

# **Productividad y riesgo de erosión del suelo en el ordenamiento y conservación de tierras en la microcuenca la coneja**

*Productivity and soil erosion risk in the ordering and conservation of lands in la coneja microwatershed*

Autor

Freddy Ramón Rodríguez Bastidas<sup>1</sup>   
[romanrobas22@gmail.com](mailto:romanrobas22@gmail.com)

## **RESUMEN**

Se valuó la erosión del suelo y su impacto en la productividad de este, en tres parcelas agrícolas comerciales ubicadas en la microcuenca La Coneja, sectores Visún, Loma de Visún y Miraflores, municipio Boconó, estado Trujillo. La información generada en experimentos de campo, entre otras aplicaciones, se utilizó para elaborar un esquema de planificación conservacionista del uso de la tierra. En cada una de las parcelas evaluadas se establecieron tres tratamientos, con tres repeticiones cada uno. Los tratamientos consistieron en la toma de muestras de suelo y cultivo en tres posiciones a lo largo de un tramo de la pendiente del terreno: tope, media y baja; considerándose las siguientes variables: espesor del suelo superficial, rendimiento del cultivo e Índice de Productividad. Como cultivo indicador se utilizó la papa, *Solanum tuberosum* L. Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para todas las variables evaluadas en el cultivo. Se establecieron correlaciones estadísticas significativas entre espesor del suelo superficial, Índice de Productividad y rendimiento. En este trabajo se demuestra la utilidad de esta metodología en la selección de alternativas para la planificación conservacionista del uso de la tierra.

**Palabras clave:** Productividad, riesgo de erosión, ordenamiento, conservación

## **ABSTRACT**

The soil erosion was evaluated and the impact in the productivity of it, in three commercial agricultural plots located in La Coneja microwatershed, Visún, Loma de Visun y Miraflores sectors, Boconó Municipality, Trujillo State. The information generated through the field experiments, among other applications, was used to elaborate a conservation planning scheme oriented to the erosion control and prevention based on the impact of this degradation process on soil productivity. Three treatments were established in each one of the experimental plots, with three replications per treatment. The treatment consisted in the sampling and subsequent procedures on three different positions along the slope of the terrain: high, medium and low. *Solanum tuberosum* L. was used as indicative crop. The results show statistical significant differences among treatments for all variables evaluated in the crop. Statistical significant correlations were established between the variables: topsoil thickness, soil productivity index and crop yield. The applications of the results presented in this investigation show the utility of the methodology applied to the selection of alternatives for the land use conservation planning.

**Keywords:** Productivity, erosion risk, ordering, conservation

<sup>1</sup> Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (UPEL)  
Venezuela.

## 1. Introducción

El uso inadecuado del recurso suelo se ha convertido en un problema a medida que se ha incrementado exponencialmente la población humana, convirtiéndolo en el recurso natural más vulnerables de degradación en muchas áreas susceptibles a riesgo de erosión y con mayor capacidad de almacenamiento de agua. La erosión de los suelos constituye el principal proceso de degradación de tierras agrícolas en la mayoría de las cuencas montañosas tropicales, afectando la calidad de estas tierras al disminuir la productividad de los suelos y ocasionando impactos ambientales importantes, principalmente por la generación de altas tasas de producción de sedimentos. Dentro de este marco, Benítez (2004) expresa: “Las tierras de América Latina se están muriendo. Actualmente más de 306 millones de hectáreas están afectadas por una degradación del suelo de origen humano” (p.4). Ciertamente, la capa de suelo rico y fértil se está lavando rápidamente debido a los efectos de la erosión hídrica y como consecuencias posteriores se están sedimentando los cauces de los ríos y colmatando las represas.

En Venezuela al igual que en la mayoría de los países tropicales con importantes zonas montañosas, las cuencas hidrográficas altas, además de cumplir un rol fundamental en la generación de recursos hídricos, representan áreas donde se desarrolla una intensa actividad agrícola, basada en cultivos específicos adaptados a estas particulares condiciones agroclimáticas, que deben ser orientadas y ordenadas en función de garantizar una productividad sostenida.

En relación a la microcuenca La Coneja, los principales problemas vinculados al aprovechamiento y manejo del recurso suelo tienen relación con las características particulares de los factores biofísicos y socioeconómicos; es decir: el relieve abrupto, suelos frágiles y fácilmente erosionables, estacionalidad marcada de la precipitación, avance de la frontera agrícola en áreas no aptas, mal manejo del bosque y vegetación protectora, mal uso del agua de riego, ausencia de políticas y estrategias que privilegien el manejo de las cuencas altas abastecedoras de agua. Cabe considerar por otra parte, que la situación planteada se agrava aún más,

tomando en cuenta que dentro de la micro cuenca se encuentran los monumentos naturales Teta de Niquitao y Guirigay en las vertientes norte y sur respectivamente.

