



PRISMA ODS

REVISTA MULTIDISCIPLINARIA SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE

ISSN: 3072-8452

INCIDENCIA DE LA EXPANSIÓN AGROPECUARIA EN LA EROSIÓN DE LA MICROCUENCA RÍO QUERA

*IMPACT OF AGRICULTURAL
EXPANSION ON EROSION IN THE
QUERA RIVER MICRO-WATERSHED*

AUTORES

**HUGO ENRIQUE AÑAZCO
LOAIZA**
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
MACHALA
ECUADOR

**NEHEMIAS DAVID
FIGUEROA MORENO**
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
MACHALA
ECUADOR

**FERNANDO DAVID
GARATE SÁNCHEZ**
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
MACHALA
ECUADOR

**MISSHEL SKARLETH ERAS
FUENTES**
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
MACHALA
ECUADOR

**KARINA JAMILT
RODRIGUEZ CUENCA**
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
MACHALA
ECUADOR

Incidencia de la Expansión Agropecuaria en la Erosión de la Microcuenca Río Quera

Impact of Agricultural Expansion on Erosion in the Quera River Micro-Watershed

Hugo Enrique Añazco Loaiza

hanazco@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6090-7155>

Universidad Técnica de Machala

Machala - Ecuador

Nehemias David Figueroa Moreno

nfigueroa1@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-6855-1596>

Universidad Técnica de Machala

Machala - Ecuador

Fernando David Garate Sánchez

fgarate1@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0005-9463-4593>

Universidad Técnica de Machala

Machala - Ecuador

Missel Skarleth Eras Fuentes

meras4@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-1581-9254>

Universidad Técnica de Machala

Machala - Ecuador

Karina Jamilet Rodriguez Cuenca

Krodrigue11@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-5426-463X>

Universidad Técnica de Machala

Machala - Ecuador

Artículo recibido: 15/11/2025

Aceptado para publicación: 16/12/2025

Conflictos de Intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

El trabajo analiza como la expansión agropecuaria afecta a la erosión de la microcuenca del río Quera, ubicado en la provincia de El Oro, Ecuador. La metodología empleada fue el modelo RUSLE, herramientas SIG, Python y el software IBM SPSS Statistics para determinar y evaluar los factores que intervienen en la erosión del suelo. La microcuenca caracterizada por su relieve montañoso y sus pendientes, presenta una vulnerabilidad fluvial moderada. Como resultado se obtuvo que en el periodo de 1990 a 2022 existió una disminución de cobertura boscosa, mientras que la cobertura de tierras agropecuarias aumentó, resultando en una pérdida de vegetación nativa en ciertas zonas. Se resalta que el factor con mayor correlación a la pérdida de suelo de la microcuenca es el factor LS (Pendiente y longitud de ladera). A comparación de la cobertura boscosa, las tierras agropecuarias poseen un mayor porcentaje de erosión muy alta lo que afecta negativamente a la cobertura de la microcuenca. Los hallazgos del trabajo indican la necesidad de implementar prácticas agrícolas sostenibles para evitar que la erosión siga incrementándose protegiendo la microcuenca y biodiversidad. Este estudio aporta información valiosa para la gestión integrada de los recursos hídricos en las cuencas hidrográficas en Ecuador.

Palabras clave: erosión del suelo, RUSLE, microcuenca río quera, tierras agropecuarias, SIG

ABSTRACT

The study analyzes how agricultural expansion affects erosion in the Quera River micro-basin, located in the province of El Oro, Ecuador. The methodology used was the RUSLE model, GIS tools, Python, and IBM SPSS Statistics software to determine and evaluate the factors involved in soil erosion. The micro-basin, characterized by its mountainous terrain and slopes, has moderate fluvial vulnerability. The results show that between 1990 and 2022 there was a decrease in forest cover, while agricultural land cover increased, resulting in a loss of native vegetation in certain areas. It should be noted that the factor most closely correlated with soil loss in the micro-basin is the LS factor (slope and length of slope). Compared to forest cover, agricultural land has a higher percentage of very high erosion, which negatively affects the cover of the micro-basin. The findings of this study indicate the need to implement sustainable agricultural practices to prevent further erosion and protect the micro-watershed and biodiversity. This study provides valuable information for the integrated management of water resources in Ecuador's watersheds.

Keywords: soil erosion, RUSLE, quera river micro-basin, agricultural lands, GIS

INTRODUCCIÓN

Las microcuencas hidrográficas son unidades naturales fundamentales para la regulación de los recursos hídricos, la conservación de la biodiversidad y la protección de los suelos. En Ecuador, las microcuencas desempeñan un papel crucial en el equilibrio ecológico y en la mitigación de fenómenos climáticos extremos como las inundaciones y sequías (Macas Cobeña et al., 2023). La microcuenca del río Quera forma parte de la Cuenca Jubones y es crucial para el abastecimiento de agua en tres cantones de la provincial de El Oro. Su relieve montañoso y las pendientes pronunciadas favorecen la erosión fluvial y la escorrentía superficial durante la temporada de lluvias.

Sin embargo, en las últimas décadas, las microcuencas, incluyendo la del Río Quera han sufrido transformaciones aceleradas debido al crecimiento urbano y los cambios drásticos en el uso del suelo tal como la deforestación, la conversión de bosques en áreas agrícolas y pastizales e incluso la minería (Calero et al., 2023; Chaparro et al., 2023; Ríos et al., 2021). Estos cambios han provocado un aumento en la escorrentía y una disminución de la infiltración de agua en el subsuelo intensificando así la erosión y desertificación de los suelos (Chaparro et al., 2023).

La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) es considerado un enfoque clave para el manejo sostenible de las cuencas hidrográficas, dado que, en la creciente demanda de agua generada por el crecimiento poblacional, la urbanización y actividades agrícolas intensivas, la implementación eficiente de estrategias de gestión es urgente (Moran-González et al., 2024; Ríos et al., 2021). Sin embargo, la erosión del suelo, exacerbada por la expansión agropecuaria, representa uno de los principales retos para la GIRH en cuencas como la del río Quera, donde la pérdida de cobertura vegetal y la degradación del recurso suelo genera un impacto directo en la calidad y cantidad de los cuerpos hídricos disponibles.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la incidencia de la expansión agropecuaria en la erosión de la microcuenca del Río Quera, buscando identificar las áreas más vulnerables a este fenómeno por medio de un análisis detallado de los cambios en el uso del suelo y su correlación con índices de erosión.

