



## EROSIÓN HÍDRICA

### ARTÍCULO ORIGINAL

<https://cu-id.com/2284/v12n4e02>

# Erosividad de las lluvias en Finca Tierra Brava de la subcuenca (S1) Río Los Palacios

## *Rainfall Erosivity in the Tierra Brava Farm of the Sub-Basin S1 River Los Palacios*

MSc. Martha Paula Ricardo-Calzadilla<sup>I</sup>, Ing. Abel Gómez-Arias<sup>II</sup>, MSc. Virgen Cutie-Cansino<sup>III</sup>.

<sup>I</sup> Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

<sup>II</sup> Universidad Tecnológica de La Habana-CUJAE, Facultad de Ingeniería Civil, Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH), Marianao, La Habana, Cuba.

<sup>III</sup> Instituto de Meteorología (INSMET), Regla, La Habana, Cuba.

**RESUMEN.** La erosión hídrica es el principal proceso de degradación de las tierras a nivel mundial y en Cuba es el más extendido, con más del 43,3% del área agrícola entre fuerte y medianamente erosionada. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la erosividad de las lluvias en la Finca Tierra Brava ubicada en la subcuenca 1 del Río los Palacios, a partir de los registros pluviométricos para el periodo (1999-2018) de la estación representativa del área "Paso Real de San Diego", teniendo en cuenta la variabilidad climática, cobertura del suelo y medidas de conservación de agua y suelo. El 90% de los eventos de lluvia mensuales registrados resultaron erosivos y la evaluación de la erosividad a través de los índices erosividad mensual ( $R_m$ ) e Índice de Fournier modificado (IMF), mantienen una correlación significativa con las precipitaciones mensuales ( $y = 7,224x - 239,7$   $R^2 = 0,977$ ) ( $Y = 5,043x + 43,19$   $R^2 = 0,95$ ), respectivamente, con valores superiores del IMF a 160, lo que indica una alta agresividad de las precipitaciones. Como resultado del análisis de cada uno de los elementos del modelo RUSLE se concluyó que en el área existe un moderado riesgo de degradación del suelo por erosión con valores de  $10,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  que se incrementan a  $17,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  cuando no se tienen en cuenta las medidas de conservación.

**Palabras clave:** erosión hídrica, precipitaciones, conservación, degradación del suelo

**ABSTRACT.** Water erosion is the main land degradation process worldwide and in Cuba it is the most widespread, with more than 43.3% of the agricultural area between strongly and moderately eroded. The objective of this work was to determine the erosivity of the rains in the Tierra Brava Farm located in the sub-basin 1 of the Los Palacios River, from the pluviometric records for the period (1999-2018) of the representative station of the "Paso Real de San Diego", taking into account climate variability, land cover, and soil and water conservation measures. 90% of the recorded monthly rainfall events were erosive and the erosivity evaluation through the monthly erosivity indices ( $R_m$ ) and the modified Fournier index (IMF), maintain a significant correlation with monthly rainfall ( $y = 7.224x - 239.7$   $R^2 = 0.977$ ) ( $Y = 5.043x + 43.19$   $R^2 = 0.95$ ), respectively, with values IFM higher than 160, which indicates a high aggressiveness of the precipitations. As a result of the analysis of each of the elements of the RUSLE model, it was concluded that in the area there is a moderate risk of soil degradation by erosion with values of  $10.6 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$  that increase to  $17.7 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$  when conservation measures are not taken into account.

**Keywords:** Water Erosion, Precipitations, Conservation, Soil Degradation

## INTRODUCCIÓN

Las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas son frágiles y sensibles a la desertificación (degradación de la vegetación y suelos), siendo la erosión hídrica uno de los principales indicadores asociados, razón por lo cual es impor-

<sup>1</sup> Autora para correspondencia: Martha Paula Ricardo-Calzadilla, e-mail: [marta.ricardo@iagric.minag.gob.cu](mailto:marta.ricardo@iagric.minag.gob.cu) [mpaularicardo@gmail.com](mailto:mpaularicardo@gmail.com) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7051-941X>

**Recibido:** 05/02/2022.

**Aprobado:** 09/09/2022.

tante la selección de un Índice de agresividad de las lluvias. (Moyano *et al.*, 2006).