Frente a esta situación el investigador se plantea las siguientes interrogantes: ¿Cómo la erosión, afecta la productividad de los suelos en la microcuenca La Coneja, parroquia General Rivas, municipio Boconó, estado Trujillo? ¿Cuáles serán las distintas categorías de clases de tierra, en función de la productividad y el riesgo de erosión presentes en la cuenca de estudio? ¿Qué prioridades de conservación y usos más adecuados de las tierras serán los más pertinentes en la gestión para la conservación de la cuenca? En atención a la problemática detectada, el objetivo del presente estudio es: Evaluar el impacto de la erosión de los suelos en su productividad, bajo un enfoque de planificación conservacionista como elemento coadyuvante en la gestión de la microcuenca La Coneja, parroquia General Rivas, municipio Boconó, estado Trujillo.

En esta perspectiva, durante los últimos años se ha desarrollado diferentes metodologías dirigidas a estimar la susceptibilidad de los suelos a la erosión hídrica, así como a clasificar estas tierras para propósitos agropecuarios, los cuales se orientan fundamentalmente a apoyar el proceso de selección de las alternativas más adecuadas para reducir los procesos erosivos. El desarrollo de la presente investigación, se fundamentó en la metodología desarrollada por Kiniry y colaboradores, posteriormente modificada por Pierce y otros y que luego fue adaptada por Delgado (1997), orientada al proceso de evaluación de la capacidad de uso agrícola de tierras montañosas tropicales, así como, para establecer sus prioridades y requerimientos conservacionistas y que denominó Metodología para la evaluación de la calidad de tierras agrícolas con fines de conservación de suelos en áreas montañosas de los andes venezolanos (Delgado, 2003).

Esta metodología consiste en cuantificar las dos cualidades de la tierra sobre las cuales se sustenta la clasificación: la productividad del suelo y el riesgo de erosión, este método evalúa las potencialidades y limitaciones físicas más determinantes para la producción agropecuaria en tierras montañosas, con el fin de

clasificar y priorizar el uso agrícola y la selección de las prácticas alternativas más apropiada para la conservación de los suelos en Los Andes Venezolanos.

El área de estudio comprende la microcuenca La Coneja, perteneciente a la parroquia General Rivas, municipio Boconó, estado Trujillo, por su ubicación, es un área estratégica desde el punto de vista ambiental como reservorio de agua y de una importante biodiversidad de especies vegetales y animales, además de su belleza escénica y de un sin número de bienes y servicios ambientales; siendo aprovechada en su mayoría por las poblaciones asentadas aguas abajo y de la población en general.

La importancia y justificación de esta investigación, se fundamenta en la necesidad de generar una herramienta de carácter técnico, soportada en el marco legal ambiental vigente. Esto permitirá identificar las áreas susceptibles a riesgo de erosión, para en lo posterior poder desarrollar planes de ordenamiento territorial y actividades que contribuyan en la conservación del recurso suelo y agua mediante un adecuado manejo y uso sustentable de los mismos. Así mismo, es necesario conocer que áreas serían prioritarias para conservarse por medio de estudios dentro de las cuencas hidrográficas y la detección de su vulnerabilidad, con la finalidad de proceder a gestionar y realizar actividades que vayan en bien de la protección y conservación de estos recursos naturales.

## **2. Metodología (Materiales y métodos)**

### **2.1. Ubicación del área experimental**

El estudio se realizó en la microcuenca La Coneja, parroquia General Rivas, municipio Boconó, estado Trujillo, localizado astronómicamente entre las coordenadas UTM 1029325 y 1041700 Norte - 361275 y 369400 Este. Tiene un área aproximada de 7.731,975 hectáreas, siguiendo su emplazamiento físico una orientación Suroeste-Noreste. Presenta variaciones altitudinales que van desde los 2.096 hasta los 4.005 m.s.n.m. El estudio se realizó específicamente en la Vertiente Norte, ello motivado a la magnitud del tamaño de la microcuenca, por un lado, además esta vertiente es la más intervenida y por otra parte a la limitación de recursos disponibles.

Dentro de la microcuenca se encuentra parte del Monumento Natural Teta de Niquitao-Guirigay (1.918,74 has.), zona protegida según Decreto de Creación N° 1.473 y publicado en Gaceta Oficial N° 36063. Así mismo, por el Plan de Ordenamiento y Reglamento de uso de la Zona Protectora de las Cuencas Hidrográficas de los ríos Guanare, Boconó, Tucupido, La Yuca y Masparro, por medio del Decreto 2.326 del 05 de junio de 1992 y publicado en Gaceta Oficial de la República de Venezuela, el 08 de septiembre de 1992 (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables MARNR, 1992) ; en vista de que las cuencas de estos ríos constituyen fuente importante de abastecimiento de agua y además que los embalses construidos sobre los ríos Masparro, Boconó y Tucupido, constituyen obras de interés público destinadas a garantizar el almacenamiento, disposición y suministro de agua potable para las poblaciones de un sector del Piedemonte Andino y para riego de la Región de Desarrollo Integral del Programa Guanare-Masparro.

