



## **Estimación de la agresividad climática en el sector hidrogeológico CA-II-I del municipio de Venezuela, Ciego de Ávila, Cuba**

### **Estimation of climatic aggressiveness in the hydrogeological sector CA-II-I municipality of Venezuela, Ciego de Ávila, Cuba**

Yurisbel Gallardo Ballat<sup>1</sup>  
[yurisbel@unica.cu](mailto:yurisbel@unica.cu)

Pablo Fernández Chau<sup>2</sup>

Oscar Brown Manrique<sup>3</sup>  
[obrown@unica.cu](mailto:obrown@unica.cu)

Gorgelio Valdimar Hefikepunhe<sup>4</sup>

Recibido: 1/09/2017, Aceptado: 1/11/2017

#### **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 por ciento 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 Gumbel, período de retorno

---

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Hidráulica. Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez. Cuba

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Hidráulica. Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez. Cuba

<sup>3</sup> Centro de Estudios Hidrotécnicos. Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez. Cuba

<sup>4</sup> Estudiante de la Carrera de Ingeniería Hidráulica. Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez. Cuba

## ABSTRACT

The investigation is carried out with the objective of determining the existence of Climatic Aggression and the future behavior of this phenomenon through the Fournier Modified Index and the adjustment to the Gumbel Distribution function associated to the Return Periods, it was demonstrated The existence of the phenomenon in all the agricultural areas that tax the pluviometric equipment of the analyzed sector, with a high percentage of moderate, high and very high impacts, were also 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 mitigation and adaptation strategies for the conservation of soil and vegetation, especially as a predominantly agricultural sector affected also by wind and 37 anthropogenic erosion.

**Keywords:** Fournier Modified Index, Gumbel function, return period

## 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 atmosfera, 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 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 y Febles, 2005; Vásquez y Tapia, 2011; Cardona *et al.*, 2015).

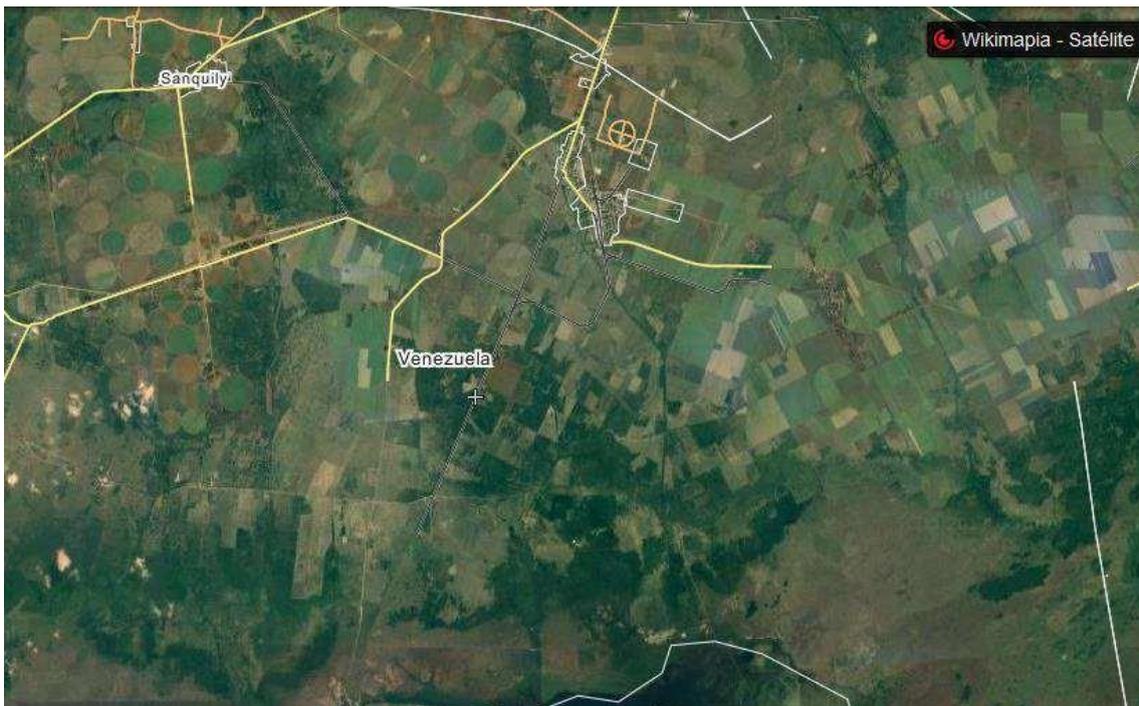
La erosión hídrica es un proceso dañino y extensivo, que ha ocurrido en Cuba y en el mundo, a lo largo de cientos de años (Nájera *et al.*, 2016). En la actualidad en todo el país se pierden miles de hectáreas de suelos quedado totalmente improductivos (Loredo *et al.*, 2007; Rivera *et al.*, 2012).

