



<http://opn.to/a/zV3aU>

ARTÍCULO ORIGINAL

Agresividad climática en el sector hidrogeológico CA-II-I del municipio Venezuela, Ciego de Ávila, Cuba

Climatic aggressiveness in the hydrogeological sector CA-II-I, municipality of Venezuela, Ciego de Ávila, Cuba

Dr.C. Yurisbel Gallardo-Ballat*, Dr.C. Oscar Brown-Manrique, Est. Gorgelio Valdimar-Hefikepunhe
Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Facultad de Ciencias Técnicas, Ciego de Ávila, Cuba.

RESUMEN. Se desarrolla una investigación con el objetivo de determinar la existencia de agresividad climática y el comportamiento futuro de este fenómeno a través del Índice Modificado de Fournier y el ajuste a la función de distribución de Gumbel asociados a los períodos de retornos. En la misma se demostró la existencia del fenómeno en todas las áreas agrícolas que tributan a los equipos pluviométricos del sector analizado, con un elevado porcentaje de impactos moderados, altos y muy alto. Se obtuvieron además modelos matemáticos predictivos con una gran confiabilidad; así como, curvas para los períodos de retornos de 5, 10, 15, 20, 30 y 50. Lo anterior permitirá trazar estrategias de mitigación y adaptación para la conservación del suelo y la vegetación, sobre todo por ser un sector eminentemente agrícola, afectados también por erosión eólica y antropogénica.

Palabras clave: índice modificado de Fournier, función de distribución de Gumbel, períodos de retorno.

ABSTRACT. This research is carried out with the objective of determining the existence of climatic aggression and the future behavior of this phenomenon using the Modified Fournier Index and the adjustment to the Gumbel distribution function associated to the return periods. The existence of the phenomenon was demonstrated in all the agricultural areas tributaries to the pluviometric equipment of the analyzed sector, with a high percentage of moderate, high and very high impacts. Also were obtained mathematical predictive models with a high reliability, as well as curves for the return periods of 5, 10, 15, 20, 30 and 50. The above will allow the development of strategies of mitigation and adaptation for soil and vegetation conservation, especially because it is a predominantly agricultural sector affected by wind and anthropogenic erosion.

Keywords: Fournier modified index, Gumbel distribution function, return periods.

INTRODUCCIÓN

La delimitación de áreas con diferentes comportamientos de la precipitación puede ser la base para la planificación del uso y manejo sostenible de los suelos, en la actualidad existen mediciones directas de la precipitación que pueden usarse para proporcionar la información sobre la variabilidad del clima, por lo general incluyen los datos de precipitaciones mensuales y anuales, que permiten evaluar la estacionalidad, agresividad y propiedades relevantes como: factores relacionados con los riesgos de erosión hídrica (Pizarro *et al.*, 2008; Cortez *et al.*, 2011).

La variabilidad de las precipitaciones, tanto espacial como temporal, está relacionada con la dinámica general de la atmósfera, de la cual dependen el régimen pluviométrico y las oscilaciones interanuales, que sumados a la topografía y el relieve, introducen desequilibrios muy marcados en la distribución espacial de las precipitaciones (Báez y Fernández, 1995; Bonilla *et al.*, 2010).

En este sentido podemos afirmar que la susceptibilidad de las tierras a procesos de degradación está asociada a los

*Autor para correspondencia: Yurisbel Gallardo-Ballat, e-mail: yurisbel@unica.cu

Recibido: 13/11/2017.

Aceptado: 21/12/2018.

factores del clima, particularmente a la precipitación, quizás por ser la más variable en tiempo y espacio. El estudio de las características de la precipitación es importante no solo por su relación con la productividad, sino, por lo que concierne al uso balanceado de los recursos y las necesidades de protección de los ecosistemas (Tapia *et al.*, 2002; Hernández y Dufilho, 2012).

Uno de estos problemas quizás el más grave lo constituye la erosión acelerada provocada por la actividad humana como consecuencia del pobre o incorrecto uso de la tierra, ocasionando la degradación de extensos territorios o por las fuertes lluvias sobre los suelos pobres en vegetación (Vega-Carreño y Febles-González, 2005; Vásquez y Tapia, 2011; Cardona *et al.*, 2015).

La **erosión hídrica** es un proceso dañino y extensivo, que ha ocurrido en Cuba y en el mundo, a lo largo de cientos de años (Nájera González *et al.*, 2016). En la actualidad en todo el país se pierden miles de hectáreas de **suelos** quedando totalmente **improductivos** (Loredo *et al.*, 2007; Rivera *et al.*, 2012).