## 2.2. Procedimiento metodológico

Para la selección del área se tomaron en cuenta criterios como el acceso, apoyo logístico, uso agrícola, la problemática ambiental, formas de relieve, áreas protegidas, estudios existentes, topografía, importancia ambiental, e información básica disponible. Así mismo, se realizó la búsqueda y recopilación, análisis, clasificación de información bibliográfica, así como de información cartográfica básica y temática.

El trabajo de campo consistió en realizar la toma de muestras según lo establecido en el diseño experimental. Se procedió a la apertura de los hoyos hasta la profundidad dada por el horizonte superficial. La toma de muestras se realizó de esta manera, en virtud que uno de los datos necesarios en la metodología a aplicar, es el valor de la densidad aparente, siendo el método del hoyo uno de los más adecuados en este caso para determinar dicho valor. A la vez de recolectar información morfológica de los suelos mediante observación detallada (espesor, estructura, pedregosidad, entre otros). Una fase preliminar de laboratorio consistió

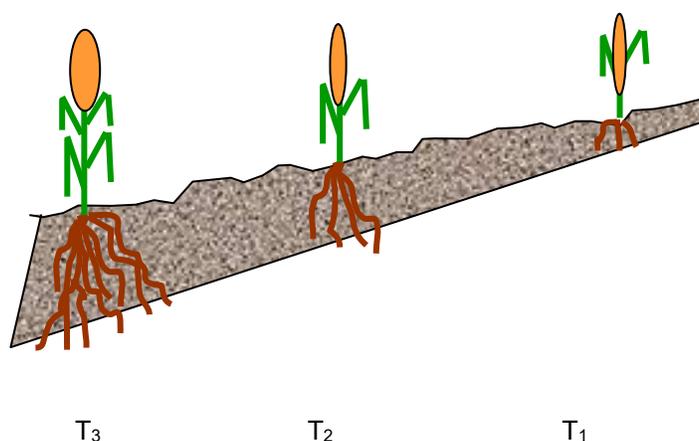
en procesar las muestras en donde se secó, tamizó y se determinó la de densidad aparente, así como los fragmentos gruesos a través de estimaciones volumétricas.

Por su parte, en laboratorio se determinaron las siguientes características, para cada una de las repeticiones: análisis mecánico (método de Bouyoucos); retención de humedad a 33 kPa y 1. 500 kPa (método de Richards); pH en suelo: agua (1:1) (método potenciométrico) y materia orgánica (método de Walkley y Black). Además de los análisis pertinentes a los fines de clasificación de las calicatas para las fincas objeto de estudio.

### 2.3. Diseño experimental

Se seleccionaron tres (3) parcelas de agricultores, ubicadas en diferentes sectores de la cuenca. En cada una de ellas se establecieron tres (3) tratamientos, relacionados cada uno con el grado de remoción natural del suelo (espesor del horizonte superficial) a lo largo de la ladera: en la parte superior, intermedia e inferior (ver Figura 1). Cada tratamiento se repitió tres (3) veces en cada parcela y se usaron áreas experimentales de 16 m<sup>2</sup> para cada repetición, para un total de nueve (9) pruebas por áreas de estudios.

Figura 1. Disposición de los tratamientos



Nota. Tratamientos en ladera: 3= inferior 2= media 1= superior

### 2.4. Evaluación de variables dependientes

Para el cultivo de papa se determinaron las siguientes características: altura de plantas, peso y perímetro de los tubérculos, número de tubérculos por planta y

largo de raíz. Todas estas determinaciones se realizaron en 10 plantas por cada repetición, tomadas al azar. El rendimiento del cultivo se determinó en cada repetición al momento de la cosecha, mediante mediciones pesadas con balanza.

## **2.5. Análisis estadístico**

1.) Se realizó análisis de varianza combinado en el espacio según modelo de una vía de clasificación de parcelas de observación, por cuanto las características de los tratamientos no permiten el proceso de aleatorización usado en el proceso formal. Los promedios se compararon mediante la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ); para las variables altura de plantas, peso y perímetro de los tubérculos, número de tubérculos por planta y largo de raíz. Se usó el paquete estadístico Statistix 8.

2.) Así mismo, se realizó un ajuste de modelos de regresión a los datos; para cuantificar el efecto de tratamiento (espesor del horizonte superficial) en las respuestas IP y rendimiento.

