

DOI: <https://doi.org/10.47300/actasidi-unicyt-2025-80>

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO SAN JUAN, REPÚBLICA DOMINICANA

Nova-Marmolejos, Juan Francisco

Universidad Autónoma de Santo Domingo, Facultad de Ciencias, Escuela de Biología
Santo Domingo, RD

jnova53@uasd.edu.do

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6477-4206>

Jordan, Manuel Miguel

Universidad Miguel Hernández de Elche, Departamento de Agroquímica y Medioambiente
Alicante, España

Manuel.jordan@umh.es

Almendo-Candel, Maria Belen

Universidad Miguel Hernández de Elche, Departamento de Agroquímica y Medioambiente
Alicante, España

Mb.almendo@umh.es

Nova-Diaz, Rogelio Ernesto

Universidad Autónoma de Santo Domingo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Santo Domingo, República Dominicana

Renovad.96@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4386-1847>

RESUMEN

LAS demandas de una población en crecimiento generan presión sobre los recursos naturales que tienden a su degradación de no hacerse un uso racional, el propósito de esta investigación fue estimar la evolución de los procesos erosivos en subcuenca del río San Juan mediante el uso de herramientas de Sistema de Información Geográfica durante el período 1986-2024. Una investigación no experimental de enfoque descriptivo y relacional. La erosión estimó mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos y para estimar los factores de esta se descargaron imágenes de satélites que fueron convertidas a mapas y con la calculadora ráster de QGIS se integraron se dio salidas a más de erosión. Como resultados se tuvo que los procesos erosivos se incrementaron en 3.45% al pasar la erosión permisible de 13.36% del área a 9.91%, mientras que la erosión leve paso de 47.30-50.15% en el periodo 1986-2000. Luego disminuyeron de 2000-2014, manteniéndose estabilizado hasta 2024. Las principales conclusiones fueron: Los menores niveles de erosión se producen en parte baja de la subcuenca lo que sugiere aumentar los esfuerzos en la implantación de programas de manejo para disminuir los niveles de erosión en la parte media. A nivel espacial el factor que más influye parece ser la pendiente, porque hay más erosión después de los 800 msnm, pero a nivel temporal la cobertura es el más influyente porque es el único que varía en el tiempo.

Palabras clave: Erosión, Imágenes de satélites, Cobertura vegetal, Subcuenca hidrográfica

ABSTRACT

The demands of a growing population exert pressure on natural resources, leading to their degradation if not managed rationally. The purpose of this research was to estimate the evolution of erosive processes in the San Juan River sub-basin using Geographic Information System (GIS) tools during the period 1986–2024. The study followed a non-experimental, descriptive, and relational approach. Soil erosion was estimated using the Universal Soil Loss Equation (USLE). To determine its factors, satellite images were downloaded, converted into maps, and integrated through the raster calculator in QGIS, generating erosion outputs. The results showed that erosive processes increased by 3.45%, with tolerable erosion decreasing from 13.36% of the area to 9.91%. Meanwhile, slight erosion increased from 47.30% to 50.15% between 1986 and 2000. However, it declined between 2000 and 2014 and remained stable until 2024. The main conclusions were: lower erosion levels occur in the lower part of the sub-basin, suggesting that management programs should be reinforced in the mid-basin to reduce erosion levels. Spatially, slope appears to be the most influential factor, as higher erosion is observed above 800 m a.s.l. Temporally, vegetation cover is the most relevant factor, since it is the only one that varies over time.

Keywords: Soil erosion, Satellite imagery, Vegetation cover, Watershed sub-basin

1. INTRODUCCIÓN

Rosatto, H., et al. (2020) Las necesidades de una población en crecimiento sostenido originan demandas que presionan los recursos naturales, desarrollando actividades de productivas, que amenazan la resiliencia de los ecosistemas sean de origen natural o antrópico. Los estudiosos de los recursos naturales definen cuenca hidrográfica como el espacio territorial delimitado por los partes agua formando un patrón hídrico que integra las aguas superficiales y subterráneas conducida a una fuente de agua principal (García et al, 2022). En las cuencas hidrográficas se desarrollan las actividades humanas. (Formaggio, 2024).

En las cuencas existe una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico, los modos de apropiación y las instituciones. (SEMARN, 2013). El río San Juan es el tributario más importante de la cuenca del río Yaque del Sur siendo esta una de las tres cuencas más importante de la Republica Dominicana (Martínez e Izzo 2023).

