

ANÁLISIS HIDROAMBIENTAL DE ÁREAS AGRÍCOLAS DEL MUNICIPIO VENEZUELA, CIEGO DE ÁVILA, CUBA

HYDRO-ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF AGRICULTURAL AREAS OF THE MUNICIPALITY VENEZUELA, CIEGO DE ÁVILA, CUBA.

Autores: Yurisbel Gallardo Ballat

Oscar Brown Manrique

Daniubis Luis Pelier

Yosbel René Moreno Carrasana

Institución: Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez

Correo electrónico: yurisbel@unica.cu

RESUMEN

Se realiza una investigación en áreas agrícolas asociada al pluviómetro CA-45 localizado en el municipio Venezuela de la provincia de Ciego de Ávila, en la misma se determinaron los índices de Disponibilidad Hidroambiental (IDH), Sequía Hidroambiental (SH) y la Brecha Hídrica (BH) para tres posibles escenarios futuros precipitación y temperatura normal, aumento de la temperatura en 0.5 °C y disminución de la precipitación en un 15%. Los principales resultados demostraron que los valores del IDH coinciden con los períodos secos (noviembre a abril) y húmedos (mayo a octubre) en el período seco existe una elevada frecuencia en obtener valores nulos lo que conlleva a una condición crítica para el desarrollo de las diferentes actividades económicas, mientras que la SH se manifestó a lo largo de toda la serie analizada, se muestra que el período comprendido entre 1982 a 1987 existió una sequía consecutiva la cual se agudizó en el año 1984, otros años también han sido severamente afectados como 2004 y 2011, mientras que el comportamiento de la BH demostró que en los meses del período seco existe una tendencia a ser crítica, lo que limita de manera considerable los recursos hídricos pluviales en la zona de estudios; mientras que, en los meses del período húmedo

manifiesta una óptima condición.

Palabras clave: Escenario futuro, Disponibilidad Hidroambiental, Sequía Hidroambiental, Brecha Hídrica, sequía agrícola.

ABSTRACT

An investigation is carried out in 'agricultural areas associated with the CA-45 rain gauge located in the municipality of Venezuela in the province of Ciego de Ávila, in which the Hydroenvironmental Availability Index (HDI), Hydroenvironmental Drought (SH) and the Water Gap were determined. (BH) for three possible future scenarios precipitation and normal temperature, temperature at 0.5 °C and decrease in precipitation by 15%. The main results showed that the HDI values coincide with the dry (November to April) and humid (May to October) periods; However, in the dry period there is a high frequency to obtain null values, which leads to a critical condition for the development of the different economic activities, while the SH manifested itself throughout the series analyzed, showing that the period from 1982 to 1987 there was a consecutive drought which worsened in the year 1984, other years have also been severely affected as 2004 and 2011; whereas, the behavior of the BH showed that in the months of the dry period there is a tendency to be critical, which considerably limits the water resources in the study area; while, in the months of the wet period it manifests an optimal condition.

Keywords: Future Scenario, Hydro-environmental Availability, Hydro-Environmental Drought, Water Gap, Agricultural Drought.

INTRODUCCIÓN

La sequía es considerada como un fenómeno climático cíclico provocado por una reducción de las precipitaciones. En 1995 el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, citado por (Gómez et al. 2004) manifestó: «...El conjunto de evidencias sugiere un cierto grado de influencia humana sobre el comportamiento del clima global». En el año 2001, el mismo organismo puntualizó: «...Los últimos estudios han encontrado sistemáticamente pruebas de señales antropogénicas en los registros climáticos de los

últimos 35 a 50 años». Bajo estas condiciones se proyecta un calentamiento global con temperaturas entre en 1.0 a 3.5 °C con respecto a lo actual para el año 2100.

En la actualidad el problema medioambiental que se plantea viene dado por la incertidumbre del agua disponible, lo que eventualmente condiciona la productividad de los sistemas agrarios e incluso el mantenimiento de la vegetación natural. La evaluación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos y las previsiones sobre su posible evolución requieren como punto de partida el análisis de las series de caudales existentes. El seguimiento de sus pautas en el tiempo y en el espacio puede servir para identificar posibles cambios ambientales (García Ruiz et al., 2001).

Para estar por delante de los posibles impactos negativos producidos por el cambio climático, (Nieto y Rodríguez, 2007), plantean que entre los objetivos de los estudios sobre el cambio climático se encuentran aquellos que tratan de identificar tendencias y otras señales de variabilidad utilizando modelos climáticos. En este sentido Chitarroni, (2002) manifiesta que el estudio de las variaciones de una variable en el tiempo responde a la descripción del comportamiento de la variable en cuestión, teniendo en cuenta el aumento o descenso y su comportamiento en un tiempo determinado, lo que nos lleva a predecir el comportamiento futuro de la variable de mantenerse relativamente constante el escenario.