## **3. Análisis de los resultados**

### **3.1. Índice de Productividad IP e Índice de Riesgo de Erosión IRE**

Los suelos tienen una productividad variable, desde alta a muy alta, con predominio de alta productividad. En las parcelas El Mirador y Lomas del Rancho que presentan menor productividad de los suelos (ver Cuadro 1), se determinó que los factores B (resistencias mecánicas a la exploración radical) y K (profundidad efectiva del suelo) son los que más contribuyen a limitar la productividad del suelo. Resultados similares fueron reportados por Pineda, N., Jaimes, E., Hidalgo, B., Mendoza, J., González J. y Rodríguez H. (2009).

En cuanto a la parcela El Higuera, todas las variables fueron favorables, con limitaciones moderadas de los factores A y C. Para el caso del factor A, la limitación obedece a la baja capacidad de almacenamiento de agua útil debido a los altos porcentajes de arena que presentan los suelos (subfactor A1). En este sentido, Pacheco (2012) en su estudio sobre la erosión potencial de la vertiente norte del Waraina Repano, encontró resultados similares asociados a los aportes del material parental, pues los suelos desarrollados a partir de la litología gneinica son de textura arenosa con gran capacidad de infiltración de agua y alta fragilidad mecánica. De

igual manera, autores como Frye et al y Gollany et al (citados en Ferrer y López 2004) encontraron diferencias significativas en el contenido de agua disponible, realizando ensayos en parcelas establecidas en sitios que presentaban erosión natural y bajo condiciones de erosión simulada.

Por su parte, la limitación del factor C es atribuible al bajo contenido de materia orgánica (subfactor C2), siendo esta variable uno de los principales factores de la productividad del suelo, incluyendo la biomasa microbiana (Lobo y Pulido, 2009). Así mismo, Bouyoucus, citado en Ferrer y López (2.004) plantea que la materia orgánica puede incrementar marcadamente la retención de agua a tensiones bajas (33 kP). Por otro lado, la limitación de este factor también es atribuible a la reacción del suelo o pH (sub-factor C1) debido a que los pH de estos suelos son excesivamente ácidos, Pineda, et al (2009)

**Cuadro 1.** Factores del Índice de Productividad e Índice de Riesgo de Erosión para las diferentes fincas.

Factor	Finca	El Higuero	El Mirador	Loma del Rancho
<b>A</b>		0, 78	0, 58	0, 56
Subfactor A1		0, 78	0, 58	0,56
Subfactor A2		0, 88	0, 79	0, 83
<b>B</b>		0, 95	1, 00	0, 82
Subfactor B1		0, 95	1, 00	0, 82
Subfactor B2		0, 98	0, 87	0, 51
<b>C</b>		0, 99	0, 998	1, 00
Subfactor C1		1, 13	0, 998	1, 07
Subfactor C2		0, 99	1,00	1, 00
<b>Ki</b>		1, 01	1, 12	0, 96
IP		0, 74	0, 65	0, 44
Factor $\alpha$		0,695	0,778	0,618
Textura predominante		gruesa	media	gruesa
Factor $\eta$		1	1	1
F		32,84	32,84	32,84
Pendiente %		38	38	45
ÍRE		0, 33	0, 45	0, 26

Fuente: El autor (2025)

Los resultados indican que no siempre el mayor valor del IP lo presenta el suelo menos erosionado (Parcela El Higuerón), mientras que el suelo más erosionado muestra un alto valor del IP (Parcela El Mirador). Cuando una capa subsuperficial es de mejor calidad para el enraizamiento que la capa suprayacente, la erosión podría ser seguida por rendimientos más altos y no más bajos; sin embargo, tales situaciones no son comunes (Pineda et al, 2.009).

Por otra parte, todas las parcelas presentan de moderado a alto riesgo de erosión, siendo la pendiente el principal factor que potencia la erosión del suelo. Por su parte, el factor  $\alpha$  contribuye, en menor proporción, a potenciar el riesgo de erosión del suelo por presentar valores que van de 0,618 a 0,778 (más alejados de 1), atribuible a la presencia de texturas gruesas (areno francosas y franco arenosas) que le infieren un bajo potencial de escorrentía, siendo el grado de estructura del suelo moderado, que lo hace susceptible a la erosión hídrica. Al respecto, Mejía y Vera (2002) sostienen “Los factores que mayormente influyen en el riesgo de erosión son la clase textural, la cual afecta el parámetro de escorrentía del suelo ( $\alpha$ ) y la pendiente del suelo( $\eta$ )”. (p.250). El cuadro 2 muestra un resumen de los requerimientos generales de conservación de suelos para las fincas antes descritas.