La erosión hídrica (eh) es el principal proceso de degradación de las tierras a nivel mundial (Ongley, 1997; Wischmeier & Smith, 1978). Sus efectos no solo comprometen la productividad de las tierras en los sitios donde la erosión se produce, sino que pueden alterar además la calidad de las aguas que reciben los sedimentos y sustancias disueltas transportadas por el escurrimiento. (Kraemer *et al.*, 2018).

Li & Fang (2016), elaboraron un mapa que refleja de manera aproximada la severidad total y la distribución de la erosión de los suelos alrededor del mundo. Y concluyen que algunas partes de Estados Unidos, China, Australia, India, partes de Europa, África y Suramérica presentan grados de erosión muy severa. Basándose en datos recabados por (García *et al.*, 2015).

La conservación de los suelos es una necesidad apremiante e impostergable. Una pérdida media de 0,3% del rendimiento anual de los cultivos está ocurriendo debido a la erosión, que de continuar sin cambios positivos podría fomentar una reducción del rendimiento anual para el año 2050 en un 10%. Esto supondría la pérdida de 4,5 millones de hectáreas por año-Ida de suelo, siendo Asia, Latinoamérica y el Caribe, el Cercano Oriente y Norte de África las regiones que tienen la mayor tendencia a dicho deterioro (FAO y GTIS, 2015). Citado por Roa *et al.* (2017).

En Cuba la erosión hídrica es el proceso de degradación más extendido con más del 43,3% del área agrícola entre fuerte y medianamente erosionada. (S. J. Díaz *et al.*, 2012).

La erosión de los suelos será influenciada por el cambio climático, principalmente por los cambios de temperatura y patrones de precipitación que impactarán la producción de la biomasa vegetal, las tasas de infiltración, la humedad del suelo, los cambios de uso y el manejo de los cultivos, por consiguiente, afectando la escorrentía y la erosión de los suelos. (Li & Fang, 2016).

A nivel local, a través de un periodo de tiempo, se puede estimar la erosión por medio de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (Universal Soil Loss Equation o USLE), que expresa la erosión en términos de factores asociados a la energía cinética de la lluvia, a las propiedades hidrofísicas del suelo, a la cobertura, al manejo y a la topografía. Por lo tanto la existencia de un modelo para la predicción, la evaluación y la medición de la erosión hídrica superficial permite entender el comportamiento de dicho fenómeno, así como establecer recomendaciones de manejo y de control, para reducir su efecto negativo en el desarrollo de cultivos (Tauta *et al.*, 2018).

En base al análisis estadístico de los datos experimentales los investigadores Wischmeier & Smith (1978), presentaron el modelo empírico USLE de estimación de erosión hídrica promedio anual, sobre una base de datos de 10 000 combinaciones de parcelas de escurrimiento-año, bajo lluvia natural (García *et al.*, 2017); además de ser el más difundido universalmente Gvozdenovich *et al.* (2017); permite la aplicación de adaptaciones metodológicas para el cálculo de sus factores, aun cuando no se cuenta con todos los datos requeridos (Moreno *et al.*, 2017).

En la USLE, el factor de erosividad de lluvias denominado

R, es el que indica la agresividad climática y expresa el potencial erosivo promedio anual de las lluvias de una región para un período de decenas de años. De esta manera Wischmeier & Smith (1978), estudiaron por regresión múltiple la relación entre la erosión medida experimentalmente y varias de las características de las lluvias que la generaron, obteniendo el índice Ei30 para lluvias individuales y el factor R anual. Así, dichos autores publicaron valores de R para EU y definieron el uso del parámetro en unidades métricas (Kraemer *et al.*, 2018). Esta fue ligeramente modificado por (K. G. Renard, 1997), pp. 14-18), del Departamento de Agricultura de EUA, llamándose Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelos (RUSLE) (Chávez, 2019).

En un estudio realizado para la FAO en Marruecos Arnoldus (1977) plantea que "cuando no existe una adecuada densidad de estaciones pluviográficas para estimar el factor "R" se puede utilizar una aproximación" a través del índice modificado de Fournier, demostrando que existe una alta correlación entre el factor de erosividad "R" y el IMF. Los resultados concuerdan muy bien con los valores de aquellas estaciones para las cuales el factor "R" ha sido calculado con el método del RUSLE (Chávez, 2019).