Para predecir la degradación de los suelos por erosión hídrica se han utilizado ampliamente diferentes métodos que

permiten identificar pérdidas actuales y potenciales no tolerables, sobre la base de las cuales se seleccionan las mejores prácticas de control de la erosión (Oñate-Valdivieso, 2004; Desir y Marín, 2009). Los aspectos anteriores justifican el desarrollo de una investigación donde el principal objetivo es determinar la existencia de Agresividad Climática y el comportamiento futuro de este fenómeno a través del Índice Modificado de Fournier y el ajuste a la función de Distribución de Gumbel asociados a los Períodos de Retornos en áreas agrícola aledañas a la red pluviométrica del municipio de Venezuela, lo que contribuirá a aplicar estrategias para la conservación del suelo y la vegetación en áreas agrícolas donde se desarrolla la investigación.

MÉTODOS

La investigación se desarrolla en extensión del área agrícola del Municipio Venezuela localizado al Sur de la Provincia Ciego de Ávila, a los 208° y 218° de latitud Norte y los 714° y 722° de longitud Oeste, Figura 1.



FIGURA 1. Localización del municipio de Venezuela (Ciego de Ávila, Cuba).

Para el análisis de la agresividad climática se utilizaron los valores medios de la precipitación mensual perteneciente a los pluviómetros CA-45, CA-53, CA-54, CA-79, CA-813, CA-851 y CA-863 del INRH. Con una extensión media de 30 años (Tabla 1).

TABLA 1 Pluviómetros del área de estudio

Municipio	Pluv.	Años	X	Y	Alt. (msnm)
Venezuela	CA-45	1980-2015	715550	209400	12
Venezuela	CA-53	1980-2015	718550	217150	33
Venezuela	CA-54	1992-2015	716500	211900	22
Venezuela	CA-79	1996-2014	727700	214750	24
Venezuela	CA-813	1980-2015	727350	215100	22
Venezuela	CA-851	1980-2014	722200	201100	1
Venezuela	CA-862	1996-2015	718000	217500	32

Cálculo del Índice Modificado de Fournier (IMF)

Arnoldus (1977), propuso una modificación del IF, en la que además de considerar la precipitación mensual del mes más húmedo, agrega la precipitación de cada mes, en la Tabla 2 se muestra la clasificación del mismo.

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

donde: IMF_j es el Índice Modificado de Fournier, para el año j; P_{ij} es la precipitación mensual del mes i (mm), en el año j y P_m es la precipitación media anual.

TABLA 2 Agresividad climática según Índice Modificado de Fournier (IMF) Arnoldus (1977)

Clase	IMF	Agresividad
1	100 <	Muy bajo
2	100 – 200	Bajo
3	200 – 300	Moderado
4	300 – 400	Alto
5	400 >	Muy alto

Ajuste de los índices a las Funciones de Distribución de Probabilidad (FDP)

La FDP de Gumbel según Flowers *et al.* (2014) se define mediante la siguiente expresión:

$$F(x) = e^{-e^{-d(x-\mu)}} \tag{2}$$

donde: x es el valor a asumir por la variable aleatoria; d, μ son los parámetros a ajustar de la función; e es el constante de Neper.

Luego, para el ajuste de la variable IF a la FDP de Gumbel según Flowers *et al.* (2014), se calculan los parámetros μ y d, los que están definidos por la siguiente expresión, respectivamente:

$$\mu = y - 0,450047 * S \tag{3}$$

$$d = \frac{1}{0,779696 * S} \tag{4}$$

donde: y es la media aritmética de la serie de datos considerada y S es la desviación típica de la muestra de datos considerada.

Análisis del Test de Kolmogorov –Smirnov (K-S)

$$F_n(x) = \frac{n}{N+1} \tag{5}$$

donde: n es el número de orden ascendente de la serie de datos y N es el número total de datos.