METODOLOGÍA

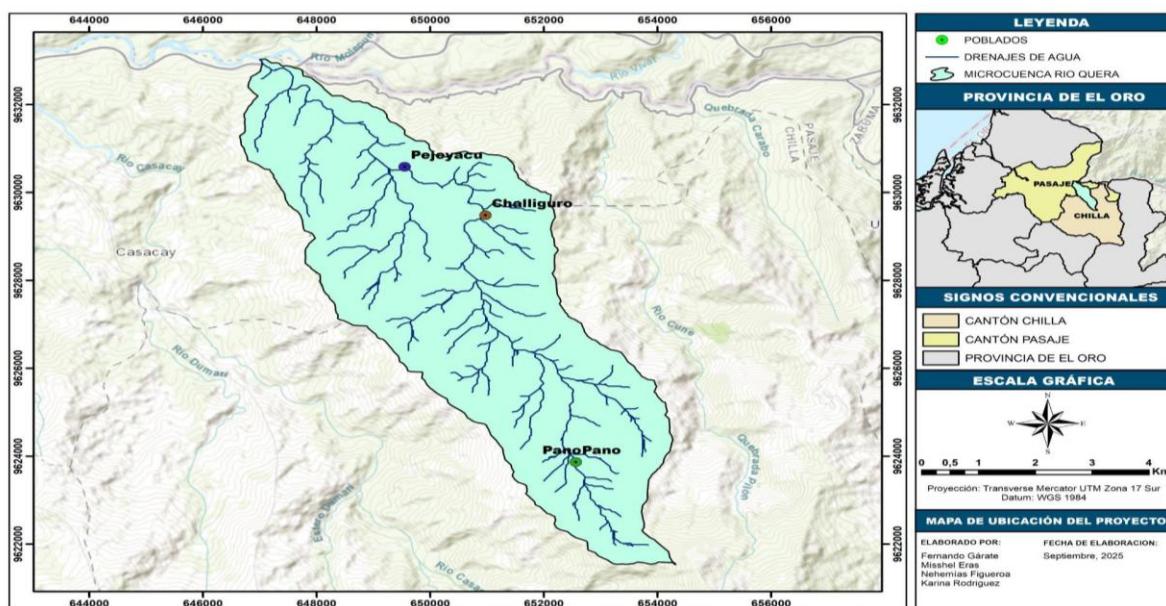
El presente trabajo es de tipo descriptivo y se utiliza un enfoque mixto, enfocándose en la identificación y análisis de los diferentes factores que caracterizan la erosión en la microcuenca del río Quera. En este caso, se desarrolló fórmulas matemáticas universales y también el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), extrayendo la base de datos de cartografía temática sobre cobertura y uso de tierra descargada del Visor Geográfico de la página del

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). También, se dirigió a la página de Nasa (ASF Data Search) aplicando los diferentes filtros y fechas del satélite ALOS PALSAR para obtener el Modelo Digital de Elevación (DEM) del área de estudio donde se realizará en el programa ArcGis.

Área de Estudio

La microcuenca del río Quera se localiza en la provincia de El Oro, en la parroquia Casacay cruzando por el cantón Pasaje y Chilla. Esta se encuentra dentro de la Cuenca Jubones. el Rio Quera es un proveedor de agua de buena calidad que abastece al consumo humano, agricultura y ganadería que están cerca del caudal, incluyen a comunidades rurales (Loiza Machado et al., 2023). La microcuenca del Rio Quera se caracteriza por su relieve montañoso y áreas de pendiente pronunciada, lo que favorece la erosión fluvial y la escorrentía superficial cuando es temporada de lluvia. Estos factores ayudan a la biodiversidad local, alberga una variedad de especies vegetales y animales adaptadas de bosque tropical y subtropical que lo rodean, se puede observar en la Figura 1.

Figura 1. Mapa de Área de Estudio de la Microcuenca Río Quera



Fuente: Elaboración propia.

Materiales y Métodos

En este trabajo, se aplicará la fórmula universal llamada La Revisión de Ecuación Universal de Pérdida de Suelo **RUSLE** (Revised Universal Soil Loss Equation), la versión mejorada por los creadores Wischmeier y Smith en la década de 1980. Esta ecuación es una herramienta ampliamente utilizada para estimar la tasa de erosión del suelo, basada en diferentes factores

que afectan la pérdida de suelo debido a las precipitaciones o agua de lluvia, la fórmula RUSLE como se muestra en la Ecuación 1 usa diferentes factores (Renard et al., 1997)

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

Donde:

A: Pérdida Anual del Suelo ($t/ha \cdot año$), **R:** Factor erosividad de precipitación ($MJ \cdot mm/ha \cdot h$), **K:** Factor de erodabilidad del suelo ($t/ha/año$), **LS:** Factor de pendiente y longitud de la ladera (adimensional), **C:** Factor de cobertura y uso del suelo (adimensional) y **P:** Factor de prácticas de manejo (adimensional).

Factor R

Este factor, representa la erosividad de la lluvia, es decir, la capacidad de las precipitaciones para causar erosión en el suelo, esto depende de la cantidad y la intensidad de las lluvias fuertes y concentradas, son las que tienen mayor potencial de erosión (Renard et al., 1997). Esta variable se obtuvo mediante una base de datos pluviométricos de estaciones meteorológicas cercanas a la microcuenca del Rio Quera, esto es importante para determinar las precipitaciones medias que caen en el área de estudio, en la Tabla 1, se encuentran las estaciones meteorológicas junto las coordenadas y precipitación media que recopila.

Tabla 1. Estaciones Meteorológicas dentro de la microcuenca Rio Quera

Nº	Código	Estaciones Meteorológicas	Altura msnm	X	Y	Precipitación (mm)
1	M040	Pasaje	40	635322	9631878	1060.3
2	M180	Zaruma	1100	654213	9591035	1405.4
3	M483	Rio Negro	30	629244	9624814	749.2
4	MA73	El Porvenir	424	645383	9628149	1459.2
5	M481	Uzhcurrumi	312	655922	9632548	705.6
6	M738	Guanazan	2640	667550	9617697	858.1
7	M744	Paccha	1559	648311	9603206	1890.9
8	M747	Río Chico-El Oro	80	625042	9615685	961.7
9	M185	Machala-UTM	13	640761	9662797	1220.5

Fuente: Elaboración Propia.

El cálculo del factor R se realizó mediante la Ecuación 2, en lugares donde no se dispone datos exactos de la intensidad de precipitación se puede aplicar el Índice Modificado de Fournier debido a su alta correlación con el factor R ($R^2=0.88$) que se calcula mediante la suma de la

precipitación mensual al cuadrado en un año, con respecto a la precipitación media anual (Crettaz et al., 2016).

$$IMF_j = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_{ij}^2}{P_m} \quad (2)$$

Donde:

IMF_j =Índice modificado de Fournier, para el año j ; P_{ij} = Precipitación mensual, del mes i (mm), del año j y P_m =Precipitación media anual (mm).

Factor K

Refleja la susceptibilidad del suelo a la erosión, dependiendo de sus propiedades físicas y químicas, se basa en la textura del suelo, estructura y la cantidad de materia orgánica, la fórmula para determinar el factor K es la siguiente (Wischmeier & Smith, 1978):

$$K = 0,1317 * a * b * c * d \quad (3)$$

a : Fracción de arena y arcilla, b : Contenido materia orgánica, c : Estructura del suelo y d : Permeabilidad del suelo

El factor K, es crucial para estimar la presión de la erosión en áreas agrícolas o forestales, donde el suelo es más susceptible a la erosión debido al uso agrícola (Wischmeier & Smith, 1978).

Factor LS

El cálculo del factor LS se realizó mediante la metodología descrita por Renard et al. (1997), la Ecuación 4 indica el cálculo del factor pendiente:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad (4)$$

Donde:

λ = Longitud de pendiente (m) y m =Exponente influenciado por la longitud y cambio de pendiente.

Para el cálculo de landsat se utilizó el DEM (Digital Elevation Model) y la Ecuación 5 (Bolton et al., 1995).

$$\lambda = \left(\frac{\text{Área acumulada de flujo}}{3.1416} \right)^{0.5} \quad (5)$$

El área acumulada de flujo calcula el flujo acumulado a cada pixel en relación a las áreas que contribuyen aguas arriba (Gomes Moreira, 2023). Se determinó mediante la herramienta Arc Map 10.8 como se evidencia en la Figura 2.