Con el objetivo de determinar la erosividad de las lluvias en la Finca Tierra Brava ubicada en la subcuenca 1 del río Los palacios se desarrolló el estudio, a partir de los registros pluviométricos para el periodo (1999-2018), en el marco de la variabilidad climática, cobertura del suelo y medidas de conservación de agua y suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza en la finca Tierra Brava, perteneciente a la CCS Niceto Pérez, ubicada en la llanura Suroccidental de Pinar del Río, en la parte Norte del municipio Los Palacios. En una de las subcuencas (S1) del Río Los Palacios y sus coordenadas son 22 ° 35' 38,44" latitud Norte y 83° 17' 48,75" longitud Oeste (Figura 1).

La finca abarca una superficie de 22,0 hectáreas en las que el tipo de suelo que predomina es Ferralítico Cuarítico Amarillo Rojizo Lixiviado, según la Segunda Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, de textura loam arcilloso-arenoso, con un 68% de Arena, 12,0% Limo, 20% de Arcilla medianamente desaturado (40-75%), con profundidad efectiva de 55 cm, relieve ondulado con pendientes que oscilan de 1 a 3% y Mo de 3% (IS-Cuba, 2017).

Para el estudio del comportamiento de las precipitaciones se seleccionó la estación representativa del área "Paso Real de San Diego", y la serie (1999-2018) basado en los resultados de la evaluación del comportamiento de las precipitaciones, realizados por Ricardo *et al.* (2020)

Para la estimación de la erosión hídrica se empleó la Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelos (RUSLE), (ecuación 1), la que permite predecir las pérdidas de suelo a largo plazo para un sistema específico de manejo; definir sectores críticos en los que la pérdida de suelo puede sobrepasar los rangos tolerables y elegir la práctica de control de erosión hasta un nivel tolerable.