De acuerdo a lo anterior (Rodríguez et al., 2007; Brown y Gallardo, 2015) argumentan que los pronósticos a largo plazo sirven para tomar decisiones estratégicas relacionadas con productos, procesos e instalaciones y por lo general abarcan un año o más. En el caso específico de nuestro país donde existen dos marcados regímenes de lluvia, resulta de vital importancia conocer el pronóstico de las precipitaciones a largo mediano y corto plazo para poder hacer frente a los procesos de sequías.

Estudios realizados por Solano et al., (2005), demuestran cambios notables en el clima de Cuba relacionado a la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos, sus consecuencias se reflejan en diferentes esferas de la economía, pero muy especialmente en la agricultura, porque ésta puede ser considerada como una gran fábrica a la intemperie, en la cual todas las actividades que en ella se realizan son dependientes del tiempo atmosférico y del clima.

A partir de lo anterior se plantea como objetivo general de la investigación: Realizar un análisis Hidroambiental de las áreas agrícolas asociadas al equipo Pluviométrico CA-45 situado en áreas agrícolas del municipio Venezuela, Ciego de Ávila, Cuba a partir de los Índices de Disponibilidad Hidroambiental (DH), Sequía Hidroambiental (SH) y la Brecha Hídrica (BH)

MATERIALES Y MÉTODOS

En la figura 1 se observan las áreas agrícolas asociadas al equipo pluviométrico CA-45 del municipio Venezuela al Sur de la Provincia Ciego de Ávila, el cual se caracteriza por tener una topografía muy llana con pendientes promedio de 0.1 %, se caracteriza además por dedicar estos suelos a cultivos varios destacándose entre de ellos los granos, la caña de azúcar y la soja.



Figura 1. Representación del área de Investigación.

Fuente: (Delegación Provincial de Recursos Hídricos, 2016).

En la investigación se utiliza una serie de 33 años de precipitaciones medias, recopilada en el pluviómetro CA-45 tabla 1, se debe enmarcar que se encuentra ubicado en los límites del humedal del sur por lo que es de vital importancia en esta investigación conocer el comportamiento de la variable precipitación.

Nombre Pluv.	Sector Hidrológico	Coordenadas (Cuba Norte)		Altitud (msnmm)
CA-45	CA-II-1	715550	209400	12

Tabla 1. Características de los pluviómetros estudiados.

La base de datos empleada correspondiente a dicha serie, se obtuvo de la Estación Meteorológica 346 del municipio de Venezuela, situada en la latitud $21^{\circ} 47'$ N y longitud $78^{\circ} 47'$ W con una altitud de 26.39 msnm. La misma contiene los valores medios de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$). (CITMA, 2016).

Análisis estadístico

En la preparación y exploración de los datos utilizados, se evaluó el cumplimiento de criterios estadísticos como aleatoriedad, independencia, homogeneidad con el empleo del software IBM SPSS Statistics 22.

Metodología para el Cálculo de los Índices

El cálculo de los índices Hidroambientales y de la estimación de la Brecha Hídrica fue la propuesta por Troyo et al., 2013, la misma fue utilizada en el Análisis de la sequía y desertificación mediante índices de aridez y estimación de la brecha hídrica.

$$IDMA = K_e \frac{12 * P_m}{t_m + 10} \quad 1$$

Donde: IDHA es el Índice de Disponibilidad Hidroambiental, P_m es la precipitación media mensual (mm) y t_m es la temperatura media mensual ($^{\circ}\text{C}$) y K_e es un coeficiente adimensional de ajuste de escala, con valor de 0.193.

Para complementar la condición hídrica a partir del índice IDHA, se definió la siguiente relación:

$$ISHA = 10_{MENOS} IDMA \quad 2$$

Donde: ISHA es el Índice de Sequía Hidroambiental.

Para el análisis de las tendencias hídricas estimadas a partir del cambio climático se consideró: Aumento de la temperatura en 0.5°C y disminución de la precipitación de un 15 %.

El cálculo de la BHE se realizó restando al valor del índice ISHA el valor del IDHA registrado para el mismo mes o periodo en las localidades estudiadas, en consecuencia, BHE se determina mediante las siguientes ecuaciones, en valores adimensionales:

$$BHE = ISHA_{MENOS} IDMA \tag{3}$$

$$BHE = 10_{MENOS} * (2 * IDMA) \tag{4}$$

$$BHE = 10_{MENOS} \frac{4.632 * P_m}{t_m + 10} \tag{5}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la Homogeneidad de varianza

Se presenta el análisis de homogeneidad de varianza de las precipitaciones del período comprendido entre 1980-2015 del pluviómetro CA-45 en la tabla 2. Se demostró que el estadístico f es mayor que F calculado, por lo que se puede afirmar la homogeneidad de la serie empleada.

