

RECYT

Año 20 / N° 29 / 2018 / 57-62

Impacto de las precipitaciones sobre la Cuenca Chambas, Ciego de Ávila, Cuba

Impact of rainfall on the Chambas Basin, Ciego de Ávila, Cuba

Yurisbel Gallardo Ballat^{1,*}, Oscar Brown Manrique²

1- Doctor en Ciencias, Profesor Auxiliar del Departamento de Ingeniería Hidráulica. Facultad de Ciencias Técnicas. Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez. Carretera a Morón, Km. 9 ½, Ciego de Ávila, Cuba. C.P: 69450. Tel.: 2-5702; Fax: 236365.

2- Doctor en Ciencias, Profesor Titular del Centro de Estudios Hidrotécnicos (CEH). Facultad de Ciencias Técnicas. Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez. Carretera a Morón, Km. 9 ½, Ciego de Ávila, Cuba. C.P: 69450. Tel.: 2-5702; Fax: 236365.

* E-mail: yurisbel@unica.cu

Resumen

En la investigación se determina el efecto potencial de las precipitaciones sobre el suelo y la vegetación en áreas de la cuenca Chambas, Ciego de Ávila, Cuba. Se analizaron siete pluviómetros situados en la cuenca utilizando el Índice de Fournier Modificado. Se demostró que el pluviómetro CA-39, el 83.3% de los valores están dentro de la categoría muy baja o moderada agresividad climática, 16.8% corresponden a altos y muy alta. Se evidenció que en los pluviómetros CA- 673, CA-676 y CA-843 presentan los mayores índices de impactos con valores de 19.5%. Los pluviómetros CA-886, CA-887 y CA-890 solo indicaron una moderada agresividad climática. Los valores extremos de agresividad climática se ajustaron a la Función de Distribución de Probabilidad de Gumbel, arrojando ecuaciones que predicen el comportamiento de este fenómeno. En la investigación se propone para el pronóstico el período de retorno (T) 5, 10, 15, 20, 30 y 35 años.

Palabras clave: Agresividad Climática; Cuenca; Valores Extremos; Período De Retorno; Pronóstico.

Abstract

The investigation determines the potential effect of rainfall on soil and vegetation in areas of the Chambas basin, Ciego de Ávila, Cuba. Seven rain gauges located in the basin were analyzed using the Modified Fournier Index. It was demonstrated that the rain gauge CA-39, 83.3% of the values are within the category very low or moderate climatic aggressiveness, 16.8% correspond to high and very high. It was evidenced that CA-673, CA-676 and CA-843 rain gauges show the highest impact rates with values of 19.5%. The rain gauges CA-886, CA-887 and CA-890 only indicated a moderate climatic aggressiveness. The extreme values of climatic aggressiveness were adjusted to the Gumbel Probability Distribution Function, yielding equations that predict the behavior of this phenomenon. In the investigation, the period of return (T) 5, 10, 15, 20, 30 and 35 years is proposed for the prediction.

Keywords: Climate Aggression; Basin; Extreme Values; Return Period; Prediction.

Introducción

De acuerdo a la distribución espacial de las precipitaciones y las características de cada país, el agua es un recurso que se encuentra a disposición de la población en la cantidad necesaria; sin embargo en los últimos años se ha podido apreciar a nivel mundial un déficit del recurso, marcado por factores antropogénicos. La contaminación del agua en las cuencas, así como la extracción desmedida del recurso están trayendo como consecuencias grandes hambrunas y muertes de animales y seres humanos.

Dentro de la cuenca, los recursos naturales y sus habitantes poseen condiciones físicas, biológicas, económicas y culturales que les confieren características particulares.

Al mismo tiempo la cuenca y sobre todo el agua captada por la misma, es una fuente de vida para el hombre aunque también de riesgo cuando ocurren fenómenos naturales extremos como: sequías, inundaciones, contaminaciones (Zambrana, 2008). Desde el punto de vista económico, las cuencas hidrográficas ofrecen a la sociedad una diversa gama de bienes y servicios comercializados, como el agua potable, y no comercializados, como la función de protección (Goldberg, 2007).