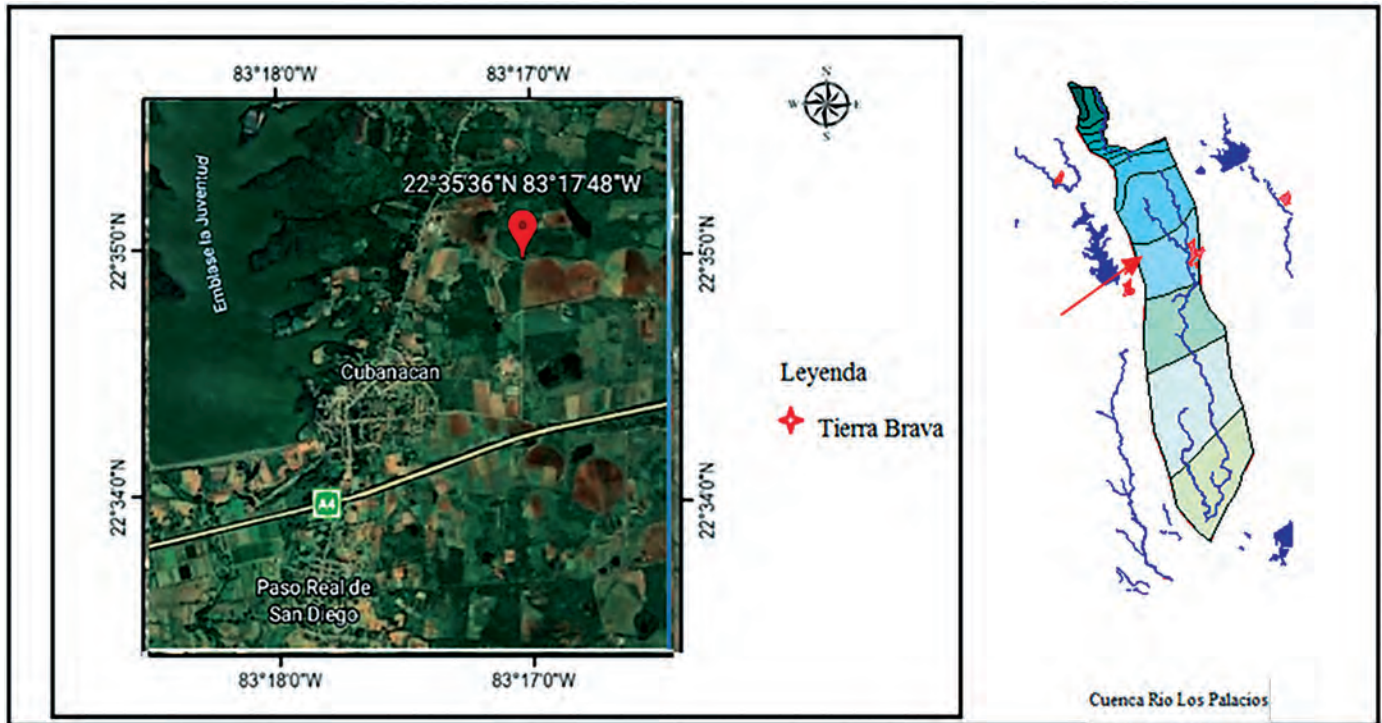


FIGURA 1. Ubicación espacial finca Tierra Brava.

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

donde:

- A: es la pérdida de suelo promedio anual en [t/ha/año];
- R: es el factor erosividad de las lluvias en [MJ/ha·mm/h];
- K: es el factor erodabilidad del suelo en [t/ha·MJ·ha/mm·h];
- LS: es el factor topográfico (función de longitud inclinación-forma de la pendiente), adimensional
- C: es el factor ordenación de los cultivos (cubierta vegetal), adimensional
- P es el factor de prácticas de conservación (conservación de la estructura del suelo), adimensional

El factor R se estimó por medio de la combinación de dos métodos: el índice modificado de Fournier propuesto por (Arnoldus, 1977), y 1 índice, también basado en Fournier, establecido por (Lombardi & Moldenhauer, 1992) para zonas tropicales.

El índice modificado de Fournier desarrollado por (Arnoldus, 1977), (ecuación 2) es lo más práctico en zonas donde no existen datos detallados. Como base para determinar la erosividad se utilizan los datos promedios de precipitaciones mensuales y anuales. El índice se obtiene de la fórmula:

$$IFM = \sum_{i=1}^{i=12} \frac{pi^2}{P} \quad (2)$$

donde:

- i= representa el número del mes;
- pi = precipitación mensual (mm);
- P = precipitación media anual (mm).

El cálculo del IFM debe hacerse para cada año y luego calcular el promedio, cuya clasificación se presenta en la Tabla 1.

El índice de Fournier establecido por Lombardi & Moldenhauer (1992) (Ecuación 3), Según Alonso et al. (2011) es una de las modificaciones del índice de Fournier, basada en la erosión de la lluvia a escala mensual, la cual se expresa de la manera siguiente:

$$Rm = 68,73 * \left(\frac{Pm^2}{P}\right)^{0,841} \quad (3)$$

donde:

Rm = erosividad mensual.

La aplicación de los coeficientes propuestos por Lombardi & Moldenhauer (1992) han sido realizados en zonas tropicales de varias regiones del mundo logrando buenos resultados (Medina, 2009).

Una vez calculado el IMF se procedió a la clasificación de la agresividad pluvial con los rangos que se presentan en la tabla según (Moyano et al., 2006).

TABLA 1.- Clasificación del Índice de Fournier Modificado (IFM)

IFM	Clasificación
0-60	Muy Bajo
60-90	Bajo
90-120	Moderado
120-160	alto
≥ 160	Muy alto

Fuente: (Moyano et al., 2006)

Los factores LS asociados con características de la pendiente del terreno, se determinaron de manera conjunta por medio de la Ecuación 4, descrita por (Osti et al., 2007).

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22.3}\right)^m \cdot (0,065 + 0,045 \cdot S + 0,0065s^2) \quad (4)$$

Los valores de k fueron obtenidos a partir del Nograma de erodabilidad basadas en datos de campo obtenidos en parcelas de erosión establecidas en estados Unidos que calcula K gráficamente para un suelo dado en función de la distribución de tamaño de las partículas contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad del perfil. Según (Osti *et al.*, 2007).

Para calificar el grado de erosión al que está expuesto el territorio se ha empleado la clasificación establecida por: (FAO-UNESCO, 1980). En la Tabla 2 se presentan los valores empleados bajo este criterio.