**Cuadro 2.** *Resumen de requerimiento de conservación de suelos para las fincas estudiadas.*

Finca	Requerimientos de conservación de suelos
El Higuerón	Los requerimientos de conservación de suelos son altos y deben combinarse prácticas intensivas como las coberturas vegetales densas, maximizar la producción de materia orgánica y mantener el suelo cubierto, lo cual se puede lograr con prácticas como el uso de abonos verdes y cultivos de cobertura, que aumentan la resistencia del suelo a las fuerzas erosivas, reducen el impacto de caída de las gotas de lluvia, mejoran la estructura y la estabilidad y evitando principalmente la erosión del suelo, aún sobre pendientes del 40%. Adicional a lo anterior, adoptar medidas estructurales mediante la modificación del factor de pendiente, ya sea cambiando la inclinación única de la pendiente a muchas franjas continuas planas que corren a lo largo de las curvas de nivel en la ladera, o bien, cambiando la longitud única de la pendiente a una serie de pendientes más cortas mediante el uso de estructuras discontinuas.
El Mirador	Al igual que el predio anterior, son tierras en condición súper crítica (P), las características y condiciones son muy similares, por lo que las recomendaciones en cuanto a requerimientos de conservación son similares y en todo caso, con altos requerimientos de conservación de suelos.

**Loma del Rancho**

En este caso, los requerimientos de conservación de suelos son prácticas moderadas, combinando prácticas de manejo de suelos (labranza conservacionista con cantidades moderadas a altas de residuos en superficie, abonos verdes y mejoradores orgánicos) con manejo de coberturas vegetales (cultivos de cobertura, siembras de alta densidad y cultivos asociados) y/o prácticas moderadas para reducir escurrimientos en laderas (cultivos en contorno, cultivos en fajas, cultivos en callejones y barreras vivas).

Fuente: El autor (2025)

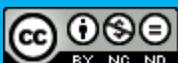
**3.2. Variables del suelo y el cultivo**

En el Cuadro 3 se presenta el resumen del análisis de varianza para los tratamientos practicados en las diferentes fincas, en relación con las variables morfométricas del cultivo. Como se observa hubo diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) en las diferentes variables, excepto en la variable perímetro de los tubérculos para la fuente de variación Finca; número de tubérculos/planta para la fuente de variación Finca por tratamiento y peso de los tubérculos para la fuente de variación Finca y Finca por tratamiento, ello considerando por un lado, que aunque en todas las parcelas existen diferencias en el espesor del suelo superficial, éstas no se manifiestan de manera generalizada en el análisis estadístico y por otro lado, esta variable va a depender además de la condición genética y manejo agronómico del cultivo. Melchiori, R., Albarenque, S., Schulz, G., Kemmerer, A, y Bedendo, D. et al. (2009), informaron de variaciones importantes en la zona de enraizamiento, por efecto de la remoción del material superficial. El efecto de tal alteración se manifiesta en una significativa reducción del rendimiento del cultivo indicador en la medida en que el suelo superficial es removido.

**Cuadro 3.** Valores de F y significancia según análisis de la varianza combinado con modelo de clasificación simple.

Fuente de variación	Longitud del tallo	Longitud de la raíz	Perímetro de los tubérculos	Número de tubérculos/planta	Peso de los tubérculos
<b>Tratamiento</b>	53,3 **	15,7 **	5,2 **	9,2 **	16,3 **
<b>Finca</b>	74,4 **	71,5 **	2,7 NS	6,5 **	2,2 NS
<b>Tratamiento *Finca</b>	4,2 **	6,1 **	4,3 **	1,7NS	2,4 NS
<b>CV</b>	19,6 %	25,0 %	19,7 %	13,6 % (T)	14,5 (T)

Fuente: El autor (2025). Nota. NS= no significativo; (T)= variable transformada ( $\sqrt{x}$ ) por exceso de variación.



Los promedios por tratamiento se resumen en el Cuadro 4, se observa alta homogeneidad en las respuestas morfométricas del cultivo en el tratamiento T3 que se corresponde a la parte inferior de la ladera, donde hay menor remoción de suelo. Así mismo, se evidencia una mayor significación para este tratamiento, es decir, hay mayor crecimiento y producción de biomasa; en contraste con T2 y T1 con valores proporcionalmente menores respectivamente. JiménezJiménez, L, Noguera, N. y Larreal M. et al (2.004) reportan diferencias altamente significativas en la producción de biomasa radical entre niveles de abonamiento orgánico, efectos similares han sido reportados por Ghosal (loc. cit) citado en Jiménez ob cit), las cuales son explicables por el mejoramiento de las condiciones edáficas relacionadas con el desarrollo radical tales como estructura, consistencia, densidad aparente y macroporosidad.