Una de las cuestiones básicas en las cuencas hidrográficas es tener un conocimiento pleno de todos los factores que intervienen en estas; sin embargo, en la Cuenca Chambas situada en la provincia de Ciego de Ávila no existen evidencias de estudios del clima, a pesar de ser

la de mayor importancia económica de este territorio. El diagnóstico realizado en el área de estudio demostró que existen afectaciones severas en la agricultura de secano por los constantes procesos de sequías aparejado al desconocimiento del comportamiento de las precipitaciones en la red pluviométrica y a la carencia de un adecuado balance hidrológico.

Según Donoso (2005), el clima nunca ha permanecido estable por un período de tiempo prolongado. El estudio del paleoclima demuestra que el clima varía en todas las escalas del tiempo, desde la frecuencia estacional hasta frecuencias de cientos de años. La variabilidad climática corresponde al rango de valores en que las variables climáticas, por ejemplo precipitación o temperatura, pueden tener un espacio geográfico dado a lo largo del tiempo. La variabilidad climática es un rasgo natural inherente del clima como sistema (Valdés, 2009). El cambio es una importante variación estadística que persiste durante un período prolongado, normalmente decenios o incluso años. El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos, a cambios externos o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra (Mendoza, 2011).

A partir de los anterior expuesto se han propuesto índices para medir la agresividad del clima los cuales están asociados a la violencia con que caen las precipitaciones en lapsos mensuales y anuales, y sus posibles consecuencias. Fournier (1960), citado por González (2006), propuso un Índice de Agresividad Climática (IF), como alternativa a los índices planteados. Este índice muestra una alta correlación con la cantidad de sedimentos arrastrados por la escorrentía.

El objetivo general consiste en determinar la existencia de agresividad climática en áreas de la Cuenca Chambas utilizando el del Índice modificado de Fournier (IMF). La novedad científica está dada por la estimación del Impacto de las precipitaciones sobre las áreas de la Cuenca Chambas, Ciego de Ávila, Cuba, utilizando el Índice modificado de Fournier (IMF), lo que permitirá conocer el efecto potencial de las misma sobre el suelo, la vegetación y las comunidades de las área de la Cuenca Chambas.

Materiales y Métodos

La Cuenca Chambas se encuentra parcialmente ubicada en el municipio de Florencia; este se enclava al noreste de la provincia de Ciego de Ávila. La base económica del municipio descansa en el sector agropecuario, en el que predominan el cultivo del tabaco, las viandas, hortalizas y granos, el desarrollo de la ganadería, la pesca en agua dulce, así como la actividad forestal. El clima es típico de regiones tropicales, existiendo dos períodos bien definidos: uno seco de noviembre a abril donde precipitan el 20% de las lluvias anuales y uno húmedo de mayo a octubre donde precipitan el 80%. Las precipitaciones están registradas en 7 pluviómetros distribuidos por toda el área, tabla 1,

los cuales arrojan un valor medio hiperanual de 1379.8 mm. En el territorio son frecuentes los aguaceros de poca duración y gran intensidad, esto se debe fundamentalmente a su relieve montañoso (INRH, 2015).

Tabla 1: Pluviómetros analizados en la Cuenca Chambas.

Mun.	Pluv.	Años analizados	Alt (msnm)
Chambas	CA-39	1980-2015	15
Florencia	CA-673	1980-2015	110
Florencia	CA-676	1980-2015	170
Chambas	CA-843	1980-2014	40
Florencia	CA-886	1992-2015	100
Florencia	CA-887	1996-2015	100
Florencia	CA-890	1996-2015	95

Donde: Mun. es el municipio donde se encuentra el pluviómetro, Pluv. pluviómetros estudiados y Alt es la altitud a la que se encuentra ubicado el equipo.

Para determinar la agresividad climática correspondiente al área de estudio se empleó el Índice Modificado de Fournier (IMF), propuesto por Arnoldus (1978), el cual implementa una modificación del IMF, 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, por lo que el índice queda definido de la siguiente manera:

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

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

Tabla 2: Clasificación del Índice Modificado de Fournier (IMF) según su agresividad.