**TABLA 2. Clasificación de los niveles de erosión**

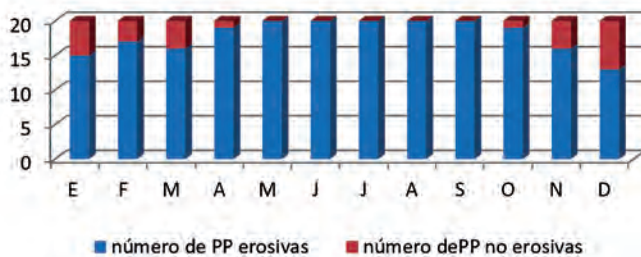
Nivel de erosión	Valores t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
Leve	0-10
Moderada	11-50
Fuerte	51-200

Fuente: (FAO-UNESCO, 1980).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estación meteorológica escogida, indica acumulados anuales de las precipitaciones en un período de 20 años; superiores a 974 mm; Según el análisis estadístico el promedio de la precipitación anual obtenido para la serie analizada 1999-2018 fue de 1332 mm, con una desviación estándar de 213,91 y un Cv de 0,16, lo que indica para la mayoría de los propósitos una aceptable longitud de la serie para obtener de ella estimaciones confiables y una moderada variabilidad, según Ricardo *et al.* (2015)5.

Como puede apreciarse en la Figura 2 el 90% de la lámina precipitada mensual, resultan erosivas considerando el criterio de lluvias erosivas las superiores a 13mm según Wischmeier & Smith (1978). Citado por Kraemer *et al.* (2018). Con 0 valores inferiores a 13 mm en el periodo de junio a septiembre.

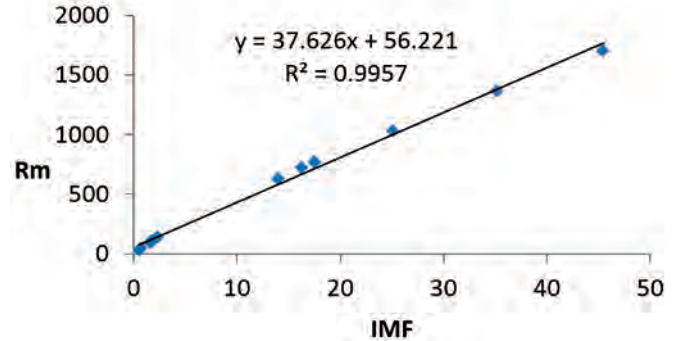


**FIGURA 2.** Lámina de la precipitación mensual erosivas en mm.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por varios investigadores sobre la alta correlación existente entre el factor de erosividad "R" de la ecuación de RUSLE y el IMF. Renard & Freimund (1994) en EUA con un alto coeficiente de correlación, en España Pérez & Senent (2015) y en Marruecos Díaz *et al.* (2014), (Chávez, 2019) citado por Chávez (2019). El estudio se enfocó en evaluar el comportamiento de la erosividad a través de este índice.

Los resultados del estudio del IMF en la Finca Tierra Brava ubicada en la subcuenca 1 del Río Los Palacios muestran valores, superiores a 160, valor por encima del cual, las lluvias son muy agresivas según Moyano *et al.* (2006).

Considerando las condiciones tropicales del sitio se evaluó además las modificaciones del IF propuesta por Lombardi & Moldenhauer (1992) (Ecuación 3), índice de erosividad mensual (Rm), existiendo una alta correlación entre este y el IMF como puede apreciarse en la Figura 3, lo que nos permitió valorar cuál de las dos modificaciones del IF tienen una relación más directa con las precipitaciones mensuales a considerar en los cálculos de la erosión potencial.



**FIGURA 3.** Relación entre el IMF y Rm.

Ambos índices Fournier modificado (IMF) y la erosividad mensual Rm, presentan una correlación significativa con las precipitaciones mensuales y se ajustan a un modelo lineal con un valor p en ANOVA inferior a 0,01, lo que indica una relación estadísticamente significativa entre estos índices y las precipitaciones, con un nivel de confianza del 99%.

