencia científica se podrá garantizar que el crecimiento agrícola proyectado no derive en una crisis de recursos que afecte el bienestar de las futuras generaciones.

Consideraciones finales

La transformación del paisaje en la cuenca media-baja del río Vinges revela una transición profunda hacia un modelo de ocupación intensivo, donde la consolidación de la frontera agrícola ha desplazado sistemáticamente a las coberturas naturales y pecuarias. Este crecimiento acelerado, si bien dinamiza la economía regional, ha configurado un territorio con una alta dependencia de monocultivos que presionan de forma crítica los recursos hídricos y fragmentan los ecosistemas remanentes. La evidencia de que la mayor parte de esta expansión ocurre en zonas de baja pendiente y susceptibilidad hídrica sugiere que el desarrollo actual se ha priorizado sobre la base de la rentabilidad inmediata, postergando la resiliencia del territorio frente a las dinámicas naturales de inundación.

Las proyecciones hacia los horizontes 2030, 2040 y 2050 advierten sobre un escenario de saturación territorial si no se implementan medidas de regulación urgentes. La tendencia indica que la superficie agrícola continuará expandiéndose hasta dominar casi la totalidad del paisaje utilizable, lo que podría derivar en un agotamiento irreversible de los servicios ecosistémicos y en una agudización de los conflictos por el uso del agua. Este panorama prospectivo debe interpretarse como una alerta para los tomadores de decisiones, subrayando la necesidad de transitar desde una gestión reactiva hacia una planificación proactiva que limite el avance indiscriminado de la frontera agrícola en áreas de alta vulnerabilidad ambiental.

En conclusión, el bienestar social y la sostenibilidad de la cuenca dependen de la capacidad de integrar la productividad económica con un ordenamiento territorial riguroso. Es imperativo fomentar una gobernanza que incluya la tecnificación del riego, la protección de los caudales ecológicos y la restauración de corredores biológicos que mitiguen la fragmentación observada. La planificación futura no debe centrarse únicamente en la expansión física del agro, sino en la creación de un sistema territorial equilibrado donde la seguridad habitacional de los centros poblados y la conservación de los recursos naturales sean ejes transversales para garantizar la resiliencia de la región ante los desafíos del cambio climático.

Agradecimientos

A nuestra universidad.

Conflicto de intereses

No se reporta.

Referencias

Abad-Auquilla, A. (2020). El cambio de uso de suelo y la utilidad del paisaje periurbano de la cuenca del río Guayllabamba en Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 68-91. <https://doi.org/10.15359/rca.54-2.4>