La variable m se calcula:

$$m = \frac{\beta}{\beta+1} \quad (6)$$

El valor de β se obtiene mediante la Ecuación 7:

$$\beta = \frac{\operatorname{sen}(\theta)/0.0896}{3[\operatorname{sen}(\theta)]^{0.8}+0.56} \quad (7)$$

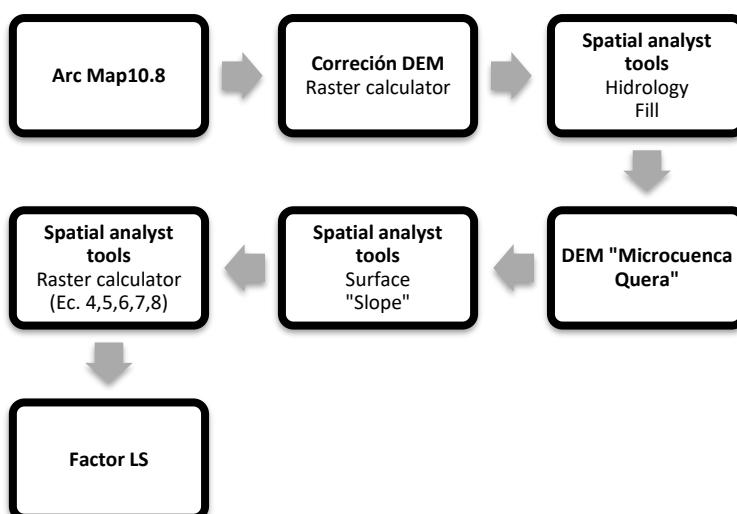
Donde:

θ =Pendiente de la microcuenca

El factor S cuantifica la erosión del suelo en relación al gradiente de pendiente, mediante ecuaciones actuales que predicen S para pendiente de mayor pronunciamiento (Mulengera, 2008). La Ecuación 8 se utilizó para el cálculo de este factor (Renard et al., 1997).

$$\begin{cases} S = (10.8 * \operatorname{sen}\theta + 0.03) & \text{pendiente} < 9\% \\ S = (16.8 * \operatorname{sen}\theta - 0.5) & \text{pendientes} \geq 9\% \end{cases} \quad (8)$$

Figura 2. Flujo de trabajo para el cálculo del Factor LS



Fuente: Elaboración Propia.

Factor C

El factor cobertura y uso de suelo representa la relación entre la erosión del suelo y el manejo que existe en la cobertura vegetal, este factor evidencia principalmente como la cobertura del suelo incide en la pérdida de suelo y disipando la energía pluvial con vegetación (Asadi et al., 2022). Para conocer el valor del factor C se debe determinar el Índice de Vegetación Diferencial Normalizada NDVI, tal y como se muestra en la Ecuación 9 se utiliza las bandas de infrarrojo cercano y de onda corta, obteniendo información sobre la cobertura vegetal y biomasa (Singh & Javeed, 2021).

$$NDVI = \frac{SWIR-NIR}{SWIR+NIR} \quad (9)$$

Donde:

$SWIR$ = Infrarrojo de onda corta y NIR = Infrarrojo cercano

El NDVI es un índice de teledetección que sirve para examinar la vegetación, monitorear los cultivos (Wang et al., 2024). Para calcular el factor C se utilizó el NDVI en la Ecuación 10 se observa cómo este índice es directamente proporcional con el factor C (Durigon et al., 2014).

$$C = \frac{1-NDVI}{2}(10)$$

Factor P

El factor P representa las prácticas de conservación de suelo que reduce la pérdida de suelo, como la agricultura de terrazas o contorno (Rizac et al., 2025). Los valores de P van a variar dependiendo del porcentaje de pendiente que tienen las tierras agropecuarias como se observa en la Tabla 2 (Wischmeier & Smith, 1978). A la vegetación herbácea y arbustiva, zona antrópica y bosque se le asignó un valor de P=1 por no ser tierra agrícola (Shekar & Mathew, 2024).

Tabla 2. Valor de P según el Slope

Cobertura de suelo	Slope (Porcentaje)	Factor P
Tierras agropecuarias	0 a 5	0.10
	5 a 10	0.12
	10 a 20	0.14
	20 a 30	0.19
	30 a 50	0.25
	50 a 100	0.33
Cobertura no agropecuaria	Todo	1.00

Fuente: (Shekar & Mathew, 2024).

Base de datos

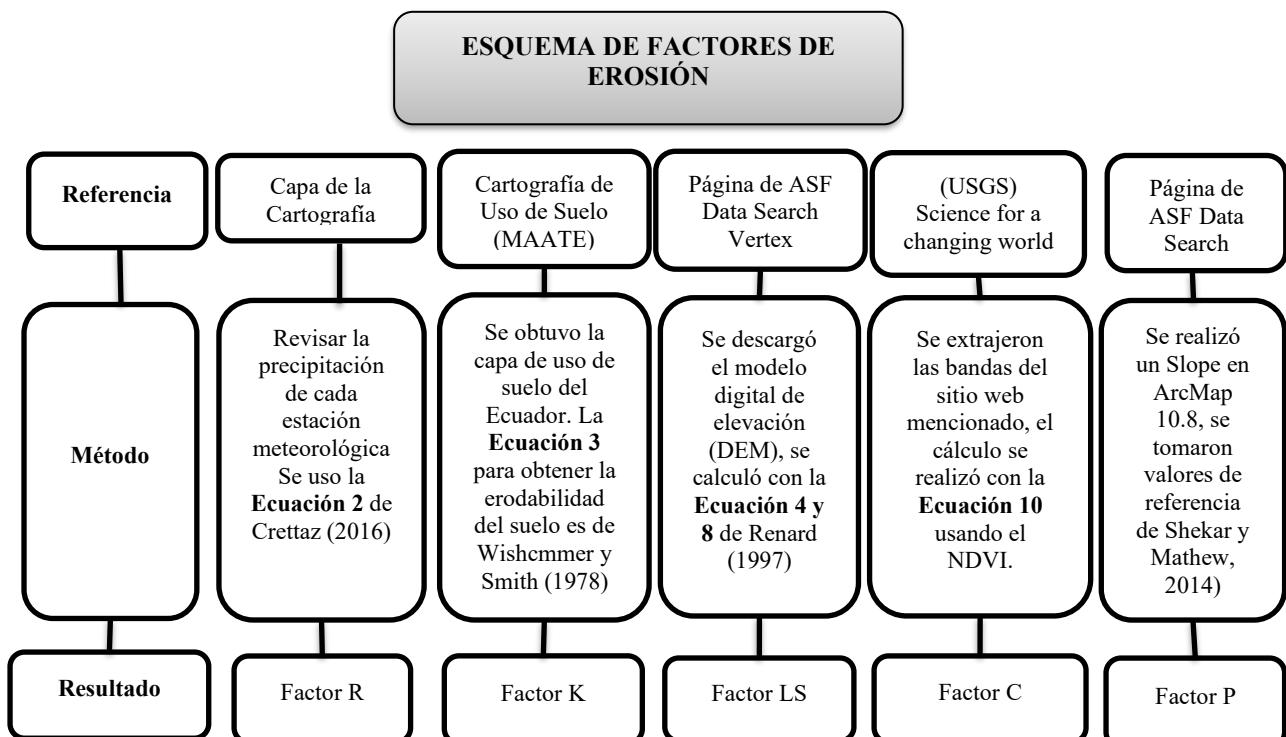
En la Tabla 3, se encuentra los diferentes recursos o base de datos que se obtuvo para determinar los diferentes factores para la fórmula RUSLE, mientras que la .

Figura 3 demuestra el procedimiento sintetizado que se realizó para obtener los factores antes de realizar la Ecuación 1

Tabla 3. Base de datos para la implementación de la fórmula de erosión del suelo

Nº	Base de Datos	Descripción	Cita bibliográfica
1	Bandas Satelitales	Landsat Collection level 2 (30x30)	(EarthExplorer, 2015)
2	Modelo Digital de Elevación	Satélite Alos Palsar (30x30)	(ASF Data Search Vertex, 2011)
3	MAATE	Capa de Cobertura y uso de tierra	(Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2023)
4	Cartografía Temática	Estaciones pluviométricas	(Cartografía Temática Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica, 2015)

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 3. Esquema metodológico del Factor A.