La estadística R-Squared de la relación de las precipitaciones y Rm indica que el modelo ajustado explica el 97,77% de la variabilidad en la erosividad. Donde el coeficiente de correlación es igual a 0,988. Con un error estándar de la estimación, que muestra una desviación estándar de los residuos de 89,27. Valor que se puede usar para construir límites de predicción para nuevas observaciones.

Mientras que la estadística R-Squared de la relación de las precipitaciones con el IMF el modelo ajustado explica el 95,47% de la variabilidad en la erosividad. Con un coeficiente de correlación igual a 0,977. Y un error estándar de la estimación, que muestra una desviación estándar de los residuos de 3,379. Valor que se puede usar para construir límites de predicción para nuevas observaciones.

Una vez definida la erosividad de las precipitaciones se determinaron los elementos del Modelo de RUSLE LS y K, lo que nos facilitó el análisis de los riesgos de erosión en el sitio.

Al calificar el grado de erosión al que está expuesto el territorio, como resultado de la erosividad originada por las precipitaciones unido a las características fisiográficas de la subcuenca (S1), donde se localiza la Finca Tierra Brava, se puede asegurar que existe un moderado riesgo de degradación del suelo por erosión con valores de 10,6 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> que se incrementan a 17,7 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> cuando no se tienen en cuenta las medidas de conservación de suelo y agua. Según la clasificación FAO-UNESCO (1980).

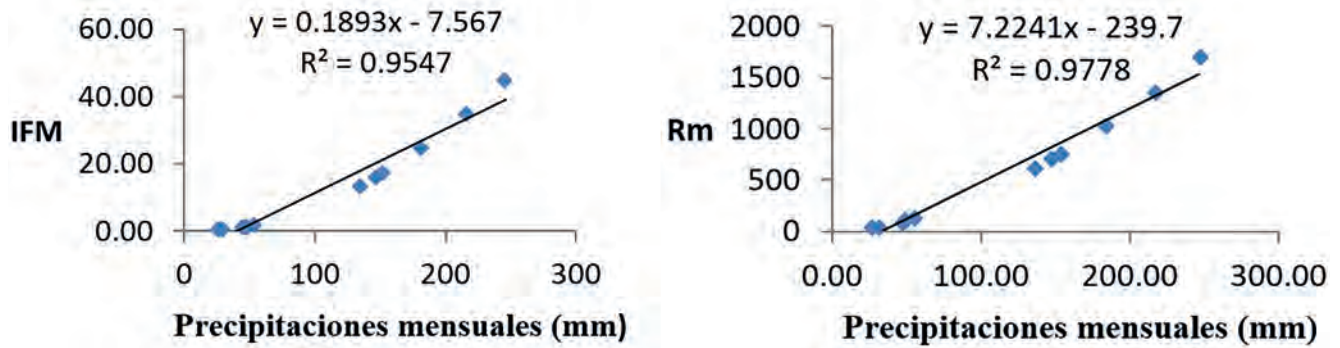


FIGURA 4. Correlación de las Precipitaciones mensuales y los índices IFM y Rm.

Lo que demostró que la implementación de prácticas conservacionistas protege en mayor grado el suelo de la erosividad generada por las precipitaciones. Al evaluarse el impacto positivo de las medidas de conservación y manejo establecidas en el sitio (sistemas de captación de agua de lluvia y agricultura de conservación establecida), los resultados indican que estas medidas generan una reducción de la erosión en un 40,1%.

## CONCLUSIONES

- Para el período analizado (199-2018) el 90% de la lámina precipitada mensual, en el sitio resulta erosiva.
- El Índice de Fournier modificado (IMF) presenta valores

superiores a 160, lo que indica alta agresividad de las precipitaciones en la región.