Para Alvarado y Mainato (2021) La disminución de las áreas boscosas en localidades de Ecuador es debido incremento inadecuado de actividades agropecuarias trayendo consigo el crecimiento de áreas desforestadas, en pastizales y zonas antrópicas e incremento de las actividades agrícola y pecuarias.

Cabrera y Suarez (2022) Los factores humanos y naturales alteran la estructura de la cobertura boscosa impactando los procesos hidrológicos que determinan las relaciones precipitación infiltración y escorrentía influenciando los procesos erosivos.

Segura y Ferreira (2020) estudiaron la problemática de erosión hídrica para las cuencas hidrográficas de los embalses de Sabana Yegua y Tavera con la finalidad de estimar la calidad nutricional de los sedimentos almacenados en ambos embalses y la posibilidad de usarlos como enmienda.

El bosque de conífera ha sido sustituido por cultivos de ciclo corto, conservándose mayormente en el área ocupada por el Parque Nacional José del Carmen Ramírez (Gold Quest. 2016). La vegetación de bosque seco está presente en la parte sur de la cuenca que es la zona más baja y donde la precipitación es menor y las temperaturas son más altas (MMARN, 2024)

El 9.12% de los suelos objeto de estudio son cultivables (Clase II). El 8.82% cultivables con factores limitantes de alguna severidad como la profundidad efectiva, (Clase III). La Clase IV ocupa el 5.35% son suelos limitados para cultivos, presentan limitantes severas. Los Clase V presentan limitantes de drenaje, ocupan el 3.65% Incluye terrenos de montañas, con topografía accidentada. Clase VI Aptos para bosques, pastos y cultivos de montañas, son el 10.13% del área total. Clase VII Incluye terrenos de montaña con topografía accidentada, no cultivables,

aptos para fines explotación forestal 62%. Clase VIII no cultivables, aptos solamente para parques nacionales y zonas de vida silvestre 0.12% (MMARN 2012a).

El sobreuso, de suelo impera en la parte alta de la subcuenca con intensa actividad agrícola que incluye cultivos de ciclo corto y ganadería extensiva, en cambio en la parte plana existen porciones importantes de terrenos que aún siguen subutilizados principalmente en la margen izquierda del río San Juan y ambas márgenes del río Bao (MMARN 2012b).

Trabajos realizados aguas arriba de la presa de Sabaneta el INDRHI (2014) indican que el 28.73% de los suelos presentan niveles de erosión dentro de los límites permisibles (>10 ton/ha/ha), en el restante 71.27% de la erosión supera los límites permisibles.

La dinámica compleja entre recursos naturales, seres humanos y fenómenos naturales trae cambios en el suelo que pueden conducir a su deterioro si no se observan criterios que tiendan a su uso racional y conservación. El objetivo de este trabajo es estimar la evolución de los procesos erosivos en subcuenca del río San Juan mediante el uso de herramientas de Sistema de Información Geográfica durante el período 1986-2024

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó subcuenca del río San Juan perteneciente a la cuenca del río Yaque del Sur, con un área de 2,023.23 km². Tiene como tributarios a los ríos Mijo, Maguana, Jínova, Dajay de la vertiente sur de la Cordillera Central y al río Bao en la vertiente norte de la Sierra de Neiba (MMARN 2012a y IICA, 1992). zona de vida correspondiente bosque húmedo montano bajo según la clasificación de Holdridge (MMARN, 2012 c). En el valle la pluviometría es de 950 mm y temperatura 24.9°C,) en la parte alta la pluviometría es de 1200 mm y la temperatura media 18°C (Gold Quest 2016).

Para realizar este trabajo se usaron Cartas Topográficas del Instituto Cartográfico Militar, Imágenes de Satélites descargadas del Servicio Geológico de Estados Unidos, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

La investigación no experimental con diseño cuantitativo y alcance descriptivo y relacional. Empleando la Ecuación Universal de Perdida de Suelos (Wischmeier y Smith 1978) para estimar la erosión

$$A=R * K * L * S * C * P$$

Donde:

A: Promedio anual de pérdida de suelo, en [t/ha/año]

R: Es el factor de erosividad de la lluvia. Sus dimensiones son [J/m²*cm/hr/año

R=0.5P recomendada para zonas tropicales y usada por Pando et al (2003) citando a Yun