Cálculo del Coeficiente de determinación (R²)

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (F_n(x)_i - F(x)_i)^2}{\sum (F_n(x)_i - F_n(x)_i)^2} \tag{6}$$

Cálculo de los IF asociados a los períodos de retorno

Es el tiempo esperado o tiempo medio entre dos sucesos de baja probabilidad. En ingeniería hidráulica es el tiempo medio entre dos avenidas con caudales iguales o superiores a uno determinado, mientras que en ingeniería sísmica es el tiempo medio entre dos terremotos de magnitud mayor que un cierto valor.

$$F(x) = 1 - \frac{1}{T} \tag{7}$$

Despejando la variable “x” de la FDP de Gumbel, queda que:

$$x = \mu - \frac{\ln(-\ln(F(x)))}{d} \tag{8}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencias de la Agresividad Climática

En la Tabla 3 se evidencia las incidencias de la Agresividad Climática en los equipos pluviométricos analizados. En el equipo CA-45 encontramos que el 58,34% están dentro de la categoría muy bajo o baja; mientras que las categorías Moderado, Alta y Muy Alta representan el 41,66%. El análisis del pluviómetro CA-53 presentó similares características, se aprecia que el 58,34% se encuentran en las categorías que no afectan el área estudiada; no obstante, el 41,66% son de las categorías Moderado, Alta y Muy Alta. El pluviómetro CA-54 muestra que el 58,33% y el 41,67% manifiesta una alta tasa de agresividad climática. Los equipos CA-79, CA-813 y CA-862, describen similar comportamiento, ya que alcanzan valores de 57,14%, 52,78% y 50,00% de agresividad climática muy baja o baja y el rango de moderada, alta y muy alta se encontraron valores de 42,86%, 47,22% y 50,00%. Un resultado muy diferente se aprecia en el equipo CA-851, donde se aprecia que existe una tendencia poco significativa de moderada, alta o muy alta agresividad climática con valores de 28,58%. A pesar de presentar este porcentaje relativamente bajo.

TABLA 3 Porcentaje de incidencia de agresividad climática

Pluviómetro	MB (%)	B (%)	M (%)	A (%)	MA (%)
CA-45	27,78	30,56	13,89	13,89	13,89
CA-53	5,56	52,78	27,78	11,11	2,78
CA-54	13,89	44,44	13,89	13,89	13,89
CA-79	20,00	37,14	25,71	8,57	8,57

Pluviómetro	MB (%)	B (%)	M (%)	A (%)	MA (%)
CA-813	13,89	38,89	33,33	8,33	5,56
CA-851	20,00	51,43	11,43	14,29	2,86
CA-862	5,00	45,00	25,00	25,00	0,00

Donde: MB es muy bajo, B es bajo, M es moderado, A es alto y MA es muy alto.

Análisis del pluviómetro CA-45

En el gráfico de la Figura 1 se muestra el comportamiento de la agresividad climática del pluviómetro CA-45, se aprecia que los años 1980, 1981, 1988, 1997, 1999, 2001, 2002, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2011 son los que han presentado agresividad climática moderada, alta y muy alta. El año 2002 fue en las tres últimas décadas el que ha sido donde mayor cantidad de tormentas tropicales han afectado la provincia de Ciego de Ávila.

Mientras que el equipo CA-53 (gráfico de la Figura 2), se aprecia que los años 1981, 1986, 1988, 1991, 1996, 1997, 1999, 2001, 2002, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011 son los que han presentado agresividad climática moderada alta y muy alta. El año más afectado fue 1988. Se debe reconocer que 13 de septiembre de 1988, el huracán Gilbert (categoría cuatro) ocasionó penetraciones del mar e intensas lluvias en la Isla de la Juventud, dejó abundantes lluvias al resto del país sobre todo en la provincia de Ciego de Ávila.

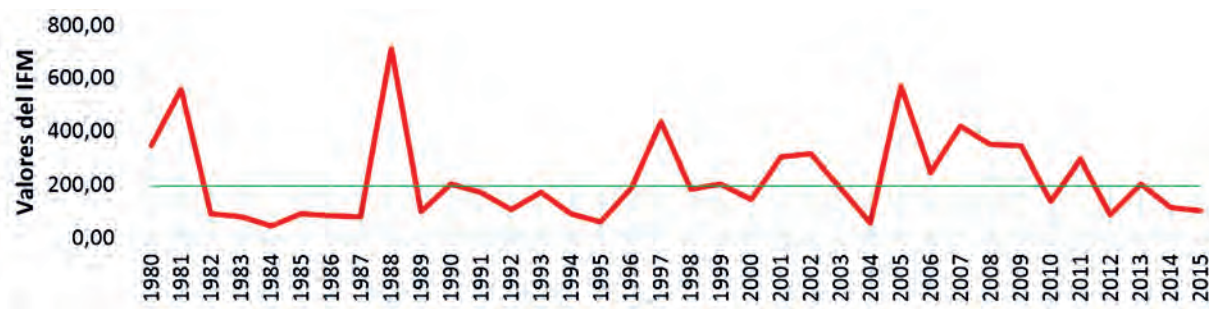


FIGURA 1 Agresividad climática en el pluviómetro CA-45.