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

Citado por Arnoldus (1978).

Una vez calculados el índice se procedió al ajuste de los índices a las Funciones de Distribución de Probabilidad (FDP) Flowers-Cano (2014); en este caso el ajuste del Índice de Fournier a la función de distribución de probabilidad (FDP) de Gumbel mediante la siguiente expresión:

$$F(x) = 1 - e^{-e^{-d(x-\mu)}} \quad (3)$$

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

Luego, para el ajuste de la variable IF a la FDP de Gumbel, se calculan los parámetros μ y d , los que están definidos por la siguiente expresión, respectivamente:

$$\mu = y - 0,450047 * S \tag{4}$$

$$d = \frac{1}{0,779696 * S} \tag{5}$$

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

Para comprobar si el ajuste de la FDPG era bueno para los valores extremos de IFM se utilizó el Test de Kolmogorov –Smirnov (K-S) y el Coeficiente de determinación (R2).

$$F_n(x) = \frac{n}{N + 1} \tag{6}$$

$$R^2 = \frac{\sum (F_n(x)_i - F(x)_i)^2}{\sum (F_n(x)_i - F_n(x)_i)^2} \tag{7}$$

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

Cálculo de los IF asociados a los períodos de retorno se realizó a través de la siguiente expresión:

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

Los valores futuros esperado IFM derivaron de la FDP de Gumbel: 4

$$x = \mu + \frac{\ln(\ln(F(x)))}{d} \tag{9}$$

Resultados y Discusión

En la tabla 3 se muestran los acumulados de los pluviómetros analizados, se aprecia claramente que, en los años 1981, 1986, 1989, 2004 y 2014 existió una reducción notoria en el régimen de precipitación en todos los pluviómetros.

Tabla 3: Acumulado Anual de cada pluviómetro (mm).

Años	CA-39	CA-673	CA-676	CA-843	CA-886	CA-887	CA-890
1980	1740,0	2059,9	3687,0	2107,6	-	-	-
1981	770,9	1355,3	1682,0	987,7	-	-	-
1982	1103,0	1292,8	2920,0	1368,7	-	-	-
1983	1202,0	1470,0	2376,0	1361	-	-	-
1984	1317,0	1135,0	2054,0	1313,8	-	-	-
1985	1747,0	1725,6	2034,9	1690,8	-	-	-
1986	639,0	1243,4	1148,3	991,9	-	-	-
1987	1234,0	1580,2	1922,0	1645,1	-	-	-
1988	1900,7	2127,9	1997,5	1815,9	-	-	-
1989	993,1	1362,5	1375,0	932,7	-	-	-
1990	1464,9	1641,7	1721,0	1426,4	-	-	-
1991	1615,7	1671,6	1850,0	1944,2	-	-	-
1992	1311,2	1390,4	1441,0	1223,25	1588,6	-	-
1993	1298,5	1198,5	1321,6	1291,43	1523,11	-	-
1994	1342,4	1387,3	1352,0	1276,1	1652,5	-	-
1995	1885,3	2028,7	1941,0	1916,2	1883,5	-	-
1996	1491,8	1158,0	1597,5	1528,4	1529,8	1052,1	894,5
1997	964,2	1052,3	1561,7	1147,3	895,1	1162,82	1016,3
1998	1557,1	1341,1	1710,0	1499	1388	1331,56	1109
1999	1456,3	1405,2	1720,7	1561,6	1203,3	1398,6	1305,5
2000	1929,1	1640,3	1717,3	1703,9	1596,3	1543,4	1800
2001	1447,8	1428,1	1697,9	1069,02	1271,1	1437,5	1388,6
2002	1714,3	1603,4	2018,7	1229,19	1364,2	1437,2	1389,9
2003	1028,9	1704,6	1734,0	1479,8	1443,6	1301,2	1247,06
2004	551,7	775,0	914,6	781,6	667,3	690,8	877,7
2005	733,4	1366,9	1299,0	1255,3	1169,4	1217,7	1458,4
2006	1059,8	1330,5	1358,2	1453,8	1391,9	1366,2	1311,4
2007	1514,6	1851,3	1885,0	2126,3	1919,3	1873,8	2085,4
2008	1190,2	1616,9	1172,8	1404,3	1249,9	1630,9	1491,5
2009	869,9	1263,7	1008,2	1232,3	1154	1021,8	1311,1
2010	1199,3	1266,1	1531,7	2190,8	1279,8	1413,4	1450,9
2011	1390,3	1597,4	1601,6	1270,8	1604,2	1307,8	1993,2
2012	1322,6	1474,8	1527,8	1357,5	1634,6	1742,1	1619,1
2013	1521,3	1541,7	1324,4	997,6	1120,2	1413,9	1350,1
2014	795,8	1117,1	997,4	1227,1	1216,9	1206,18	923,8
2015	997,3	1138,7	1116,9	1112,4	1025,4	1236,5	1102,2
Hiperanual medio	1286,1	1454,0	1675,5	1423,1	1365,5	1339,3	1356,3