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 (Desir y Marín, 2009; Oñate 2004). Los aspectos anteriores justifican el desarrollo de una investigación donde el principal objetivo es estimar la agresividad climática en el sector hidrogeológico CA-II-I del municipio de Venezuela en la provincia Ciego de Ávila, Cuba a través del Índice Modificado de Fournier y el ajuste a la función de distribución de Gumbel asociados a los períodos de retornos que contribuya a la evaluación del comportamiento futuro de este fenómeno y permita trazar estrategias para la conservación del suelo en las áreas agrícolas donde se desarrolla la investigación.

### **Materiales y Métodos**

La investigación se desarrolla en áreas agrícolas del Municipio Venezuela localizado al Sur de la Provincia Ciego de Ávila, a los  $208^{\circ}$  y  $218^{\circ}$  de latitud Norte y los  $714^{\circ}$  y  $722^{\circ}$  de longitud Oeste, figura 1. 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, el período analizado estuvo comprendido entre 1980 a 2015 con una extensión media de 30 años (Figura 1).



**Figura 1. Localización del municipio de Venezuela**

**Tabla 1. Pluviómetros del área de estudio**

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

Fuente: Elaboración propia

El Índice Modificado de Fournier (IMF) se calculó según el criterio de Arnoldus (1977) el cual 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 el cuadro 2 se muestra la clasificación del mismo.

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

Dónde:  $IMF_j$  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 (mm).

**Tabla 2. Agresividad climática según Índice Modificado de Fournier**

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

Fuente: Elaboración propia

El ajuste de los índices a la función de distribución de Gumbel se realizó mediante las siguientes expresiones:

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

$$\mu = y - 0.450047.S \tag{3}$$

$$d = \frac{1}{0.779696.S} \tag{4}$$

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

Donde  $F_n(x)$  es la frecuencia empírica acumulada;  $F(x)$  la frecuencia teórica acumulada;  $x$  el valor de la variable aleatoria;  $d$  y  $\mu$  los parámetros de ajuste de la función;  $y$  la media aritmética;  $S$  la desviación típica de las precipitaciones.

Para la comprobación de la calidad del ajuste de los datos del IFM a la distribución de Gumbel se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (F_n(x_i) - F(x_i))^2}{\sum (F_n(x_i) - \bar{F}_n(x_i))^2} \tag{6}$$

Los valores del Índice Modificado de Fournier asociados a los períodos de retorno ( $T$ ) se determinaron mediante las ecuaciones siguientes:

$$x = \mu - \frac{\ln(-\ln(F(x)))}{d} \tag{7}$$

$$F(x) = 1 - \frac{1}{T} \tag{8}$$

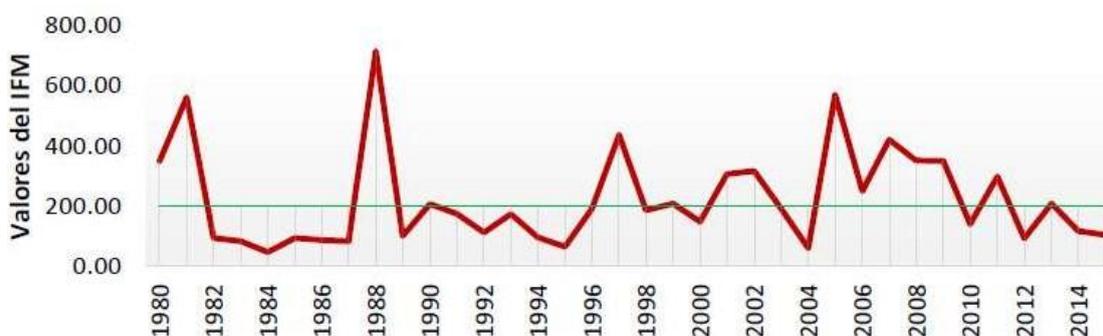
En el cuadro 3 se evidencia las incidencias de la Agresividad Climática en los equipos pluviométricos analizados. En el equipo CA-45 encontramos que el 58.34 % están dentro de la categoría muy bajo o baja; mientras que las categorías Moderado, Alta y Muy Alta representan el 41.66 %. El análisis del pluviómetro 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 %. 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
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

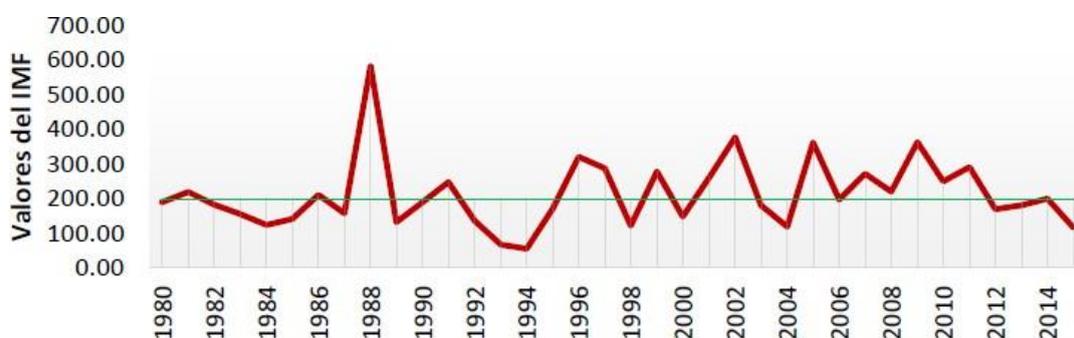
**Donde:** MB es muy bajo, B es bajo, M es moderado, A es alto y MA es muy alto.

En la figura 2 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.



**Figura 2. Agresividad climática en el pluviómetro CA-45**

Mientras que el equipo CA-53 (figura 3), 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 el 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, aunque describió su trayectoria a más de cien kilómetros de la isla. Pasó a la historia como el Huracán del siglo.



**Figura 3. Agresividad climática en el pluviómetro CA-53**

La figura 4 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 del 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 con catearía cuatro (vientos de 238 km h-1).



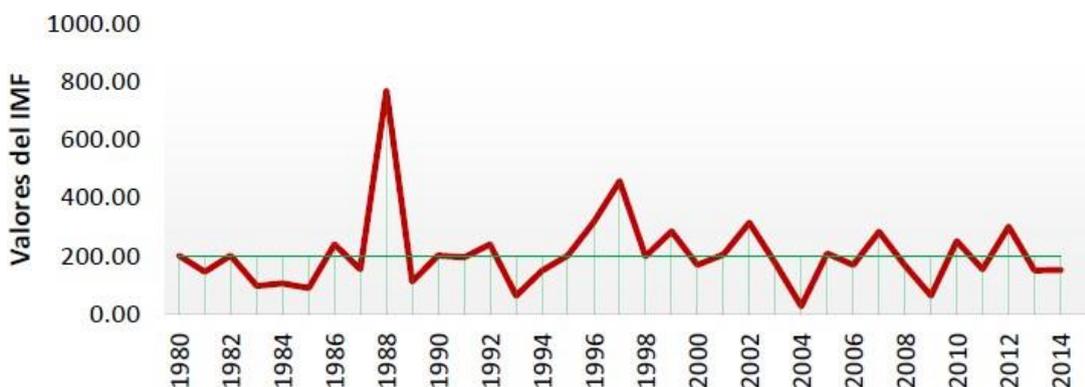
**Figura 4. Agresividad climática en el pluviómetro CA-54**