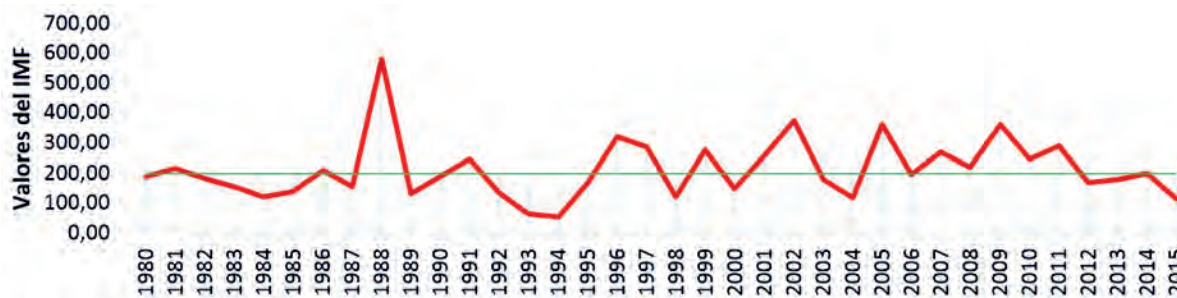


FIGURA 2. Agresividad climática en el pluviómetro CA-53.

El gráfico de la Figura 3 evidencia los impactos provocado por el fenómeno en el pluviómetro CA-54, se aprecia que los años 1981, 1988, 1990, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2005, 2007, 2008, 2009 y 2011 son los que han presentado agresividad climática alta y muy alta. Los años 1988 y 2005 sobresalen por una muy alta agresividad climática. En el caso del año 2005 está asociado al huracán Dennis (julio 2005), la característica principal de este fueron los fuertes vientos a la costa sur de Cuba, y pasa a la altura de Cabo Cruz, Provincia Granma catearía 4 (vientos de 238 kph).

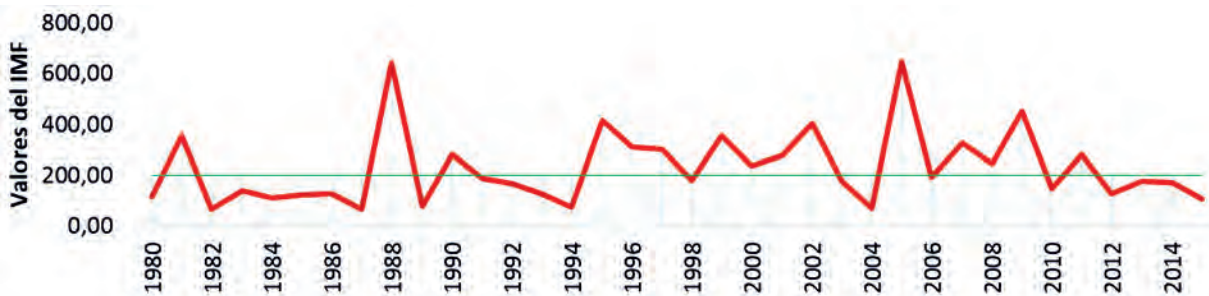


FIGURA 3. Agresividad climática en el pluviómetro CA-54.

En el gráfico de la Figura 4 se muestra el comportamiento de la agresividad climática en el pluviómetro CA-79, se aprecia que los años 1981, 1983, 1988, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2005, 2007, 2010 y 2012 son los que han presentado agresividad climática alta y muy alta.

El comportamiento de la agresividad climática del pluviómetro CA-813 se observa en el gráfico de la Figura 5, en el mismo se evidencia que los años 1980, 1982, 1986, 1988, 1990, 1992, 1996, 1997, 1999, 2002, 2005, 2007, 2010 y 2012 son los que han presentado agresividad climática moderada, alta y muy alta.