A partir de lo anterior se presenta la figura 1 con los registros históricos hiperanual medios de los pluviómetros, se observa que el pluviómetro CA-676 es el de mayor acumulado de precipitación con valores superiores a los 1630 mm.

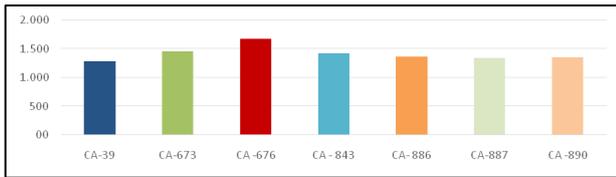


Figura 1: Registro hiperanual de la precipitación de los pluviómetros analizados.

Los resultados del cálculo del Índice Modificado de Fournier (IMF) se presentan en las figuras 2-8.

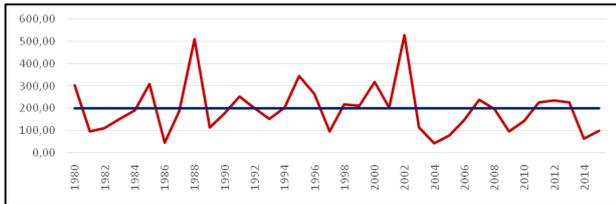


Figura 2: Valores de la Agresividad Climática del Pluv. CA-39

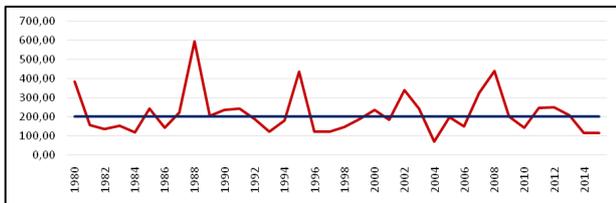


Figura 3: Valores de la Agresividad Climática del Pluv. CA-673

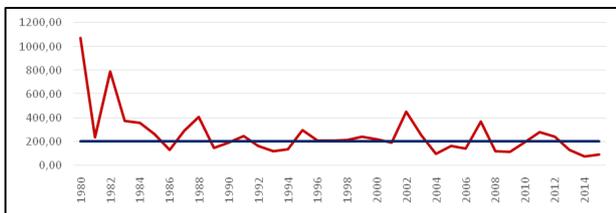


Figura 4: Valores de la Agresividad Climática del Pluv. CA-676

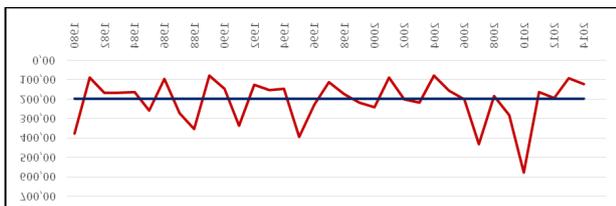


Figura 5: Valores de la Agresividad Climática del Pluv. CA-843.