En la figura 5 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 152 y 2012 son los que han presentado agresividad climática alta y muy alta.



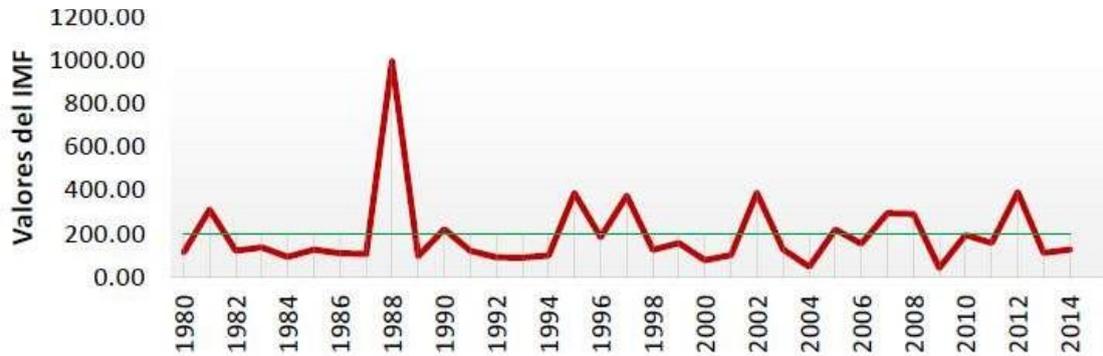
**Figura 5. Agresividad climática en el pluviómetro CA-79**

El comportamiento de la agresividad climática del pluviómetro CA-813 se observa en la figura 6, en la misma se evidencia que los años 1980, 1982, 1986, 1988, 1990, 1992, 1996, 1997, 1999, 2002, 2005, 157 2007, 2010 y 2012 son los que han presentado agresividad climática moderada, alta y muy alta.



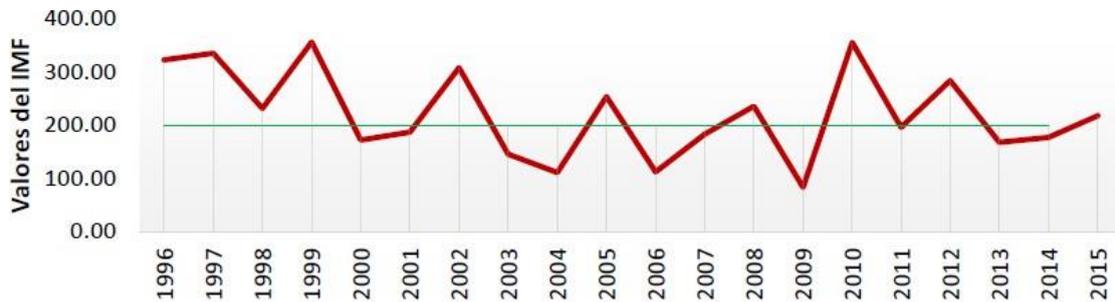
**Figura 6. Agresividad climática en el pluviómetro CA-813**

La figura 7 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 7. Agresividad climática en el pluviómetro CA-851**

En la figura 8 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 8. 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 como se muestra en el cuadro 4.