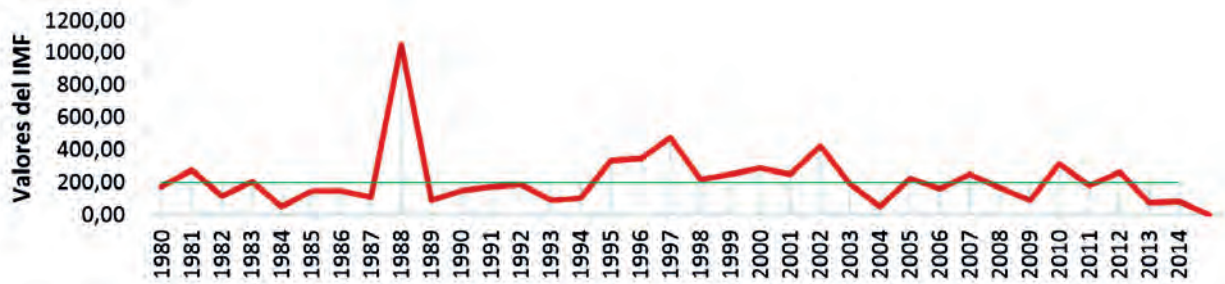


FIGURA 4. Agresividad climática en el pluviómetro CA-79.

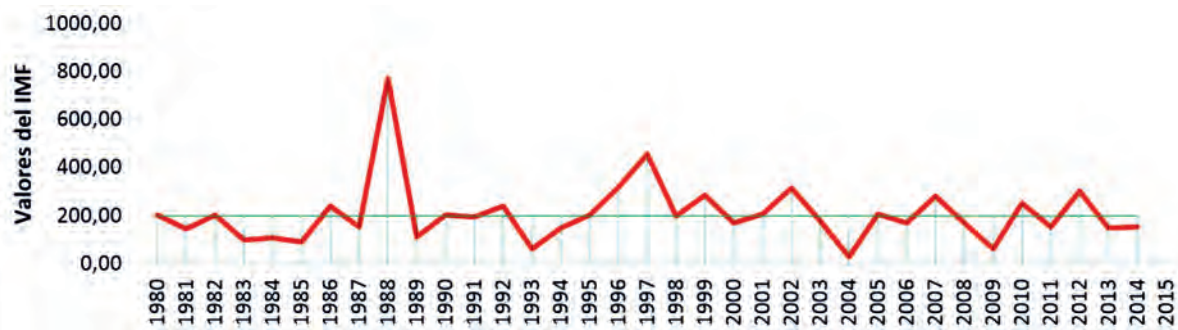


FIGURA 5. Agresividad climática en el pluviómetro CA-813.

En el gráfico de la Figura 6 se manifiesta el comportamiento de la agresividad climática en el pluviómetro CA-851, se aprecia que los años 1981, 1988, 1990, 1995, 1997, 1997, 2002, 2005, 2007, 2008 y 2012 son los que han presentado agresividad climática moderada, alta y muy alta.

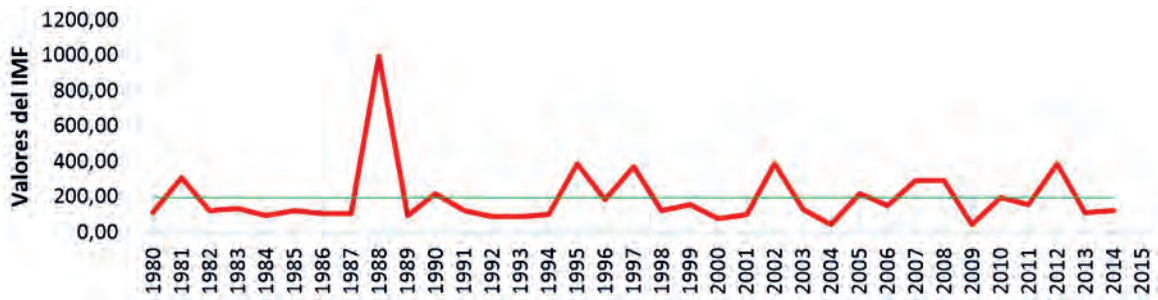


FIGURA 6. Agresividad climática en el pluviómetro CA-851.

En el gráfico de la Figura 7 se muestra el comportamiento de la agresividad climática en el pluviómetro CA-862, se aprecia que los años 1996, 1997, 1998, 1999, 2002, 2005, 2008, 2010, 2012 y 2015 son los que han presentado agresividad climática moderada, alta y muy alta.