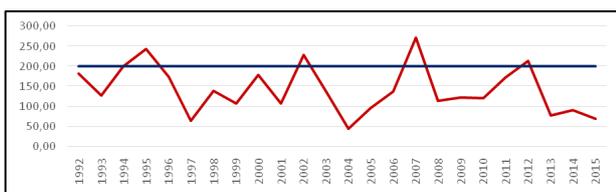


Figura 6: Valores de la Agresividad Climática del Pluv. CA-886

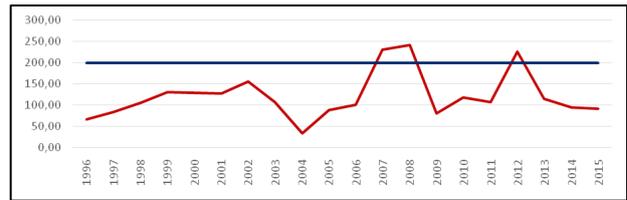


Figura 7: Valores de la Agresividad Climática del Pluv. CA-887

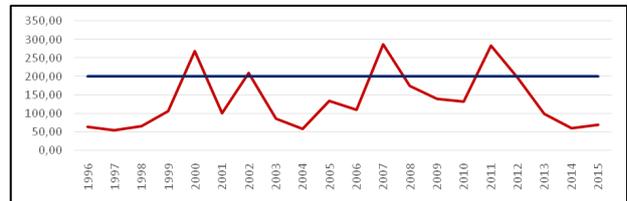


Figura 8: Valores de la Agresividad Climática del Pluv. CA-890

Una vez calculados los valores de agresividad climática se obtuvo el porcentaje de incidencia en dependencia de las categorías muy baja (MB), baja (B), moderada (M), alta (A), y muy alta (MA), tabla 4.

Tabla 4: Por ciento de Agresividad climática según clasificación

Pluviómetro	(%)				
	MB	B	M	A	MA
CA-39	22,2	33,3	27,7	11,1	5,7
CA-673	2,8	52,8	27,8	8,3	8,3
CA-676	8,3	36,1	36,1	8,3	11,2
CA-843	17,2	40,0	25,7	11,4	5,7
CA-886	25,0	54,2	20,8	0,0	0,0
CA-887	35,0	50,0	15,0	0,0	0,0
CA-890	40,0	40,0	20,0	0,0	0,0

Para realizar el ajuste del índice a las Funciones de Distribución de Probabilidad (FDP) de Gumbel se tomaron los valores extremos pertenecientes a las Altas y muy altas agresividades climáticas de los pluviómetros CA-39, CA-673, CA-676 y CA-843; en los restantes pluviómetros se analizó el ajuste a partir de los valores moderados, tabla 5.

Tabla 5: Valores de los parámetros para la FDP de Gumbel

Pluviómetro	y	S	μ	d
CA-39	152,11	86,91	113,00	0,015
CA-673	153,18	126,43	96,29	0,010
CA-676	175,42	115,41	123,48	0,011
CA-843	162,16	123,23	106,70	0,010
CA-886	140,90	106,32	93,05	0,012
CA-887	145,74	124,09	89,90	0,010
CA-890	151,43	108,68	102,52	0,012

La Función de Distribución de Gumbel ajustada queda como para los IMF de la siguiente forma, tabla 6.

Tabla 6: Ajuste de la FDG para los pluviómetros según IFM.

Pluviómetro	Función de Gumbel
CA-39	$F_{(x)} = 1 - e^{-0,015(x-113,0)}$
CA-673	$F_{(x)} = 1 - e^{-0,010(x-96,29)}$
CA-676	$F_{(x)} = 1 - e^{-0,011(x123,48)}$
CA-843	$F_{(x)} = 1 - e^{-0,010(x106,70)}$
CA-886	$F_{(x)} = 1 - e^{-0,012(x93,05)}$
CA-887	$F_{(x)} = 1 - e^{-0,010(x89,90)}$
CA-890	$F_{(x)} = 1 - e^{-0,012(x102,52)}$

Una vez obtenida la FDP de Gumbel, se corroboró la calidad del ajuste obtenido. Se comprobó que los valores estimados por la función se asemejen a los datos reales. Para ello se aplicaron el test de Kolmogorov –Smirnov (K-S) y el Coeficiente de determinación (R2), tabla 7-13.