**Cuadro 4.** Promedios por tratamiento y su significación según Tukey al 5 %.

Tratamiento	Longitud del tallo (cm)	Longitud de la raíz (cm)	Perímetro de los tubérculos (cm)	Número de tubérculos/planta	Peso de los tubérculos (gr)
T <sub>1</sub>	57,3 C	14,5 C	14,1B	11,5 B	0,95 B
T <sub>2</sub>	59,4 B	16,0 B	14,9 AB	13,3 A	1,12 A
T <sub>3</sub>	74,9 A	17,9 A	15,4 A	13,1 A	1,18 A

Fuente: El autor (2025). Nota. Valores con letras distintas en la misma fila presentan diferencias (P<0.01 y P<0,05)

Por su parte, en el Cuadro 5 se muestran los promedios por finca y significación según prueba de Tukey al 5%; como se puede observar, para la Finca 1 (Higuerón) hubo mejor respuesta para las variables perímetro de los tubérculos, peso de los tubérculos y número de tubérculos/planta y en menor grado la longitud del tallo y longitud de la raíz. En la Finca 2 (Mirador) la respuesta fue más favorable en casi todas las variables morfométricas, excepto la longitud de la raíz y finalmente en la Finca 3 (El Rancho) la respuesta fue más favorable para las variables perímetro de los tubérculos y peso de los tubérculos y en menor grado para las variables longitud del tallo, longitud de la raíz y número de tubérculos/planta.

**Cuadro 5.** Promedios por finca y su significación según Tukey al 5 %.

Finca o localidad	Longitud del tallo (cm)	Longitud de la raíz (cm)	Perímetro de los tubérculos (cm)	Número de tubérculos/planta	Peso de los tubérculos (kg)
Higuerón	52,4 C	20,3 C	14,5 A	12,8 AB	1,11 A
Mirador	75,2 A	13,6 B	15,4 A	13,4 A	1,12 A
El Rancho	64,0 B	14, 5 B	14,6 A	11.6 B	1,04 A

Fuente: El autor (2025). Nota. Valores con letras distintas en la misma fila presentan diferencias ( $P < 0.01$  y  $P < 0,05$ )

Para establecer la relación que existe entre las variables espesor del horizonte superficial del suelo y el IP con el rendimiento del cultivo, se ajustaron modelos matemáticos o ecuaciones de regresión entre estas variables, obteniéndose coeficientes de determinación ( $R^2$ ) que muestran un ajuste moderado entre dichas variables (ver cuadro 6 y Figuras 2 y 3 ). Se resalta el hecho de eliminar un valor atípico de la totalidad de los muestreos ( $n=27$ ).

**Cuadro 6.** Modelos de regresión para explicar el efecto del espesor del suelo y el IP sobre el rendimiento (Y).

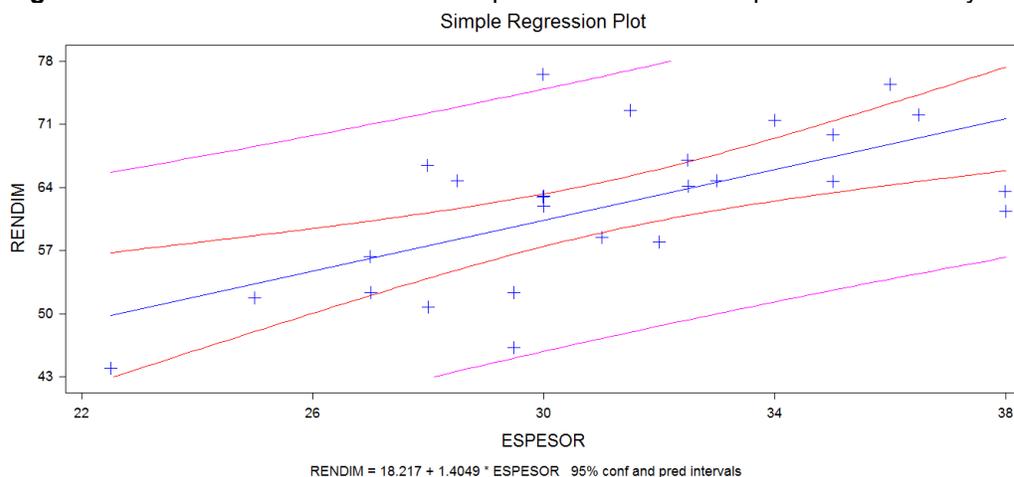
	$R^2$	n
$Y = -89,8 + 44,24 (\text{Ln } E)$	0,42	26
$Y = -104,0 + 9,39 (E) - 0,13 (E^2)$	0,47	26
$Y = 18,21 + 1,41 (E)$	0,39	26
$Y = 64,66 + 3,89 (\text{Ln } IP)$	0,04	26
$Y = 59,74 - 5,76 (IP) + 15,76 (IP^2)$	0,08	26
$Y = 55,68 + 11,46 (IP)$	0,07	26

Fuente: El autor (2025).