Fuente: Elaboración Propia.

Para categorizar los datos se utilizó la clasificación establecida por FAO (1980) que se muestra en la Tabla 4 en la cual se colocaron 4 tolerancias para conocer el nivel de erosión de la microcuenca del río Quera.

Tabla 4. Clasificación de la erosión establecido por la FAO.

Nivel de erosión	Pérdida de suelo (tn/ha*año)
Erosión nula o ligera	Menor a 10
Erosión moderada	10.01-50
Erosión alta	50.01-200
Erosión muy alta	Mayor a 200

Fuente: FAO (1980).

Análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizaron herramientas SIG, programación y software estadístico para obtener resultados precisos y gráficos representativos.

El software ArcMap 10.8 fue fundamental para el cálculo de los factores que intervienen en la erosión, Estos análisis se basaron principalmente en el análisis de capas rasters como el DEM y capas vectoriales, que ayudaron a determinar la pendiente, la precipitación, la erodabilidad y el NDVI de la microcuenca.

Para analizar la correlación entre factores se utilizó Python, utilizando la biblioteca Pandas y NumPy. Se destaca a Pandas como una biblioteca fuerte de Python en los que se refiere al análisis y manipulación de datos (Muddana & Vinayakam, 2024).

La representación de datos se realizó mediante IBM SPSS Statistics, que sirve para crear gráficos transparentes que permiten observar las distribuciones de datos, siendo más eficiente que las estadísticas resumidas tradicionales (Loffing, 2022). Este software fue útil para realizar gráficos circulares que representan porcentualmente resultados y gráficos de barras para indicar la extensión de la erosión.

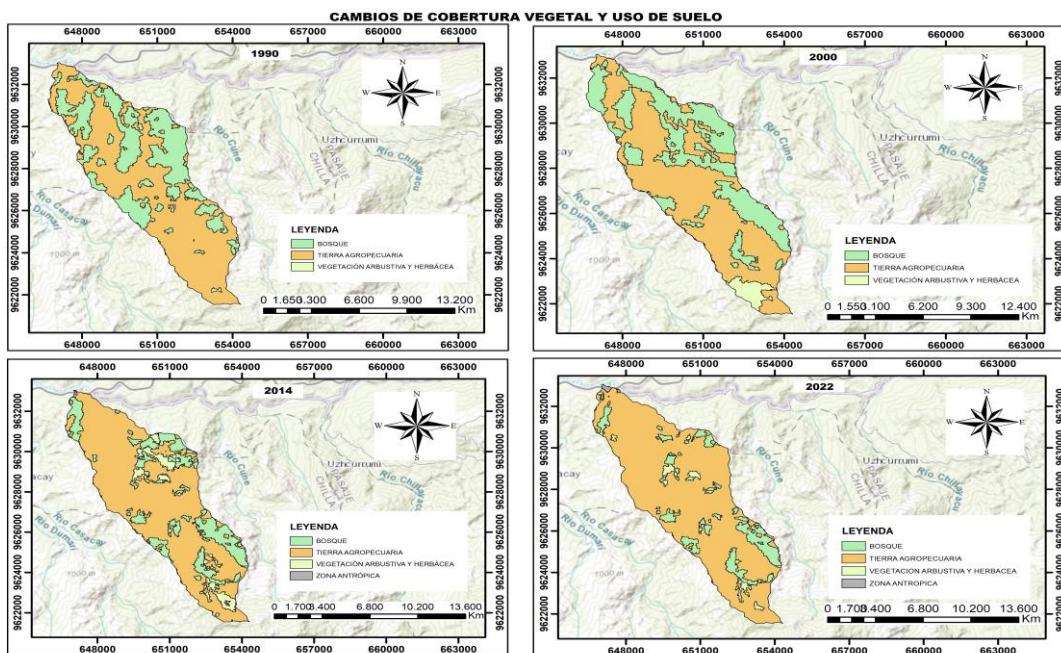
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el año 1990, la Figura 4 muestra una gran parte de la zona muestra una cobertura boscosa significativa, representada de color verde, los bosques dominan el paisaje, siendo bueno para la salud del ecosistema natural y mostrando menor intervención humana, el uso agropecuario de color naranja, ocupa una gran extensión. En el año 2000 se observa una ligera disminución de bosques, ganando espacio la expansión de las tierras agropecuarias, la expansión de estas áreas continúa considerando el aumento de la producción agrícola y ganadera indicando una mayor explotación de suelo en estas áreas, las zonas de vegetación arbustiva herbácea, podrían

estar relacionadas con áreas agrícolas menos productivas o de regeneración natural. En el año 2014, la pérdida de bosque es más evidente, lo que se podría dar una deforestación más agresiva, la zona antrópica presente en el área se daría por las áreas urbanas, infraestructuras o diferentes actividades realizadas por intervención humana, indicando un mayor desarrollo humano cerca del Río Quera, la expansión agropecuaria sigue ocupando áreas donde antes había bosques, lo que podría afectar a la biodiversidad local. En el año 2022, se puede apreciar una disminución significativa de bosques debido a la expansión de zonas antrópicas y también de tierras agropecuarias, perjudicando la microcuenca del Río Quera por las diferentes actividades que se podrían ir dando por el ser humano, aunque hay ciertas áreas recuperándose debido a las áreas de vegetación arbustiva y herbácea, es decir, el resultado de la regeneración natural en zonas donde la actividad humana ha cesado o han sido menos productivas.

En el estudio de (N.E.González-Valerio-Calle et al., 2025) demostraron que el cambio de bosques y páramos en tierras agrícolas y urbanas ha tenido un impacto importante en la biodiversidad y el ciclo hídrico, en la cuenca del río Cinto en Perú, entre 2000 al 2022, se observó una reducción del 22% en las áreas de páramo y del 10% en el bosque nativo, sin embargo, las áreas agrícolas experimentaron un aumento notable del 30%, estos cambios han llevado a un incremento en la escorrentía superficial y a una mayor frecuencia de eventos hidrológicos extremos, como inundaciones y deslizamientos de tierra.

Figura 4. Cambio de cobertura de suelo en el periodo 1990-2022.

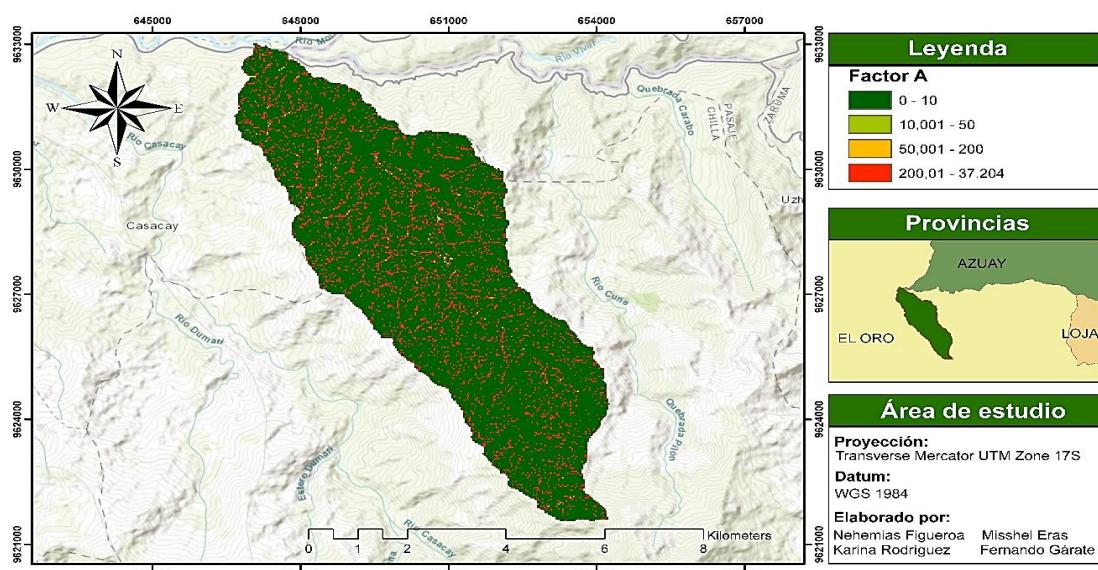


Fuente: Elaboración Propia.