Tabla 7: Calidad del ajuste, test de Kolmogorov –Smirnov. Pluv. CA-39.

Nº de orden (n)	CA-39	Fn(x)	F(x)	Sup Fn(x)-F(x)
1	303,1	0,200	0,8413	0,641
2	309,5	0,400	0,9464	0,546
3	343,0	0,600	0,9670	0,367
4	318,6	0,800	0,9530	0,153

Tabla 8: Calidad del ajuste, test de Kolmogorov –Smirnov. Pluv. CA-673.

Nº de orden (n)	CA-673	Fn(x)	F(x)	Sup Fn(x)-F(x)
1	326,5	0,250	0,9078	0,658
2	338,9	0,500	0,9182	0,418
3	384,3	0,750	0,9476	0,198

Tabla 9: Calidad del ajuste, test de Kolmogorov –Smirnov. Pluv. CA-676.

Nº de orden (n)	CA-676	Fn(x)	F(x)	Sup Fn(x)-F(x)
1	356,4	0,250	0,9277	0,678
2	367,9	0,500	0,9360	0,436
3	374,2	0,750	0,9402	0,190

Tabla 10: Calidad del ajuste, test de Kolmogorov –Smirnov. Pluv. CA-843.

Nº de orden (n)	CA-843	Fn(x)	F(x)	Sup Fn(x)-F(x)
1	337,6	0,200	0,9135	0,714
2	355,7	0,400	0,9279	0,528
3	379,9	0,600	0,9434	0,343
4	395,4	0,800	0,9517	0,152

Tabla 11: Calidad del ajuste, test de Kolmogorov –Smirnov. Pluv. CA-886.

Nº de orden (n)	CA-886	Fn(x)	F(x)	Sup Fn(x)-F(x)
1	200,4	0,167	0,7605	0,594
2	214,4	0,333	0,7934	0,460
3	228,3	0,500	0,8224	0,322
4	243,5	0,667	0,8497	0,183
5	272,2	0,833	0,8912	0,058

Tabla 12: Calidad del ajuste, test de Kolmogorov –Smirnov. Pluv. CA-887.

# de orden (n)	CA-887	Fn(x)	F(x)	Sup Fn(x)-F(x)
1	226,5	0,250	0,7838	0,534
2	230,3	0,500	0,7911	0,291
3	241,4	0,750	0,8115	0,061

Tabla 13: Calidad del ajuste, test de Kolmogorov –Smirnov. Pluv. CA-890.

# de orden (n)	CA-890	Fn(x)	F(x)	Sup Fn(x)-F(x)
1	209,5	0,200	0,7536	0,554
2	269,0	0,400	0,8692	0,469
3	282,9	0,600	0,8878	0,288
4	287,0	0,800	0,8928	0,093

Una vez obtenido el máximo valor absoluto, entre la frecuencia observada acumulada y la frecuencia teórica acumulada de cada uno de los pluviómetros se compararon el valor de la tabla Kolmogorov-Smirnov. Como el valor calculado es menor que el valor de tabla (Dt > Dc), se aceptó el ajuste. Se comprueba que el ajuste es aceptado con un 99% de confiabilidad.

Se puede inferir que el modelo explica en un 99% a un 100% la variabilidad de las frecuencias observadas, como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14: Valores del coeficiente de determinación.

Pluviómetro	R²
CA-39	0,9989
CA-673	0,9994
CA-676	1,0000
CA-843	0,9999
CA-886	0,9997
CA-887	0,9997
CA-890	0,9992

Demostrado que los valores del IF se ajustan a la FDP de Gumbel, entonces fue posible obtener los valores de IF asociados a distintos períodos de retorno, tabla 15.

Tabla 15: IF asociados a distintos períodos de retorno.