Donde P =precipitación acumulada anual en mm

K: Es el factor erodabilidad del suelo. Es la cantidad promedio de suelo perdido por unidad de factor R, [t*m²*hr/J*ha*cm]

$$LS = \frac{(A(A_{Flow})^m (\sin \beta)^n}{22.13 \quad 0.0896}$$

Donde:

A_{Flow}= Área de contribución aguas arriba por unidad de ancho (m²/m)

β = Angulo de la pendiente en grados

m y n son exponentes empíricos:

m= 0.4 (para pendientes < 1%)

m= 0.5 (para pendientes 1-5%)

m= 0.6 (para pendientes > 5%)

n = 1.3

Esta una herramienta que ofrece el programa QGIS 3.20

Relacionando el NDVI con el Factor C:

El Factor C en USLE varía entre 0 (protección total, ej. bosque) y 1 (suelo desnudo). Puedes transformar el NDVI a Factor C usando fórmulas empíricas. Una común es:

$$C = e^{(-\alpha \cdot NDVI / \beta)}$$

Donde α y β son parámetros ajustables (ej. $\alpha=2$, $\beta=1$ según estudios como (Van der Kniiff *et al* 2000)).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Donde

NIR es la intensidad de la luz en el infrarrojo cercano

RED es la intensidad de la luz en la banda roja (Belasri y Lakhouili 2016)

P: se consideró igual a uno, porque en la zona no se hacen prácticas mecánicas

Se obtuvo mapas para cada uno de los factores de la ecuación y luego se integraron a través de la calculadora ráster de QGIS 3.20 y se dio salida a mapas de erosión de los años 1986, 2000, 2014 y 2024.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el período 1986-2000 la subcuenca del río San Juan presentaba un aumento de los niveles de erosión ya que el área que presentaba por debajo de los niveles permisibles se redujo en 3.45% y los niveles de erosión moderada pasó de 47.30-50.15%, del 2000-2014 se produjo una reducción en los niveles de erosión, ya que aumentó el porcentaje de área de erosión permisible (tabla 1), en lo que parece haber influido la implementación de diversos programas como el Proyecto para el Desarrollo Agrícola de San Juan (Prodas), Proyectos de Desarrollo Agroforestal que han incluido componentes de reforestación en la subcuenca.

Tal y como se observa en la figura 1 los menores niveles de erosión se producen en la parte baja de la cuenca entre los 400 y 800 msnm indicando esto que en la parte media y alta de la cuenca deben continuar los esfuerzos tendientes a reducir los niveles de erosión, ya que superan los rangos permisibles.

Aunque altos estos niveles son inferiores a los encontrados por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos en la subcuenca aportante de presa de Sabaneta el INDRHI (2014) encontró que solo el 28.73% de los suelos produce erosión dentro de los límites permisibles (>10 ton/ha/año), en el restante 71.27% de la erosión supera los límites permisibles, siendo crítico el 14.22% del área donde la erosión hídrica supera las 200 ton/ha/año.

Los niveles de erosión en esta subcuenca son inferiores a los reportados por Consorcio Proyecto, C x A – Ingeniería Caura (2013) para los tres ríos principales de la cuenca de la presa de Sabana Yegua, donde en el menor de los casos superan 260 ton/ha/año.

Los valores de erosión pudieran relacionarse con la actividad agrícola predominante en la zona, ya que la minera Gold Quest (2016) informa que los cultivos agrícolas aguas arriba de la presa de Sabaneta se localizan en las pendientes de las montañas y en los pequeños valles y zonas semi-llanas.

Tabla 1.

Evolución de la erosión hídrica en la subcuenca del río San Juan período 1986-2024

Año	Nivel de erosión (ton/ha/año)	Área (km ²)	% Área
-----	-------------------------------	-------------------------	--------

1986	<10	346.94	13.36
	10-20	1229.23	47.33
	20-50	845.40	32.55
	50-200	172.58	6.65
	>200	2.88	0.11
2000	<10	257.37	9.91
	10-20	1302.38	50.15
	20-50	862.43	33.12
	50-200	172.36	6.64
	>200	2.49	0.10
2014	<10	399.33	15.38
	10-20	1,289.32	49.65
	20-50	761.63	29.33
	50-200	144.76	5.57
	>200	1.99	0.08
2024	<10	415.25	15.99
	10-20	1259.24	48.49
	20-50	770.12	29.65
	50-200	150.22	5.78
	>200	2.19	0.08