- Existe una alta correlación  $R^2=0,99$  entre el Índice de Fournier modificado (IMF) y el índice de erosividad mensual Rm para zonas tropicales.
- Ambos índices estudiados Índice de Fournier modificado (IMF) y de erosividad mensual Rm derivado de Fournier para zonas tropicales mantienen una correlación significativa con las precipitaciones mensuales.
- En la Finca Tierra Brava existe un moderado riesgo de degradación del suelo por erosión con valores de  $10,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  que se incrementan a  $17,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , cuando no se tienen en cuenta las medidas de conservación de suelo y agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, A. J. A., Bermúdez, L. F., & Rafaelli, S. (2011). *La degradación de los suelos por erosión hídrica. Métodos de estimación* (Vol. 4). Editum.
- Arnoldus, H. (1977). *Predicting soil losses due to sheet and rill erosion* (FAO Conserv Guide). FAO Conserv Guide, Rome, Italy.
- Chávez, B. M. E. (2019). Factor erosividad de la lluvia en la subcuenca sur del lago Xolotlán, Managua. *Nexo Revista Científica*, 32(01), 41-51.
- Díaz, S. J., Ruiz, P. M. E., Leal, C. Z., Alonso, B. G., & Gabriels, D. (2012). La erodibilidad de los principales suelos de la cuenca V Aniversario del Río Cuyaguaje: Su relación con otras propiedades. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(4), 48-54, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- Díaz, S. M. del M., Nemmaoui, A., Castilla, C. Y., Torres, A. M. Á., & Torres, A. F. J. (2014). Estimación de la erosión potencial en la cuenca del río Moulouya aguas arriba de la presa Mohamed V. *Mapping*, 168, 4-16.
- FAO-UNESCO. (1980). *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. FAO, Roma, Italia.
- García, P. F., Terra, J., Sawchik, J., & Pérez, B. M. (2017). Mejora de las estimaciones con USLE/RUSLE empleando resultados de parcelas de escurrimiento para considerar el efecto del agua del suelo. *Agrociencia (Uruguay)*, 21(2), 100-104.
- García, R. J. M., Beguería, S., Nadal, R. E., Gonzalez, H. J. C., Lana, R. N., & Sanjuán, Y. (2015). A meta-analysis of soil erosion rates across the world. *Geomorphology*, 239, 160-173.
- Gvozdenovich, J. J., Pérez, B. M., Novelli, L. E., & Barbagelata, P. A. (2017). ¿ Puede WEPP mejorar la predicción de la erosión de suelos respecto a USLE? *Ciencia del suelo*, 35(2), 259-272.
- IS-Cuba. (2017). *Informe técnico de diagnóstico de suelo en expediente Técnico para un MST. Programa de Asociación de País* [Informe técnico]. Ministerio de la Agricultura, Instituto de Suelos, La Habana, Cuba.
- Kraemer, F. B., Chagas, C. I., Ibañez, L., Carfagno, P., & Vangel, S. (2018). Erosión hídrica, fundamentos, evaluación y representación cartográfica: Una revisión con énfasis en el uso de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica. *Cienc. Suelo*, 36(1), 124-137.
- Li, Z., & Fang, H. (2016). Impacts of climate change on water erosion: A review. *Earth-Science Reviews*, 163, 94-117.
- Lombardi, N. F., & Moldenhauer, C. W. (1992). Erosividade da chuva: Sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantia*, 51, 189-196.
- Medina, M. C. E. (2009). *Modelos numericos y teledeteccion en el lago de Izabal, Guatemala* [Doctoral dissertation]. Universidad de Cádiz, España.
- Moreno, R., Campos, P. A., Avendaño, A. J., Núñez, V., Gil, M. N., Salas, B. A. G. J., & Medina, J. E. (2017). Distribución espacial y análisis de la pérdida de suelo en microcuencas de la Sierra de Vaqueros (Salta, Argentina) mediante el uso de un SIG. *Rev. Espacio y Desarrollo (Argentina)*, 30(2017), 161-192.
- Moyano, M. C., Aguilera, R., Pizarro, R., Sanguesa, C., & Urra, N. (2006). *Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y el Caribe* [Disertación]. Universidad de Talca.