Periodo de retorno T (años)	CA-39	CA-673	CA-676	CA-843	CA-886	CA-887	CA-890
5	214,64	244,15	258,45	250,83	217,40	235,03	229,62
10	262,75	314,13	322,34	319,05	276,25	303,72	289,78
15	292,57	357,51	361,94	361,32	312,72	346,29	327,06
20	314,25	389,05	390,73	392,07	339,25	377,25	354,18
30	350,84	442,28	439,32	443,95	384,01	429,49	399,93
35	350,84	442,28	439,32	443,95	384,01	429,49	399,93

Conclusiones

1. Se demostró que en el pluviómetro CA-39 el 83,3%, la agresividad climática está de muy bajo a moderado y el 16.8% corresponden a altos y muy alta agresividad esto corresponde a que es el único pluviómetro donde aparecen menos acumulados anuales de precipitación lo que provoca un riesgo de erosión por intensidad de lluvias

en este equipo. Se observó que en los pluviómetros CA-673, CA-676 y CA-843 presentan los mayores porcentos de agresividad climática en el rango de los 19.5% esto es debido a que son los pluviómetros con mayor acumulado de la precipitaciones en el orden de los 3000 mm cantidad de precipitaciones. Los pluviómetros CA-886, CA-887 y CA-890 no presentan agresividad climática alta ni muy alta; sin embargo presentan una moderada agresividad climática.

2. Los valores extremos de la agresividad climática de los pluviómetros analizados dentro de la cuenca Chambas se ajustaron con la Función de Distribución de Probabilidad de Gumbel arrojando ecuaciones que predicen el comportamiento de la agresividad climática las cuales fueron comprobados a través del test de Kolmogorov-Smirnov (K-S) y el Coeficiente de determinación (R²).

3. Se propone realizar el pronóstico utilizando el período de retorno (T) para 5, 10, 15, 20, 30 y 35 años para predecir los impactos sobre el clima el suelo y las comunidades que se encuentran dentro de la cuenca Chambas.

Bibliografía

1. **Arnoldus, H. M. (1978).** *An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation*. En: De Boodst, M., y Gabriels, D. (eds.) *Assessment of erosion*:127-132. John Wiley y Sons, Inc. Chichester (Gran Bretaña).
2. **Donoso, M. (2005).** *El agua y su impacto en el desarrollo de Chile*. IX Jornadas de Trabajo CONAPHI, desafío al 2025. 3° Ponencia. Santiago de Chile.
3. **Flowers-Cano, R. S., Flowers, R. J., Rivera-Trejo, F. (2014).** *Evaluación de criterios de selección de modelos probabilísticos: validación con series de valores máximos simulados*. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(5), 189-197.
4. **Fournier, F. (1960).** *Climat et érosion*. Ed. Presses Universitaires de France. París.
5. **Goldberg, J. (2007).** *Valoración económica de las cuencas hidrográficas: Una herramienta para el mejoramiento de la gestión de los recursos hídricos*. Ciudad de Guatemala: s.n., 2007.
6. **González, C. (2006).** *Caracterización climática de las regiones Metropolitana y de O'higgins en base al comportamiento espacial y temporal de las precipitaciones*. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. 101p.
7. **INRH. (2015).** *Balance anual del agua en la provincia de Ciego de Ávila*. Informe anual del Instituto Nacional de Recurso Hidráulicos en Ciego de Ávila. Cuba.
8. **Mendoza, R. P. (2011).** *Análisis comparativo del comportamiento de las precipitaciones y su agresividad climática en zonas áridas secas y semiáridas frías*. Chile: s.n., 2011.
9. **Valdés, R. M. (2009).** *Análisis del comportamiento espacial y temporal de las precipitaciones en la región de los ríos, la región de los lagos y la región de Aysén*. Chile: s.n., 2009.
10. **Zambrana, Y. Y. (2008).** *Plan de manejo y gestión de la subcuenca del río San Francisco*. Managua, Nicaragua: s.n., 2008.

Recibido: 02/12/2016.

Aprobado: 09/04/2018.