Fuente: elaboración propia

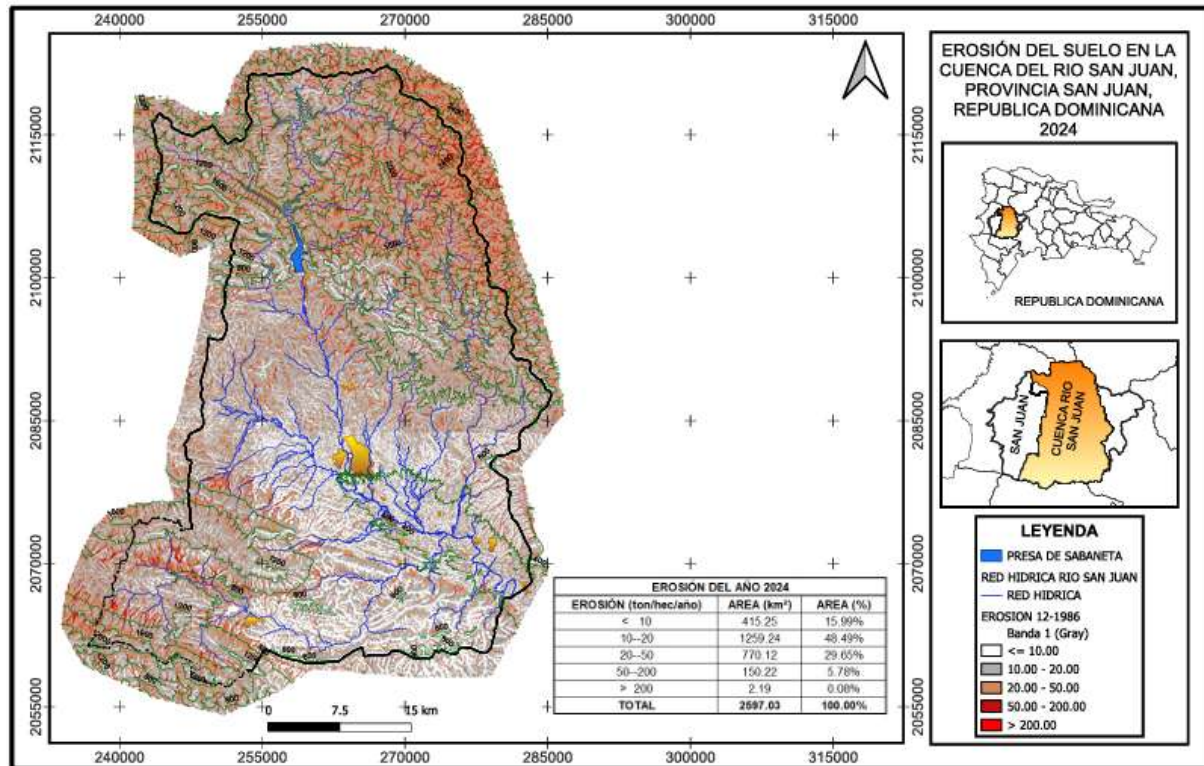


Figura 6. Mapa de erosión de la subcuenca del río San Juan año 2024

5. CONCLUSIONES

Los resultados indican que del 1984-2000 se produjo un aumento considerable en los niveles de erosión, produciéndose una ligera mejoría del 2000-2014 y manteniéndose hasta el 2024.

Los menores niveles de erosión se producen en parte baja de la subcuenca lo que sugiere aumentar los esfuerzos en la implantación de programas de manejo para disminuir los niveles de erosión en la parte media.

A nivel espacial el factor que más influye parece ser la pendiente, porque hay más erosión después de los 800 msnm, pero a nivel temporal la cobertura pesa el más influyente porque es el único que varía en el tiempo.