Ambos modelos de regresión ajustados explican más del 40% de las variaciones observadas ( $R^2$ ). y muestran en términos generales, valores aceptables de  $R^2$ , habida cuenta que, los rendimientos se incrementan en la medida que existan mejores condiciones para el desarrollo radicular. Efectos similares han sido reportados por DelgadoValero, Delgado y López et al. (2010 1.997), los cuales son

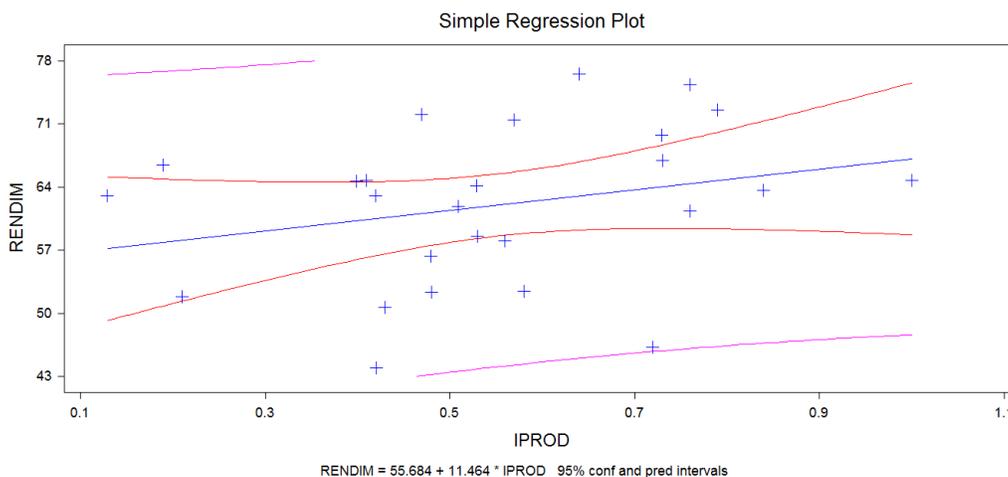
explicables por las mejores condiciones edáficas en suelos menos perturbados, es decir, dependen de la presencia de características favorables para el desarrollo del sistema de raíces del cultivo en el perfil del suelo, o bien porque las condiciones generales para el enraizamiento, evaluadas a través del IP, se presenten más favorables. Igualmente, Delgado y López (1.995) afirman que el rendimiento crece a medida que el suelo ofrece mejores condiciones (alto IP) al cultivo; pero tiende a una asíntota, dada por los otros factores que controlan el rendimiento del cultivo como el potencial genético y clima.

**Figura 2.** Relación entre las variables espesor del horizonte superficial del suelo y el rendimiento.



Fuente: El autor (2025).

**Figura 3.** Relación entre las variables IP y el rendimiento.



Fuente: El autor (2025).

#### 4. Conclusiones

Los resultados de esta investigación confirman la relación que existe entre el IP, el rendimiento y el espesor del suelo superficial, así se ha verificado con los rendimientos y demás parámetros morfométricos del cultivo indicador, pues estos se incrementan en la medida que existan mejores condiciones para el desarrollo radicular, es decir, dependen de la presencia de características favorables para el desarrollo del sistema de raíces del cultivo en el perfil del suelo. Además, se comprobó que tales condiciones favorables sufren modificaciones a lo largo de las pendientes pronunciadas cultivadas, sometidas a procesos de erosión, debido a los efectos que este proceso genera en las condiciones del suelo.

Con relación al riesgo de erosión, para todas las parcelas la pendiente es el principal factor que potencia la erosión del suelo oscilando entre el 38% y 45%; con bajas tasas de infiltración y alta escorrentía. En consecuencia, presentan de moderado a alto riesgo de erosión con valores de IRE que van desde 0,26 a 0,45. Por su parte, el factor  $\alpha$  contribuye, en menor proporción, a potenciar el riesgo de erosión del suelo por presentar valores que van de 0,618 a 0,778 (más alejados de 1), atribuible a la presencia de texturas gruesas (areno francesas y franco arenosas) que le infieren un bajo potencial de escorrentía, siendo el grado de estructura del suelo moderado, que lo hace susceptible a la erosión hídrica.

Aunque la metodología utilizada es de vieja data, aún se mantiene vigente y resulta ideal su aplicación, cuando no se dispone de recursos tecnológicos de última generación, tales como Imágenes multiespectrales obtenidas por sensores remotos entre otros. Así pues, la metodología propuesta permite apoyarse en ella para identificar, a nivel de una microcuenca hidrográfica, las áreas agrícolas actuales o potenciales que se encuentran en condición prioritaria para su tratamiento conservacionista, en función de los riesgos de erosión y la productividad de sus suelos.