La Figura 5 ilustra la erosión en la microcuenca del Río Quera, y su distribución espacial de erosión del suelo medida en toneladas por hectárea por año (Tn/ha*año), utilizando el Factor A del método RUSLE. Se observan los diferentes rangos de erosión en la microcuenca, en la mayor parte del área de la microcuenca predomina un bajo nivel de erosión de 0 a 10 toneladas por hectáreas anuales perdidas, reflejando que la cobertura vegetal y las condiciones del suelo favorecen a su conservación. De igual manera se identifican pequeñas áreas con pérdidas de suelo anuales de 10,001 a 50 toneladas por hectáreas, que podrían estar vinculadas a un uso agrícola inadecuado. Por otro lado, se observan zonas puntuales donde la presión antrópica y características topográficas incrementan la vulnerabilidad de este recurso y representan sectores críticos con una pérdida anual de 50,001 a 200 toneladas por hectáreas. No obstante, se observan áreas con valores significativos de pérdida de suelo, dando como resultado una erosión muy alta que puede ir desde 200,01 a las 39,402 toneladas de hectáreas perdidas por año, dejando en alerta puntos de atención prioritaria que comprometen de forma directa la salud de ecosistemas, productividad agrícola y calidad de los recursos.

El estudio de Arias-Muñoz et al. (2024), indica que la cuenca media-alta del río Mira, que se encuentra al noroeste del Ecuador y suroeste de Colombia, se ha determinado el cambio y la proyección a futuro de los usos de la cobertura del uso de suelo, como el crecimiento urbano y demográfico, la expansión de la agricultura y la ganadería, la infraestructura vial, estos factores podrían intensificar los problemas de erosión del suelo, pérdida de la biodiversidad y la alteración del ciclo hídrico de la cuenca.

Figura 5. Erosión de la microcuenca del río Quera en Tn/ha*año.

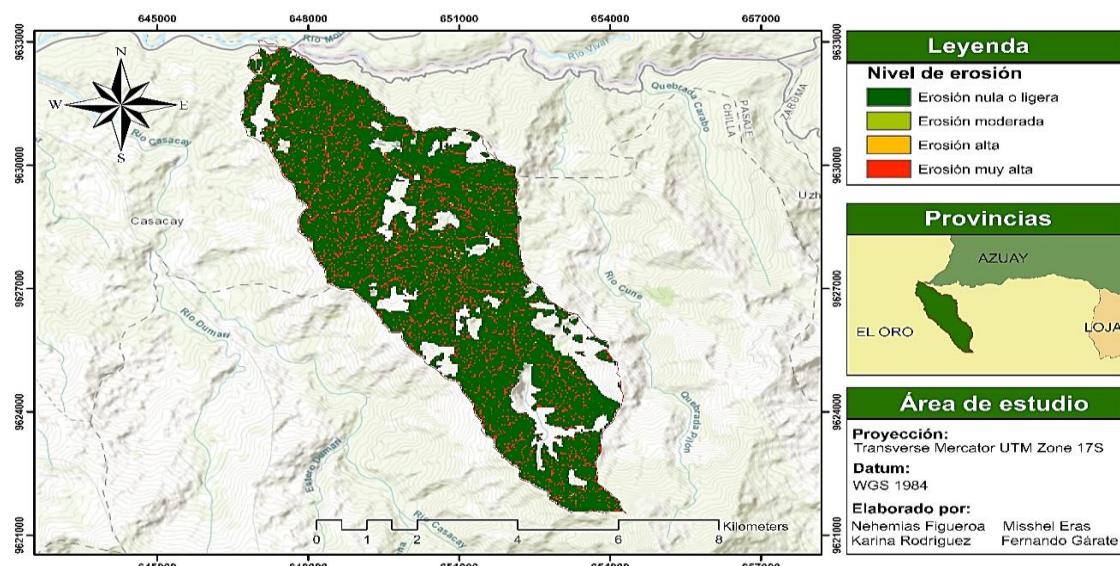


Fuente: Elaboración Propia.

El mapa demostrado en la Figura 6 muestra la erosión anual de las tierras agropecuaria en la microcuenca Río Quera, la mayor parte del territorio presenta la erosión nula que esta de color verde, esto quiere decir que estas zonas están protegidas, sin embargo, algunas áreas muestran erosión moderada que esta de color verde claro y erosión alta de color amarillo, esto hay una diferencia debido a que la pérdida de suelo podría estar afectando la productividad del suelo a largo plazo, y erosión alta de color rojo, estas hectáreas significan que esta superficie están experimentando una perdida significativa de suelo, esto podría comprometer la calidad de tierra y su capacidad para soportar cultivos de manera sostenible que puede ocasionar una contaminación a los diferentes caudales que pasan por la microcuenca.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Yang et al. (2025), donde señalan que la erosión del suelo es uno de los factores más importantes en la degradación ambiental, ya que provoca una disminución notable de la materia orgánica y de la capacidad del suelo para retener agua, estos componentes son fundamentales para preservar la fertilidad y el funcionamiento del suelo.

Figura 6. Nivel de erosión de la cobertura Tierras agropecuarias



Fuente: Elaboración Propia.

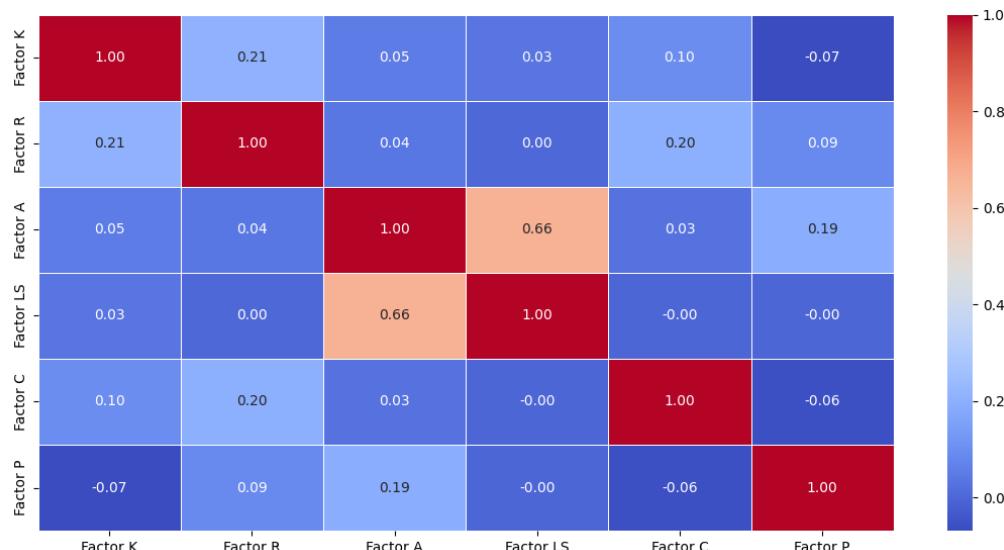
La matriz de correlación entre los seis factores en la Figura 7 evidencia que el Factor K tiene una correlación de 0.05 con el Factor A, lo que señala una relación positiva y muy baja, prácticamente irrelevante en términos de impacto. De igual forma, el Factor R muestra una correlación de 0.04 con el Factor A, lo que demuestra que su vínculo es débil y prácticamente inexistente. El Factor C, por otro lado, tiene un valor de 0.03, lo que señala igualmente una

correlación mínima y sin un impacto importante en el comportamiento del Factor A. El Factor P posee una correlación baja de 0.19 la cual incide de manera mínima en el factor erosión.