REFERENCIAS

- Alvarado, N., & Mainato, F. (2021). *Herramientas SIG para el estudio de la cobertura vegetal y cambio de uso de suelo en el cantón Chunchi, provincia del Chimborazo. Ecuador.* <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20104/1/UPS-CT009032.pdf>
- Belasri, A. & Lakhouili, A. (2016). Estimación del riesgo de erosión del suelo mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) y tecnología de geoinformación en la cuenca del río Oued El Makhazine, Marruecos. Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Hassan 1, Settat, Marruecos. DOI: [10.4236/jgis.2016.81010](https://doi.org/10.4236/jgis.2016.81010) PDF [Revista de Sistemas de Información Geográfica > Vol. 8 Núm. 1, febrero de 2016](https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=63959) <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=63959>.
- Cabrera, E., & Suárez, B. (2022). *Análisis de la influencia de cobertura vegetal en el caudal de escorrentía en una cuenca mediante los modelos HEC – HMS y SWAT.* https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/91968/Cabrera_AEA-Suarez_CBG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Consorcio Proyecta, C x A – Ingeniería Caura. (2013). Plan Maestro Actualizado para el Manejo de las Cuencas Altas de la Presa de Sabana Yegua. *Sur Futuro. Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales.* Disponible en: <https://bvearmb.do/handle/123456789/1959>
- Formaggio, L. (2024). *Geociencias, hidrogeología-hidrología.* *Revista Ciencias de la Tierra.* <https://revistacienciasdelatierra.com/geociencias/que-es-una-cuenca-hidrografica/10500/>
- Gold Quest. (2016). *Estudio técnico económico proyecto minero Romero.* <https://mem.gob.do/wp-content/uploads/2019/02/Estudio-Tcnico-Econmico-Minero-Proyecto-Romero.pdf>
- INDRHI (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos). (2014). *Análisis de métodos empíricos de erosión y sedimentos. Proyecto de modelamiento de los regímenes hidrológicos y de los procesos erosión/sedimentación y simulación de escenarios para la restauración de cuencas hidrográficas.*
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (1992). *Proyecto de desarrollo sostenible en San Juan de la Maguana. Volumen II. Análisis hidrológico.*
- Martínez, J., & Izzo, M. (2023). Generación de red hidrográfica densa de República Dominicana a partir de modelo digital de elevaciones de resolución media. *SciELO.* <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.7056>
- MMARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2012a). *Mapa de capacidad productiva de los suelos cuenca río Yaque del Sur.* <https://ambiente.gob.do/app/uploads/2016/12/Yaque-del-Sur-Capacidad-Productiva.pdf>
- MMARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2012d). *Mapa de conflicto de uso de los suelos cuenca río Yaque del Sur.* <https://ambiente.gob.do/app/uploads/2016/12/Yaque-del-Sur-Conflicto-de-Uso-2012.pdf>
- MMARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2024a). *Mapa de cobertura de la subcuenca del río San Juan. Comunicación vía correo electrónico.*
- MMARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2012f). *Mapa de zonas de vida de la cuenca del río Yaque del Sur.* <https://ambiente.gob.do/app/uploads/2016/12/Yaque-del-Sur-zonas-de-vida.pdf>

- Pando, M., Gutiérrez, M., Maldonado, A. Palacio, J. y Estrada, E. (2003). Comparación de métodos para estimar la erosión hídrica. *Investigación Geográfica*. Disponible en: <http://scielo.unam.mx/pdf/igeo/n51/n51a3.pdf>
- Rosatto, H., et al. (2020). Diez años de investigaciones en cubiertas vegetadas de tipo extensivo: Una síntesis de los resultados obtenidos. *Aqua-LAC*, 12(2), 78–84. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/>
- Segura, B., & Ferreira, R. (2020). Aprovechamiento de los sedimentos de los embalses como nutrientes para la fertilización de suelos agrícolas en la República Dominicana. *Aqua-LAC*, 12(2), 15–36. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2013). *Cuencas hidrográficas: Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>.
- Van der Knijff, J.M., Jones, R.J.A., Montanarella L. (2000). Evaluación del riesgo de erosión del suelo en Europa. Disponible en: https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/serae/GRIMM/italia/eritaly.pdf
- Wischmeier, WH y Smith, DD (1978) Predicción de pérdidas por erosión pluvial. Guía para la planificación de la conservación. Manual Agrícola del USDA n.º 537, Maryland.

Los autores del trabajo autorizan a la Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología (UNICYT) a publicar este resumen en extenso en las Actas del Congreso IDI-UNICYT 2025 en Acceso Abierto (Open Access) en formato digital (PDF) e integrarlos en diversas plataformas online bajo la licencia CC: Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

La Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología y los miembros del Comité Organizador del Congreso IDI-UNICYT 2025 no son responsables del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en este artículo.