**Tabla 4. Valores de los parámetros de la función de Gumbel**

Pluviómetros	$y$	$s$	$\mu$	$d$
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

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5 se muestran las ecuaciones a las cuales se ajustan los pluviómetros según la función de distribución de probabilidad de Gumbel.

**Tabla 5. Ajuste de la función de Gumbel**

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	$F_{(x)} = e^{-e^{-0,015(x-184,45)}}$

*Calidad del ajuste del Índice Modificado de Fournier según Kolmogorov-Smirnov*

La aplicación del ajuste en todos los casos estudiados permitió comprobar que la diferencia máxima del valor absoluto entre la frecuencia empírica y la frecuencia teórica fue inferior al estadígrafo de Kolmogorov-Smirnov según la cantidad de datos de la serie ( $N$ ) y un nivel de significación de 5% 188 ( $\alpha=0.05$ ). Esto demuestra que es aceptado el ajuste del Índice Modificado de Fournier a la función de 189 Gumbel.

*Calidad del ajuste del Índice Modificado de Fournier según el coeficiente de determinación  $R^2$ .*

En la tabla 6 se muestra que los modelos propuestos explican en un 99 % la variabilidad de las frecuencias empíricas, lo cual es excelente. Solo los pluviómetros CA-851 y CA- 79 muestran valores de  $R^2$  inferiores con valores de 0.89 y 0.93; sin embargo, estos resultados demuestran la confiabilidad de los modelos encontrados para estas condiciones.

**Tabla 6. Ajuste del coeficiente de determinación R2**

Pluviómetro	R <sup>2</sup>
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

Fuente: Elaboración propia

*Ajuste de los IFM con los Períodos de Retornos.*

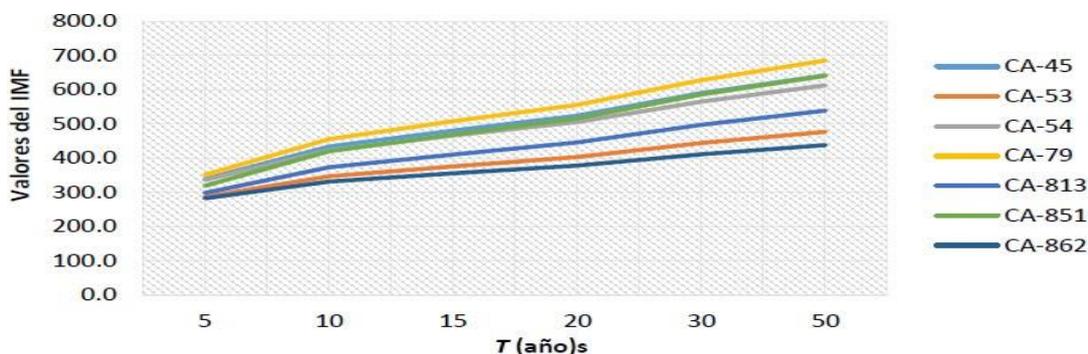
Como ya se demostró que los valores del Índice Modificado de Fournier se ajustan a la función de Gumbel, fue posible obtener los valores de estos índices asociados a distintos períodos de retorno como se muestra en el cuadro 7.

**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

Fuente: Elaboración propia

En la figura 9 se muestran las curvas que relacionan el período de retorno de la agresividad climática con el valor del Índice Modificado de Fournier (*IFM*) en la red de pluviómetros analizada y en el cuadro 8 se exponen las ecuaciones de las funciones polinomiales de segundo orden que permiten estimar el *IFM* 210 con elevada exactitud.