El Factor LS sobresale entre los otros factores que tienen valores bajos, ya que tiene una correlación de 0.66 con el Factor A, lo cual sugiere una relación sólida y evidente entre ambos. En otras palabras, el Factor LS se convierte en el elemento que tiene más impacto en la conducta del Factor A, ya que cualquier cambio que ocurra en LS se refleja de manera clara y constante en A.

En el estudio de (Roy-García et al., 2019), se observa la correlación entre variables relacionadas con el rendimiento que puede variar según el contexto y las características de la muestra, este estudio destaca la importancia de considerar factores contextuales y metodológicos al interpretar matrices de correlación.

Figura 7. Matriz de correlación entre los factores RUSLE.



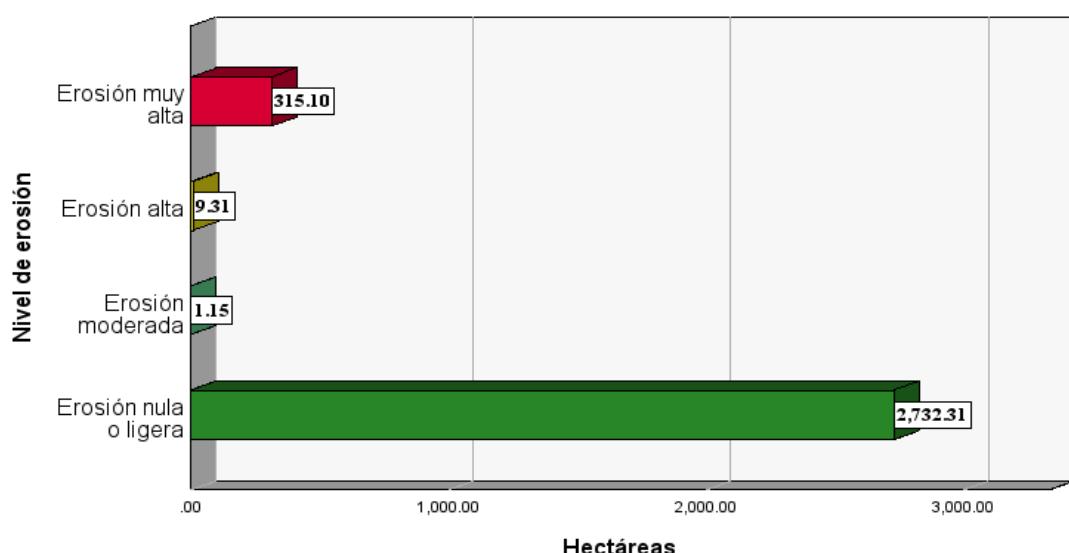
Fuente: Elaboración Propia.

La Figura 8 se muestran el total de hectáreas afectadas por diferentes niveles de erosión en el recurso suelo de la cobertura de tierras agropecuarias de la microcuenca del Río Quera. Como se puede observar en el diagrama la Erosión nula o ligera con 2732.31 hectáreas (ha) es la que mayor área posee, seguida a esta tenemos que 315.10 ha son abarcadas por Erosión muy alta y Erosión alta que ocupa 9.31 ha, ambas zonas representan una alta preocupación a lo largo de toda la distribución de estas tierras. Por otro lado, la erosión moderada tiene un nivel de erosión del suelo anual de 1.15 hectáreas siendo ésta la más mínima.

La zona de alta erosión es de suma preocupación, Andrade-Carreño et al. (2025) informaron en su investigación sobre la vulnerabilidad del terreno por erosión hídrica en Manabí

(Ecuador), donde hallaron que el 68 % de los cantones tienen un riesgo medio a alto de erosión debido principalmente a la reducción del área boscosa y al aumento de las actividades agropecuarias, los autores sostienen que las zonas agrícolas son particularmente vulnerables a los procesos de erosión porque el terreno está expuesto directamente a lluvias fuertes y al trabajo constante lo cual origina una mayor pérdida de nutrientes esenciales y partículas finas, no solo la productividad agrícola se ve afectada por esta situación, sino que también perjudica la estabilidad de los ecosistemas y contribuye a que los terrenos en zonas rurales se degradan poco a poco.

Figura 8. Nivel de erosión del suelo de las Tierras agropecuarias en hectáreas.



Fuente: Elaboración Propia.

La cobertura de Tierras Agropecuarias presenta un nivel de erosión nula o ligera de 2732.31 hectáreas siendo la de mayor superficie tal y como se observa en la Tabla 5, lo que sugiere prácticas agrícolas que no provocan una degradación severa del suelo en la zona. Sin embargo, de esta cobertura 1.15 ha muestra un nivel de erosión moderada. indicando que ciertas áreas han comenzado a experimentar signos de degradación. No obstante, la extensión de áreas con erosión alta es de 9.31 hectáreas, lo que sugiere que el manejo agrícola ha logrado aumentar efectos de erosión en esta superficie. Aun así, el nivel de erosión más preocupante es la muy alta que abarca 315.10 ha de la cobertura, reflejando que una porción significativa de las tierras está siendo afectada seriamente por la erosión. Por otro lado, el Bosque refleja mayor estabilidad en cuanto a sus niveles de erosión, con 399,35 hectáreas ocupadas por erosión nula o ligera en esta cobertura refleja que está bien conservada y el suelo recibe buena protección

por parte de la cobertura vegetal. Su nivel de erosión moderada es de 0.07 ha, y su erosión alta abarca 0,12 hectáreas lo que indica que ciertas áreas forestales han empezado a sufrir efectos de la erosión de manera más serias pero la superficie que abarca es casi nula. Pese a esto, se observa que 32.98 ha de la cobertura Bosque se encuentran con erosión muy alta lo que genera preocupación ante la posible deforestación, expansión agrícola e incluso paso de ganado en ciertas zonas.

Este patrón coincide con lo que hallado por Reta Roba et al. (2025), quienes realizaron una investigación sobre la erosión a partir de la variación en el uso y la cobertura del suelo en la cuenca de Dumuga-Etiopía, a lo largo de tres décadas, los investigadores demostraron que el incremento de la superficie destinada a la agricultura y la reducción el área forestal genera un cambio significativo en el equilibrio hidrológico y en la estabilidad estructural del terreno, debido a esto, se produce más escorrentía superficial, aumenta la pérdida de partículas finas y la cantidad de sedimentos, esto señala que el suelo tiene mayor probabilidad de deteriorarse y es menos fértil.

Tabla 5. Hectáreas de erosión de la cobertura Tierras Agropecuarias y Bosque.