- Armenteras, D., & Rodríguez Eraso, N. (2014). Dinámicas y causas de deforestación en bosques de Latino América: una revisión desde 1990. *Colombia Forestal*, 17(2), 233-246. <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a07>
- Coloma Zurita, T. S., Muñoz Marcillo, J. L., Vivas Moreira, L. R., & Gonzales Osorio, B. B. (2022). Problemas de gobernanza en torno al uso agrícola del suelo y la demanda de agua para riego en la cuenca del río Vices (Ecuador). *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 18(2), 137-145. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-235X2022000200137>
- Frappart, F., Bourrel, L., Brodu, N., Riofrio Salazar, X., Baup, F., Darrozes, J., & Pombosa, R. (2017). Monitoring of the spatio-temporal dynamics of the floods in the Guayas Watershed (Ecuadorian Pacific Coast) using global monitoring ENVISAT ASAR images and rainfall data. *Water*, 9(1), 12. <https://doi.org/10.3390/w9010012>
- Gómez, J. A. M., & do Nascimento Batista, J. A. (2024). Tendencias temporales en la cobertura vegetal de la Cuenca Ramis: Generación de índices espectrales mediante Google Earth Engine. *Labor e Engenho*, 18, e024016. <https://doi.org/10.20396/labore.v18i00.8677588>
- Hurtado, W. F., Álvarez, H. A., Mouso, J. P., Rodríguez, L. C., Montes de Oca, R. V., & Pedraza Olivera, R. (2019). Caracterización de sistemas de producción agrícolas con ganado vacuno en la cuenca baja del río Guayas, provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista de Producción Animal*, 31(1), 1-10. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202019000100001
- Ilbay-Yupa, M., Zubieta Barragán, R., & Lavado-Casimiro, W. (2019). Regionalización de la precipitación, su agresividad y concentración en la cuenca del río Guayas, Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 30(2), 57-76. <https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.06>
- Marcillo, J. L. M. (2022). Monocultivos en la cuenca del río Vices (Ecuador) y su relación de la demanda de agua para riego. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(1), 115-123. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>
- Marcillo, J. L. M., & Cara, R. B. (2021). Gestión integrada de recursos hídricos y gobernanza: Subcuenca del río Vices, provincia Los Ríos-Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(3), 471-497. <https://www.redalyc.org/journal/280/28068276036/html/>
- Marcillo, J. L. M., & Zhunaula, N. J. V. (2025). Gobernanza y recursos hídricos: Caso Cuenca del Río Guayas, Ecuador. *LATAM: Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 6(1), 35. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i1.3532>
- Marcillo, J. M. (2022). Problemas de gobernanza en torno al uso agrícola del suelo y la demanda de agua para riego en la cuenca del río Vices (Ecuador). *La Técnica*, 12(1), 54-61. <https://doi.org/10.33936/latecnica.v27i1.4798>
- Muñoz Marcillo, J. L. (2021). Monocultivos en la cuenca del río Vices (Ecuador) y su relación con la oferta de agua para riego. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 17(2), 113-123. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-235X2021000200113>
- Muñoz Marcillo, J. L. (2022). Gobernanza de los recursos hídricos en la cuenca del río Vices (Ecuador). *Roca: Revista Científico-Educacional de la Provincia de Granma*, 18(3).
- Murcillo, J. L. M., Gentili, J., & Cara, R. B. (2020). Uso agrícola del suelo y demanda de agua para riego en la cuenca del río Vices (Ecuador) durante el período 1990–2014. *Investigaciones Geográficas: Una Mirada Desde el Sur*, (59), 91-104. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2020.56958>
- Otavo, S., & Echeverría, C. (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(4), 924-935. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.041>

- Muñoz-Marcillo, J. L., Rivadeneira-Triviño, L. E., & Veas-Triana, L. M. (2025). Impacto de la dinámica territorial y proyecciones del uso de suelo en el bienestar social de la cuenca del río Vices. *e-Revista Multidisciplinaria Del Saber*, 3, e-RMS08122025. <https://doi.org/10.61286/e-rms.v3i.319>
- Ramos-Reyes, R., Sánchez-Hernández, R., & Gama-Campillo, L. M. (2016). Análisis de cambios de uso del suelo en el municipio costero de Comalcalco, Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3(8), 151-160.
- Rodríguez-Echeverry, J., & Leiton, M. (2021). Pérdida y fragmentación de ecosistemas boscosos nativos y su influencia en la diversidad de hábitats en el hotspot Andes tropicales. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92, e923449. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3449>
- Rosas, L. D. C. R., & Rosas, J. I. S. (2019). Sobre cadenas de Markov y su potencial en las aplicaciones. *Epistemos*, 13(26), 7-12. <https://doi.org/10.36790/epistemos.v13i26.90>
- Shigui Lema, K. D. (2025). *Análisis multitemporal del cambio de la cobertura vegetal (2013 al 2023) de la parroquia Belisario Quevedo, cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi* [Tesis de doctorado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio UTC. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/14680>
- Zhiminaicela-Cabrera, J., Quevedo-Guerrero, J., & Morocho-Castillo, A. (2020). Deforestación y cambios en la cobertura vegetal del archipiélago de Jambelí, mediante el uso de imágenes satelitales Landsat-8. *Manglar*, 17(2), 153-157. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.023>