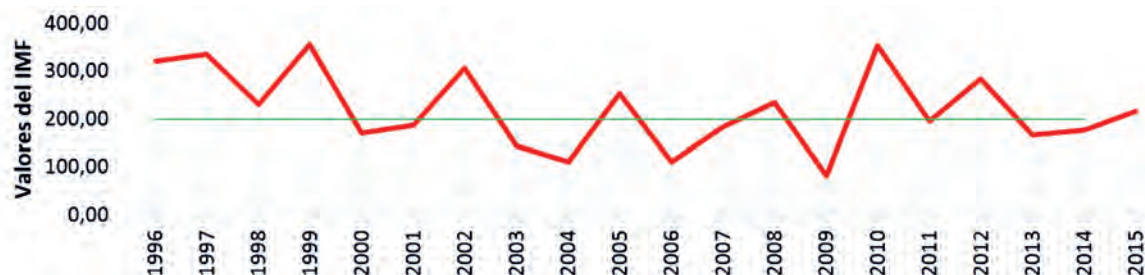


FIGURA 7. Agresividad climática en el pluviómetro CA-862.

Ajuste del IFM a la Función de Distribución de Probabilidad de Gumbel

Una vez obtenidos los valores extremos (moderados, altos y muy altos) de la agresividad climática se procedió al ajuste a través de la Función de Distribución de Probabilidad de Gumbel (FDP) según Flowers *et al.* (2014), Tabla 4.

TABLA 4. Valores de los parámetros para la FDP de Gumbel

Pluviómetros	y	s	μ	d
CA-45	221.80	161.83	148.97	0.008
CA-53	213.39	101.47	167.72	0.013
CA-54	229.50	147.64	163.05	0.009
CA-79	222.26	178.50	141.93	0.007
CA-813	204.96	128.60	147.08	0.010
CA-851	194.62	172.01	117.21	0.007
CA-862	221.89	83.18	184.45	0.015

Dónde: y es la media aritmética, s es la desviación típica, μ; d son los parámetros de forma y escala.

Ecuaciones de ajuste de la función de Gumbel

En la Tabla 5 se muestra las ecuaciones a las cuales se ajustan los pluviómetros según la Función de Distribución de Probabilidad de Gumbel (Flowers *et al.*, 2014).

TABLA 5. Ajuste de la Función de Gumbel (Flowers *et al.*, 2014).

Pluviómetro	Función de Gumbel
CA-45	$F_{(x)} = e^{-e^{-0,008(x-148,97)}}$
CA-53	$F_{(x)} = e^{-e^{-0,013(x-167,72)}}$
CA-54	$F_{(x)} = e^{-e^{-0,009(x-163,05)}}$
CA-79	$F_{(x)} = e^{-e^{-0,007(x-141,93)}}$
CA-813	$F_{(x)} = e^{-e^{-0,010(x-147,08)}}$
CA-851	$F_{(x)} = e^{-e^{-0,007(x-117,21)}}$
CA-862	$F_{(x)} = e^{-e^{-0,015(x-184,45)}}$

Ajuste de FDP Gumbel según Kolmogorov-Smirnov

Aplicado el ajuste en todos los casos estudiados se ha comprobó que la diferencia máxima en valor absoluto, comparada

con el Dt con N igual a 20, 35 y 36 y un 99% de confiabilidad, se demostró que (Dt > Dc), por lo tanto, el ajuste es aceptado con un 99% de confiabilidad.

Ajuste del coeficiente de determinación R²

Los modelos propuestos explican en un 99% la variabilidad de las frecuencias observadas, lo cual es excelente. Solo los pluviómetros CA-851 y CA-79 muestran valores de R² inferiores con valores de 0,89 y 0,93; sin embargo, son resultados que demuestran la confiabilidad, Tabla 6.

TABLA 6 Ajuste del coeficiente de determinación R²

Pluviómetro	R ²
CA-45	0,9711
CA-53	0,9995
CA-54	0,9765
CA-79	0,9396
CA-813	0,9995
CA-851	0,8990
CA-862	0,9929

Ajuste de IFM con los Períodos de Retornos

Como ya se demostró que los valores del IMF se ajustan a la FDP de Gumbel, lo que permite obtener los valores de IMF asociados a distintos períodos de retorno Tabla 7

TABLA 7. Ajuste de IFM con los Períodos de Retornos

T (años)	CA-45	CA-53	CA-54	CA-79	CA-813	CA-851	CA-862
5	338,2	286,39	335,7	350,68	297,48	318,37	281,7
10	432,9	345,76	422,1	455,12	372,72	419,01	330,4
15	480,0	375,26	465,0	507,01	410,10	469,01	354,6
20	523,7	402,71	505,0	555,30	444,89	515,55	377,1
30	589,5	443,95	565,0	627,84	497,15	585,44	410,9
50	641,3	476,43	612,2	684,98	538,32	640,51	437,5

En el gráfico de la Figura 8 se muestra la tendencia según el período de retorno de la agresividad climática en la red de pluviómetros analizada.