Cobertura	Nivel de erosión	Hectáreas
Tierras Agropecuarias	Erosión nula o ligera	2732.31
	Erosión moderada	1.15
	Erosión alta	9.31
	Erosión muy alta	315.10
Bosque	Erosión nula o ligera	399.35
	Erosión moderada	0.07
	Erosión alta	0.12
	Erosión muy alta	32.98

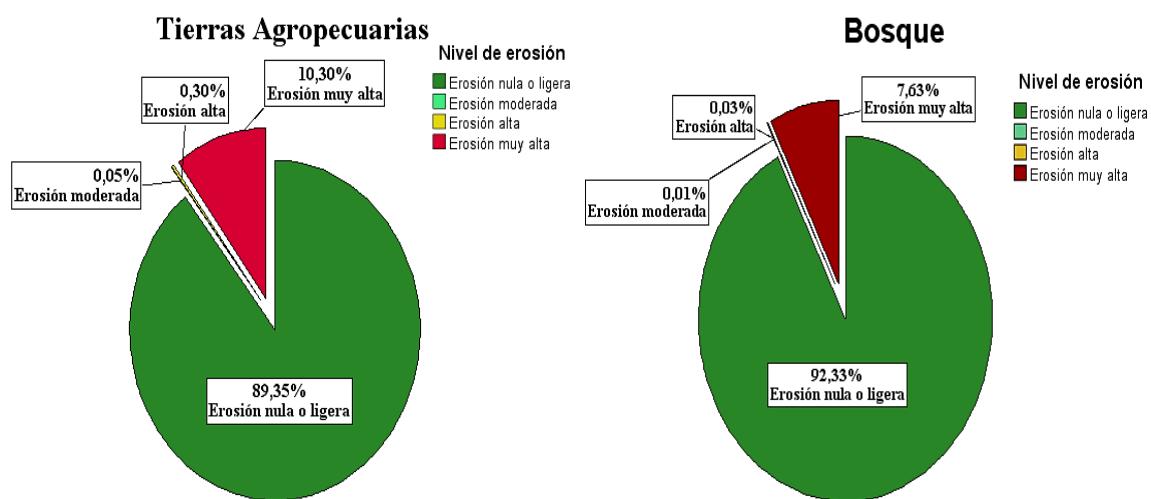
Fuente: Elaboración Propia.

La Figura 9 se muestra la distribución de los diferentes niveles de erosión del suelo en tierras agropecuarias y bosque. En las tierras agropecuarias, predomina la erosión nula o ligera que comprende el 89.35% de la superficie, mientras que la erosión muy alta ocupa el 10.30%, transformándose en un punto clave de inquietud para la protección del suelo en esta área. El hecho de que en las tierras agrícolas la erosión sea más alta puede deberse a factores como el uso inadecuado de maquinaria, la deforestación, el sobrepastoreo, las prácticas intensivas en agricultura y la escasa aplicación de técnicas conservadoras. Estos factores disminuyen la

cobertura vegetal y permiten que el agua, el viento arrastren partículas (Heras-Heras et al., 2024).

En lo que respecta al bosque, el 92.33 % de la superficie tiene erosión nula o ligera, lo que indica un estado de conservación más elevado, la cobertura de bosque favorece que el agua se infiltre, estabiliza las pendientes y protege el suelo de la lluvia directa (Yousefi et al., 2024). No obstante, hay áreas con una erosión muy alta del 7.63% que pueden estar vinculadas a la apertura de caminos, la recolección selectiva de madera, las intervenciones humanas en lugares específicos o las pendientes abruptas. Estas prácticas dejan el suelo expuesto y lo vuelven más susceptible a los procesos de erosión (Yousefi et al., 2024).

Figura 9. Diagrama porcentual del nivel de erosión de coberturas.



Fuente: Elaboración Propia.

Diversos autores han señalado resultados que respaldan lo observado en la microcuenca del río Quera, (Borreli et al., 2020), muestra que la erosión aumenta de manera significativa cuando se pasa de uso del suelo a tierras agrícolas, debido a que las prácticas intensivas y la disminución de la cobertura vegetal modifican la estructura del suelo, lo vuelven más susceptible a arrastrar partículas y escorrentía. Adicionalmente (Nave et al., 2024) indica que, si bien los bosques generalmente protegen el suelo al disminuir la escorrentía y aumentar la infiltración, las alteraciones humanas localizadas pueden crear puntos de erosión severa en el bosque.

CONCLUSIÓN

El análisis realizado en la microcuenca del río Quera evidencia la incidencia de la expansión agropecuaria, y refleja una transformación significativa en el periodo de 1990 a 2022 la cual intensificó procesos de erosión. Herramientas como la ecuación RUSLE Y los Sistemas de

Información Geográfica (SIG), permitieron identificar que aquellas zonas con erosión alta y muy alta son de menor extensión a diferencia de gran parte del territorio que presenta niveles de erosión nula o ligera, poniendo en preocupación la calidad del suelo y su productividad agrícola. Sin embargo, la correlación entre factores resaltó que el principal determinante en la pérdida de suelo por la influencia del relieve en la dinámica erosiva de la cuenca es la pendiente y longitud de la ladera (LS). Este estudio demuestra la falta de implementación de prácticas sostenibles, dado que los resultados exponen el riesgo alto de degradación que ha dejado la disminución de la cobertura de bosques al ser sustituida por tierras agropecuarias y zonas antrópicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andrade-Carreño, I., Gutiérrez, D. D., & Vivas, M. G. (2025). Evaluación de la vulnerabilidad del suelo por erosión hídrica en la provincia de Manabí (Ecuador) mediante la aplicación de un modelo geoespacial. *Investigaciones Geográficas*, 83, 109–128. <https://doi.org/10.14198/INGEO.27414>
- Arias-Muñoz, P., Saz, M. Á., & Escolano, S. (2024). Tendencias de cambio de usos y coberturas de suelo en la cuenca hidrográfica media-alta del río Mira en Ecuador. *Investigaciones Geográficas*, 81, 155–179. <https://doi.org/10.14198/INGEO.25248>
- Asadi, H., Dastorani, M. T., Khosravi, K., & Sidle, R. C. (2022). Applying the C-Factor of the RUSLE Model to Improve the Prediction of Suspended Sediment Concentration Using Smart Data-Driven Models. *Water*, 14(19), 3011. <https://doi.org/10.3390/w14193011>
- Bolton, P., Bradbury, P. A., Lawrence, P., & Atkinson, E. (1995). CALSITE Version 3.1 Calibrated Simulation of Transported Erosion. *User Manual*.
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J. E., Alewell, C., Wuepper, D., Montanarella, L., & Ballabio, C. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(36), 21994–22001. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>
- Calero, J. M. G., Baque, D. A. C., Mora, J. J. M., Forte, Y. B., & Zambrano, K. C. H. (2023). Caracterización y diagnóstico ambiental de la microcuenca hidrográfica Río de Oro. *Agrosilvicultura y Medioambiente*, 1(2), 14–26. <https://doi.org/10.47230/agrosilvicultura.medioambiente.v1.n2.2023.14-26>

Cerretelli, S., Castellanos, E., González-Mollinedo, S., Lopez, E., Ospina, A., & Haggard, J. (2023). A scenario modelling approach to assess management impacts on soil erosion in coffee systems in Central America. *CATENA*, 228, 107182. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107182>

Chaparro, J. C. M., Borges, E. E. H., & Mora, L. L. M. (2023). Mapa de riesgos de inundación en la Microcuenca Hidrográfica 24 de junio, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 7(1), 116–130. <https://doi.org/10.55467/reder.v7i1.111>

Crettaz, E., Gvozdenovich, J., & Saluzzio, M. (2016). Cálculo del Factor R de la USLE a través del Índice Modificado de Fournier. *INTA Paraná*. 7pp.

Durigon, V. L., Carvalho, D. F., Antunes, M. A. H., Oliveira, P. T. S., & Fernandes, M. M. (2014). NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed. *International Journal of Remote Sensing*, 35(2), 441–453. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.871081>

Fao. (1980). *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*.