**Figura 9. Períodos de retornos asociados al IFM**

**Tabla 8. Ecuaciones de ajustes de los períodos de retornos**

Pluviómetro	Ecuaciones	R <sup>2</sup>
CA-45	$IFM = -2,491T^2 + 75,41T + 274,8$	0.990
CA-53	$IFM = -1,562T^2 + 47,28T + 246,6$	0.990
CA-54	$IFM = -2,273T^2 + 68,80T + 277,8$	0.990
CA-79	$IFM = -2,748T^2 + 83,18T + 280,7$	0.990
CA-813	$IFM = -1,980T^2 + 59,92T + 247,0$	0.990
CA-851	$IFM = -2,648T^2 + 80,15T + 250,9$	0.990
CA-862	$IFM = -1,280T^2 + 38,76T + 249,1$	0.990

Fuente: Elaboración propia

**Conclusiones**

Se determinó la existencia del fenómeno de Agresividad Climática a través del Índice Modificado de Fournier (*IMF*), en todos los pluviómetros del sector CA-II-1, con 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. (1977). Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. *Soils Bulletin* (FAO). 34: 39-48. Rome, Italy.
- Báez, J. y Fernández, R.W. (1995). Características de la atmósfera libre sobre Paraguay y su influencia en el comportamiento estacional de la precipitación. *Revista Geofísica*, n.42. Paraguay.
- Bonilla, C.A., Reyes, J.L. y Magri, A. (2010). Water erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS framework, central Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*. Vol. 70 (1): 159-169. Chile.
- Cardona, M.A., Robles, J.A.C. y Almegua, M.L. (2015). La erosión hídrica del suelo en un contexto ambiental, en el Estado de Tlaxcala, México. *CIENCIA ergo-sum*, Vol. 14 (3): 31b7-326. México.
- Cortez, A., Rodríguez, M.F., Rey, J.C., Lobo, D., Parra, R.M., Ovalles, F. y Gabriels, D. (2011). Análisis de la agresividad y concentración de las precipitaciones en Venezuela. II Región Noroccidental. *Bioagro*, Vol. 22 (3): 13-18. Venezuela.
- Desir, G. y Marín, C. (2009). Caracterización de la erosión en áreas acarcavadas de la Tudela (Bardenas Reales, Navarra). *Cuadernos de investigación geográfica*,

- Vol. 35 (2): 195-213. Departamento de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias Universidad de Zaragoza, España.
- Hernández, L. y Dufilho, A.C. (2012). 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. Brasil.
- Loredo, C., Beltrán, S., Moreno, F. y Casiano, M. (2007). Riesgo a la erosión hídrica y proyección de acciones de manejo y conservación del suelo en 32 microcuencas de San Luis Potosí, México.
- Nájera, O., Bojórquez, J.I., Flores, F., Murray, R.M., González, A. (2016). Riesgo de erosión hídrica y estimación de pérdida de suelo en paisajes geomorfológicos volcánicos en México. *Cultivos Tropicales*. Vol. 37 (2): 45-55. México.
- Oñate, F. (2004). 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*, Vol. 1, (1): 27-32. Loja, Ecuador.
- Pizarro, R., Cornejo, F., González, C., Macaya, K. y Morales, C. (2008). Análisis del comportamiento y agresividad de las precipitaciones en la zona central de Chile. *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. 23 (2): 91-109. México.
- Rivera, F., Pérez, S., Ibáñez, L.A. y Hernández, F.R. (2012). Aplicabilidad del Modelo SWAT para la estimación de la erosión hídrica en las cuencas de México. *Agrociencia*. Vol. 46 (2): 101-105. 262 México.
- Tapia, L.M., Tiscareño, M., Salinas, J., Velázquez, M., Vega, A. y Guillén, H. (2002). Respuesta de la cobertura residual del suelo a la erosión hídrica y la sostenibilidad del suelo, en laderas agrícolas. *TERRA Latinoamericana*. Vol. 20(4): 449-457. México.
- Vásquez, A. y Tapia, M. (2011). Cuantificación de la erosión hídrica superficial en las laderas semiáridas de la Sierra Peruana. *Revista Ingeniería*. Vol. 18 (3): 1316-6832. Perú.
- Vega, M.B. y Febles, J.M. (2005). La investigación de suelos erosionados: métodos e índices de diagnóstico. *Minería & Geología*. Vol. 21 (2): 24-27, Cuba.