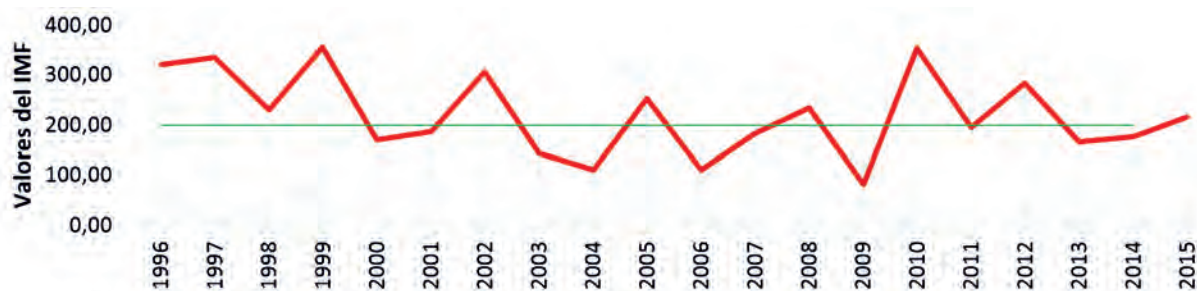


FIGURA 8. Períodos de retornos asociados al IMF.

Las ecuaciones de las curvas del Período de Retorno se muestran en la Tabla 8

TABLA 8. Ecuaciones de ajustes de los Períodos de Retornos

Pluviómetro	Ecuaciones	R ²
CA-45	$y = -2,491x^2 + 75,41x + 274,8$	0,990
CA-53	$y = -1,562x^2 + 47,28x + 246,6$	0,990
CA-54	$y = -2,273x^2 + 68,80x + 277,8$	0,990
CA-79	$y = -2,748x^2 + 83,18x + 280,7$	0,990
CA-813	$y = -1,980x^2 + 59,92x + 247,0$	0,990
CA-851	$y = -2,648x^2 + 80,15x + 250,9$	0,990
CA-862	$y = -1,280x^2 + 38,76x + 249,1$	0,990

CONCLUSIONES

- La existencia del fenómeno de Agresividad Climática a través del Índice Modificado de Fournier (IMF), en todos los pluviómetros del sector CA-II-1, evidenció un elevado por ciento de impactos moderados, altos y muy alto, lo que demuestra la existencia de erosión hídrica, sobre todo en los años comprendidos entre 2005 a 2015.
- Se observó que existieron varios años con grandes impactos sobre el suelo, el clima y la vegetación, los cuales coinciden con los años azotados por eventos meteorológicos extremos como tormentas tropicales y huracanes en los años 1988 y 2005.
- Se obtuvieron modelos matemáticos predictivos con una gran confiabilidad a través de la Función de Distribución de Gumbel, para la determinación de los posibles eventos de Agresividad Climática en el área de estudio, lo cual permitirá trazar estrategias de mitigación y adaptación para la conservación del suelo y la vegetación, sobre todo por ser un sector eminentemente agrícola, afectados también por erosión eólica y antropogénica.
- Se obtuvieron curvas para los Períodos de Retornos de 5, 10, 15, 20, 30 y 50 para todos los pluviómetros analizados, lo que permitirá pronosticar el comportamiento futuro de la agresividad climática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNOLDUS, H.M.J.: *Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco*, Ed. FAO/UNEP, Meeting Paper, Número de la microficha: 8001957-967-E ed., Roma. Italy, 39-48 p., 1977, ISBN: 92-5-100410-2.
- BÁEZ, J.; FERNÁNDEZ ROJAS, W.: “Características de la atmósfera libre sobre Paraguay y su influencia en el comportamiento estacional de la precipitación.”, *Revista Geofísica*, (42), 1995, ISSN: 0252-9769.
- BONILLA, C.A.; REYES, J.L.; MAGRI, A.: “Water erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS framework, central Chile”, *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(1): 159–169, 2010, ISSN: 0718-5839.
- CARDONA, M.A.; ROBLES, J.A.C.; ALMEGUA, M. de la L.V.: “La erosión hídrica del suelo en un contexto ambiental, en el Estado de Tlaxcala, México”, *CIENCIA ergo-sum*, 14(3): 317–326, 2015, ISSN: 1405-0269.
- CORTEZ, A.; RODRÍGUEZ, M.F.; REY, J.C.; LOBO, D.; PARRA, R.M.; OVALLES, F.; GABRIELS, D.: “Análisis de la agresividad y concentración de las precipitaciones en Venezuela: II. Región noroccidental”, *Bioagro*, 23(1): 13–18, 2011, ISSN: 1316-3361.
- DESIR, G.; MARÍN, C.: “Caracterización de la erosión en áreas acarcavadas de la Tudela (Bardenas Reales, Navarra)” Cuadernos de investigación geográfica”, *Cuadernos de investigación geográfica*, 35(2): 195-213, 2009, ISSN: 0211-6820.
- FLOWERS, R.S.; FLOWERS, R.J.; RIVERA, F.: “Evaluación de criterios de selección de modelos probabilísticos: validación con series de valores máximos simulados”, *Tecnología y ciencias del agua*, 5(5): 189-197, 2014, ISSN: 2007-2422.