Gomes Moreira, V. O. (2023). Uso de ferramentas do software ArcGIS na delimitação da bacia hidrográfica do Rio Curu – CE. *Revista Tecnologia*, 43, 10. <https://doi.org/10.5020/23180730.2022.11521>

Heras-Heras, M. C., Moreno-López, J. A., Quevedo-Amay, D. V., Cuichan-Paucar, S. H., Heras-Heras, M. C., Moreno-López, J. A., Quevedo-Amay, D. V., & Cuichan-Paucar, S. H. (2024). Pérdida de cobertura vegetal y los cambios de uso del suelo en la Amazonía ecuatoriana. *Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar*, 6(10), 89–104. <https://doi.org/10.35381/a.g.v6i10.3579>

Jahun, B. G., Ibrahim, R., Dlamini, N. S., & Musa, S. M. (2015). Review of Soil Erosion Assessment using RUSLE Model and GIS. *Journal of Biology*.

Loffing, F. (2022). Raw Data Visualization for Common Factorial Designs Using SPSS: A Syntax Collection and Tutorial. *Frontiers in Psychology*, 13, 808469. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.808469>

MAATE. (2023). Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. <https://www.ambiente.gob.ec/>

Macas Cobeña, M., Bonilla Zambrano, M., Carriel Reyes, W., Parrales Carriel, J., Riofrio Arrobo, J., & Zambrano Flores, N. (2023). Caracterización hidrológica de la microcuenca del estero Hondo, cantón La Maná, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 16(2), 35–48. <https://doi.org/10.18779/cyt.v16i2.634>

Moran-González, M. R., Guerrero-Calero, J. M., Mieles-Giler, J. W., & Cabrera-Verdesoto, C. A. (2024). Evaluación de Indicadores para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas Hidrográficas. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(4), 25–38. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n4/129>

Muddana, A. L., & Vinayakam, S. (2024). Data Manipulations with Pandas. En A. L. Muddana & S. Vinayakam, *Python for Data Science* (pp. 171–200). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52473-8_9

Mulengera, M. K. (2008). An Equation for Estimating the (r) Use Slope Steepness Factors. *Tanzania Journal of Engineering and Technology*, 31(2), 95–100. <https://doi.org/10.52339/tjet.v31i2.434>

NASA. (2011). *ASF Data Search Vertex*. <https://search.asf.alaska.edu/#/?zoom=3.000¢er=-97.494,39.673&dataset=ALOS-2>

NASA. (2015). *EarthExplorer*. <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Nave, L. E., DeLyser, K., Domke, G. M., Holub, S. M., Janowiak, M. K., Keller, A. B., Peters, M. P., Solarik, K. A., Walters, B. F., & Swanston, C. W. (2024). Land use change and forest management effects on soil carbon stocks in the Northeast U.S. *Carbon Balance and Management*, 19(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s13021-024-00251-7>

N.E.González-Valerio-Calle, S.A.Pineda-Guachichullca, Teresa Palacios, & Antonio Jodar-Abellan. (2025). *Impacto del cambio en los usos del suelo sobre el comportamiento hidrológico y el paisaje de la cuenca hidrográfica del Río Cinto (Ecuador)*.

Renard, K. G., USA, & USA (Eds.). (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)*.

Reta Roba, Z., Moisa, M. B., Purohit, S., Tsegay Deribew, K., & Obsi Gemedo, D. (2025). Assessment of soil erosion and sediment yield in response to land use and land cover changes using geospatial techniques in Dumuga Watershed, Ethiopia. *All Earth*, 37(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/27669645.2025.2460917>

Ríos, J. G., Alvarado, G. del P. P., Gonzales, T. V. P., & Delgado, F. T. (2021). La Gestión de recursos hídricos: Una revisión internacional de literatura. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 2(1), 186–199. <https://doi.org/10.51798/sijis.v2i1.49>

Rizac, A., Sandric, I., Bucharest, D. of R. G. and E., Faculty of Geography, University of, Comănescu, L., Department of Geomorphology-Pedology-Geomatics, Faculty of Geography, University of Bucharest, & Simion Mehedinți Doctoral School, Faculty of Geography, University of Bucharest. (2025). REVISED UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION (RUSLE) MODEL IN THE BÂSCA CHIOJDULUI RIVER BASIN (SUBCARPATHIANS, ROMANIA). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 20(2), 373–384. <https://doi.org/10.26471/cjees/2025/020/340>

Roy-García, I., Rivas-Ruiz, R., Pérez-Rodríguez, M., & Palacios-Cruz, L. (2019). Correlación: No toda correlación implica causalidad. *Revista Alergia México*, 66(3), 354–360. <https://doi.org/10.29262/ram.v66i3.651>

Shekar, P. R., & Mathew, A. (2024). GIS-based assessment of soil erosion and sediment yield using the revised universal soil loss equation (RUSLE) model in the Murruedu Watershed, Telangana, India. *HydroResearch*, 7, 315–325. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2024.05.003>

Singh, P., & Javeed, O. (2021). NDVI Based Assessment of Land Cover Changes Using Remote Sensing and GIS (A case study of Srinagar district, Kashmir). *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*, 9(4). <https://doi.org/10.7770/safer-V0N0-art2174>

Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica. (2015). *Cartografía Temática | Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica*. <http://www.sigtierras.gob.ec/cartografia-tematica/>

Loiza Machado, R. A., Cevallos Cisneros, K. M., Jaramillo Guanolique, Á. P., Apolo Apolo, A. E., & Yaguana Eras, R. A. (2023). Evaluación del Índice de la Calidad de Aguas de los Ríos de la Provincia de "El Oro". *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología*: RIEMAT ISSN: 2588-0721, 7(2). <https://doi.org/10.33936/riemat.v7i2.5220>

Wang, J., Chen, C., Wang, J., Yao, Z., Wang, Y., Zhao, Y., Sun, Y., Wu, F., Han, D., Yang, G., Liu, X., Sun, C., & Liu, T. (2024). NDVI Estimation Throughout the Whole Growth

Period of Multi-Crops Using RGB Images and Deep Learning. *Agronomy*, 15(1), 63.

<https://doi.org/10.3390/agronomy15010063>

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. Department of Agriculture, Science and Education Administration.

Yang, X., Duan, X., Liu, B., Xie, Y., Siemann, E., Wang, H., Zhang, E., Rong, L., Li, Y., Feng, D., & Lv, H. (2025). Quantifying water erosion's impact on soil productivity of croplands in China. *National Science Open*, 4(4), 20240050. <https://doi.org/10.1360/nsopen/20240050>

Yousefi, S., Emami, S. N., Nekoeimehr, M., Rahmati, O., Imaizumi, F., Gomez, C., & Valjarevic, A. (2024). A Hot-Spot Analysis of Forest Roads Based on Soil Erosion and Sediment Production. *Land*, 13(10), 1583. <https://doi.org/10.3390/land13101583>

© Los autores. Este artículo se publica en Prisma ODS bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Esto permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, incluidos fines comerciales, siempre que se otorgue la atribución adecuada a los autores y a la fuente original.



 : <https://doi.org/10.65011/prismaods.v4.i2.95>

Cómo citar este artículo (APA 7^a edición):

Añazco Loaiza, H. E. ., Figueroa Moreno, N. D. ., Garate Sánchez, F. D. ., Eras Fuentes, M. S. ., & Rodriguez Cuenca, K. J. . (2025). Incidencia de la Expansión Agropecuaria en la Erosión de la Microcuenca Río Quera. *Prisma ODS: Revista Multidisciplinaria Sobre Desarrollo Sostenible*, 4(2), 215-237. <https://doi.org/10.65011/prismaods.v4.i2.95>