Considerando que los resultados obtenidos en las fincas de referencia, que integran la vertiente objeto de estudio y la microcuenca en general, presentan características similares; se puede inferir que gran parte del área en cuestión califica

como de alta prioridad de atención conservacionista, con altos índices de productividad combinados con altos riesgos de erosión. Consecuentemente, la mayor parte de la cuenca tiene requerimientos de conservación altos y moderados. Aunque la mayoría de los suelos tienen buena capacidad productiva, la pendiente donde se ubican los hace muy susceptibles a la erosión hídrica.

Se subraya la importancia que representa el ordenamiento y la planificación del uso de la tierra como una acción previa fundamental para garantizar el éxito de los planes y programas de conservación de suelos en regiones montañosas tropicales.

#### **4.1. Recomendaciones**

Los resultados obtenidos en este trabajo, pueden tomarse como referencia para planes de mejoramiento más detallados. No obstante, para tales fines se recomienda incluir aspectos como los socioeconómicos que no se consideraron en este trabajo por diversas limitaciones y que darían mayor consistencia a una investigación de esta naturaleza.

Se destaca la necesidad de revisar el enfoque técnico de la conservación de suelos de ladera, orientándolo hacia el concepto más amplio de manejo y aprovechamiento sustentable del suelo el cual integra y armoniza el uso de tecnologías modernas con las autóctonas.

#### **5. Referencias**

- Benítez, J. (2004). **Manejo integrado de suelo y agua para un desarrollo agrícola sostenible en América Latina LEISA**, vol. 19, p 4.
- Delgado, F. (2003). **Un protocolo para apoyar la selección de prácticas de conservación de suelos en tierras montañosas tropicales**. I Seminario Internacional. Agricultura de Conservación en Tierras de Laderas Manizales, Colombia, 26 al 28 de noviembre de 2003
- Delgado F. y R. López. (1995). **Validación de un modelo erosión - productividad en suelos de Los Andes venezolanos**. XIII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Maracay.
- Delgado, F. (1997). **Sistema para la evaluación y clasificación de tierras agrícolas y prioridades de conservación de suelos en áreas montañosas**

**tropicales. Un enfoque metodológico.** Serie Suelos y Clima N° SC-73. CIDIAT. Mérida, Venezuela.

Delgado F., R Terrazas y R. López. (1997). **Planificación de la conservación de suelos en cuencas altas, utilizando relaciones erosión- productividad.** Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Mérida. Venezuela.

Ferrer y López (2.004). **Capacidad de retención de humedad de un Inceptisol de los Andes Venezolanos y su afectación por la pérdida de suelo superficial y la adición de abono orgánico.** Revista Forestal Venezolana. v.48 n-1 enero-junio.

Jiménez, L, Noguera, N. y Larreal M. (2004). **Cambios en la productividad de un Ultisol degradado mediante la aplicación de estiércol bovino.** Revista de la Facultad de Agronomía. v 21 n-3. Caracas jul. 2.004.

Lobo D. y Pulido M. (2.009). **Métodos e índices para evaluar la estabilidad estructural de los suelos.** Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología. Consultado el día 04 de abril de 2.014 [http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a108\\_intro](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a108_intro)

Mejía, F. y Vera, M. (2002). **Evaluación de la Productividad y Riesgo de Erosión como base para el Manejo Sostenible de los Suelos en la Microcuenca rio Zarzales, estado Mérida, Venezuela.** Revista Geográfica Venezuela. Volumen 43 (2) 2002. <https://www.researchgate.net/publication/335569097>

Ministerio del Poder Popular para el Ambiente y Recursos Naturales Renovables. (1.992). **Plan de Ordenamiento y Reglamento de la Zona Protectora de las Cuencas Hidrográficas de los ríos Guanare, Boconó, Tucupido, La Yuca y Masparro.** Decreto 2336. Venezuela, 1.995.

Melchiori, Ricardo; Albarenque, Susana; Schulz, Guillermo; Kemerer, Alejandra; Bedendo, Dante. (2.009). **Determinación de zonas de manejo mediante relevamiento de suelos y herramientas informáticas.** Congreso Argentino de AgrolInformática (CAI 2009), Argentina.

Pacheco, H. (2012). **El índice de erosión potencial en la vertiente norte del Waraira Repano, estado Vargas, Venezuela.** Cuadernos Geográficos Revista Colombiana de Geografía. Vol.21 N° 2. Jul/Dic 2012. Bogota.

Pineda, N., Jaimes, E., Hidalgo, B., Mendoza, J., González J. y Rodríguez H. (2.009). **Clasificación de tierras agrícolas con fines de conservación de suelos en parcelas de uso hortícola, subcuenca Alto Motatán, Mérida-Venezuela.** Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2009, 26: 532-554

Valero, L. Delgado, F y López R. (2.010). **Planificación del uso de la tierra en cuencas altas con base en el riesgo de erosión y la productividad del suelo.** Revista Geográfica Venezolana, v.51 (1) 2.010. Mérida, Venezuela.