- REVISTA INGENIERÍA AGRÍCOLA, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761, Vol. 9, No. 1 (enero-febrero-marzo, pp. 40-47), 2019
- HERNÁNDEZ, L.; DUFILHO, A.C.: “Determinación del riesgo de erosión hídrica de los suelos de los departamentos Minas y Chos Malal (Neuquén) mediante la aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE)”, *Boletín geográfico*, (34): 11–31, 2012, ISSN: 0326-1735.
- LOREDO OSTI, C.; BELTRÁN LÓPEZ, S.; MORENO SÁNCHEZ, F.; CASIANO DOMÍNGUEZ, M.: *Riesgo a la erosión hídrica y proyección de acciones de manejo y conservación del suelo en 32 microcuencas de San Luis Potosí*, 2007, ISBN: 978-970-43-0343-3.
- NÁJERA GONZÁLEZ, O.; BOJÓRQUEZ SERRANO, J.I.; FLORES VILCHEZ, F.; MURRAY NÚÑEZ, R.M.; GONZÁLEZ GARCÍA-SANCHO, A.: “Riesgo de erosión hídrica y estimación de pérdida de suelo en paisajes geomorfológicos volcánicos en México”, *Cultivos Tropicales*, 37(2): 45–55, 2016, ISSN: 1819-4087.
- OÑATE-VALDIVIESO, F.: “Metodología para la evaluación del riesgo de erosión hídrica en zonas áridas y su aplicación en el manejo y protección de proyectos hidráulicos”, *Revista electrónica de la REDLACH, Loja, Ecuador*, 1(1): 27-32, 2004, ISSN: 2238-457X.
- PIZARRO, R.; CORNEJO, F.; GONZÁLEZ, C.; MACAYA, K.; MORALES, C.: “Análisis del comportamiento y agresividad de las precipitaciones en la zona central de Chile”, *Tecnología y Ciencias del Agua*, 23(2): 91–109, 2008, ISSN: 0186-4076.
- RIVERA-TORAL, F.; PÉREZ-NIETO, S.; IBÁÑEZ-CASTILLO, L.A.; HERNÁNDEZ-SAUCEDO, F.R.: “Aplicabilidad del Modelo SWAT para la estimación de la erosión hídrica en las cuencas de México”, *Agrociencia*, 46(2): 101–105, 2012, ISSN: 1405-3195.
- TAPIA, L.M.; TISCAREÑO, M.; SALINAS, J.; VELÁZQUEZ, M.; VEGA, A.; GUILLÉN, H.: “Respuesta de la cobertura residual del suelo a la erosión hídrica y la sostenibilidad del suelo, en laderas agrícolas”, *TERRA latinoamericana*, 20(4): 449-457, 2002, ISSN: 2044-9457.
- VÁSQUEZ, A.; TAPIA, M.: “Cuantificación de la erosión hídrica superficial en las laderas semiáridas de la Sierra Peruana”, *Revista Ingeniería UC*, 18(3), 2011, ISSN: 1316-6832.
- VEGA-CARREÑO, M.B.; FEBLES-GONZÁLEZ, J.M.: “La investigación de suelos erosionados: métodos e índices de diagnóstico”, *Minería y Geología*, 21(2), 2005, ISSN: 0258-5979.

Yurisbel Gallardo Ballat, Profesor, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Facultad de Ciencias Técnicas, Ciego de Ávila, Cuba, e-mail: yurisbel@unica.cu

Oscar Brown Manrique, e-mail: obrown@unica.cu

GorgelioValdimarHefikepunhe, e-mail: yurisbel@unica.cu

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

Este artículo se encuentra bajo licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 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.