- Ricardo-Calzadilla *et al.*: Erosividad de las lluvias en Finca Tierra Brava de la subcuenca (S1) Río Los Palacios
- Ongley, E. (1997). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos.*(Estudio FAO Riego y Drenaje-55) (363.7394 O-58-1; pp. 21-37). GEMS/Water Collaborating Center Canada Center for Inland Waters.
- Osti, L. C., López, B. S., Sánchez, M. F., & Domínguez, C. M. (2007). *Riesgo a la erosión hídrica y proyección de acciones de manejo y conservación del suelo en 32 microcuencas de San Luis Potosí* (333.73097244 R5).
- Pérez, J., & Senent, J. (2015). "Análisis comparativo de la evaluación de la erosividad de la lluvia en la cuenca del Guadalentín". *Actas de la IV jornada. IV Jornada de Ingeniería del Agua*"La precipitación y los procesos erosivos", Córdoba, España.
- Renard, K., & Freimund, J. R. (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of hydrology*, 157(1-4), 287-306.
- Renard, K. G. (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. United States Government Printing, USA.
- Ricardo, C. M. P., Arias, G. A., Fernández, M. R., Cutie, C. V., & Díaz, M. O. (2020). Estudio de las precipitaciones para el diseño de sistema de captación de agua de lluvia. *Ingeniería Agrícola*, 10(2), 28-36, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- Ricardo Calzadilla, C. M. P., Fernández, M. M., Pérez, B. C., Castellanos, S. L., & Cutié, V. (2015). Evaluación de la eficiencia de la captación de agua de lluvia en casas de cultivos. *Ingeniería Agrícola*, 5(4), 3-9, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- Roa, C. C. E., Pacheco, C., & López, R. (2017). Erosión hídrica, fundamentos, evaluación y representación cartográfica: Una revisión con énfasis en el uso de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica. *Gestión y Ambiente*, 20(2), 265-280.
- Tauta, M. J. L., Camacho-Tamayo, T. J. H., & Rodríguez, B. G. A. (2018). Estimación de erosión potencial bajo dos sistemas de corte de caña panelera utilizando la ecuación universal de pérdida de suelos. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 405-413.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. USDA Agr. Handbook, USA.

---

Martha Paula Ricardo-Calzadilla, Inv. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: [marta.ricardo@iagric.minag.gob.cu](mailto:marta.ricardo@iagric.minag.gob.cu) [mpaularicardo@gmail.com](mailto:mpaularicardo@gmail.com) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7051-941X>

Abel Gómez-Arias, Profesor, Universidad Tecnológica de La Habana-CUJAE, Facultad de Ingeniería Civil, Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH), Marianao, La Habana, Cuba, e-mail: [mpaularicardo@gmail.com](mailto:mpaularicardo@gmail.com) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5518-8202>

Virgen Cutie-Cansino, Inv. Instituto de Meteorología, Regla, La Habana, Cuba, e-mail: [virgen.cutie@insmet.cu](mailto:virgen.cutie@insmet.cu); [virgencutie20@gmail.com](mailto:virgencutie20@gmail.com) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1133-7533>

## CONTRIBUCIONES DE AUTOR:

Conceptualización: M.P. Ricardo C. Curación de datos: M.P. Ricardo C. V. Cutie C. Análisis formal: M.P. Ricardo C. V. Cutie C. A. Gómez A. Investigación: M.P. Ricardo C. V. Cutie C. Gómez A. A. Metodología: M.P. Ricardo C. V. Cutie C. A. Gómez A. Supervisión: M.P. Ricardo C., V. Cutie C. Redacción–borrador original: M.P. Ricardo C. Redacción–revisión y edición: V. Cutie C., A. Gómez A.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

## **FACILIDADES PARA PUBLICAR CONTRIBUCIONES EN REVISTAS CIENTÍFICAS**

Si desean que su trabajo se publique en las revistas Ciencias Técnicas Agropecuarias (RCTA), Ingeniería Agrícola (IA) o Gestión del Conocimiento y desarrollo local , deben revisar en el sitio WEB [www.unah.edu.cu](http://www.unah.edu.cu) las normas editoriales y contactar con los directores de las publicaciones.

CJAS: [www.cjasience.com](http://www.cjasience.com), Directora Editorial: Dra. Sandra Lok Mejías [slok@ica.co.cu](mailto:slok@ica.co.cu)

Pastos y Forrajes: <https://payfo.ihatuey.cu> / <http://www.ihatuey.cu>, Editor Jefe: Dr. Osmeil Alonso Amaro [osmel@ihatuey.cu](mailto:osmel@ihatuey.cu)

Si desea publicar en revista técnico popular contactar con: Casa Editorial ACPA. Director. Jorge Luis Álvarez Calvo, [revista@acpa.cu](mailto:revista@acpa.cu)