Media	1151,48333	1120,05556
Varianza	117131,732	93721,5273
Observaciones	18	18
Grados de libertad	17	17
F	1,24978471	
P(F<=f) una cola	0,32545447	
Valor crítico para f (una cola)	2,27189289	

Tabla 2. Prueba F para varianzas de dos muestras.

Análisis estadístico descriptivo

En el gráfico 1 se presenta el análisis de la precipitación media mensual del pluviómetro estudiado. Se aprecia que los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril la precipitación no supera los 50 mm. Los meses antes mencionados se encuentran en el período de sequía por lo que en estas condiciones son valores relativamente normales, aunque enero, marzo y diciembre no superan los 30 mm. En los meses del

período lluvioso podemos encontrar los meses de mayo, julio, agosto y octubre con valores entre 100 mm 150 mm. Los meses junio y septiembre son los que mayor pluviometría presenta con valores entre 150 mm, en este caso el mes más favorecido por las lluvias es junio con un promedio mensual de 200 mm.

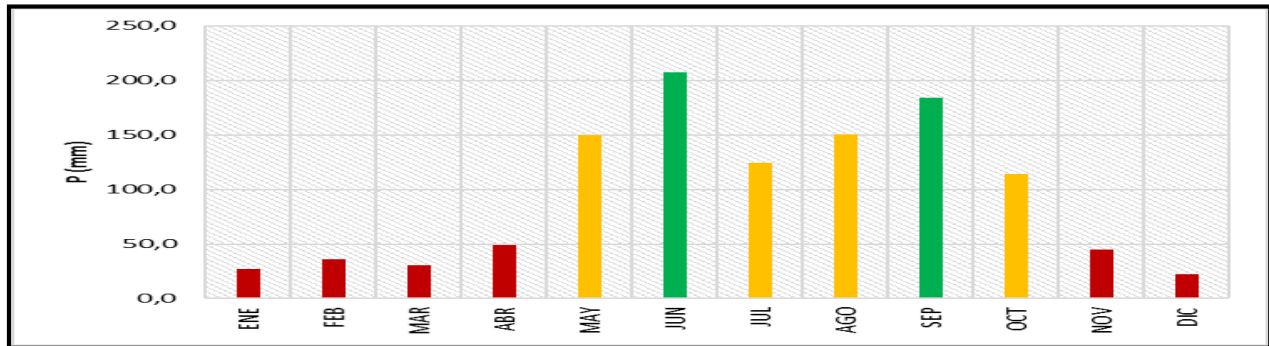


Gráfico 1. Analisis de precipitación media mensual (1980-2012).

Resultados del análisis de la D-H, S-H y Brecha Hídrica Pluv CA- 45

Resultados de la Precipitación y Temperatura media mensual (D-H)

En el gráfico 2 se muestran los resultados del índice de Disponibilidad y de sequías Hidroambiental. Se evidencia una tendencia a no existir sequía en los meses de mayo a octubre lo cual coincide con los meses de verano. Los restantes meses del año disminuye drásticamente con valores muy bajos, coincidiendo con los meses del período seco, bajo esta condición los meses de enero, febrero y diciembre son lo de menor DH. Marzo y abril a pesar de presentar evidencia de este fenómeno son ligeramente menos impactados que en los otros meses de este período analizado.

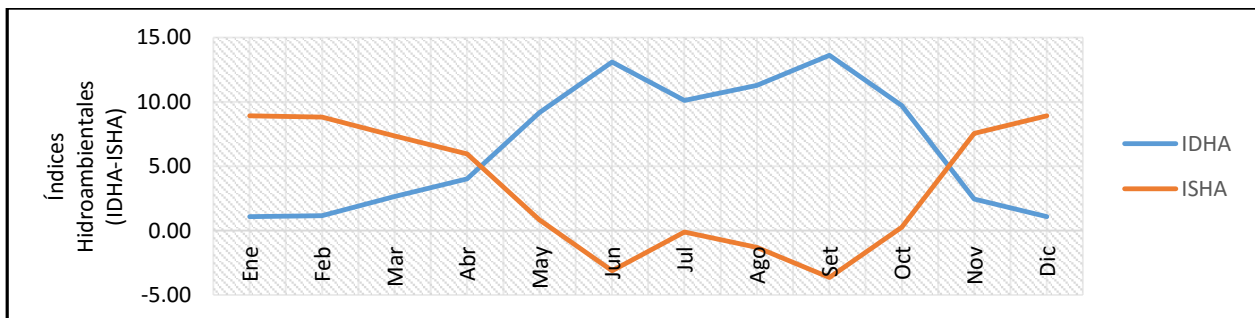


Gráfico 2. Disponibilidad y Sequía Hidroambiental mensual (1980-2012).

Resultados de la Precipitación y Temperatura media anual (S-H)

Los resultados de los índices de Disponibilidad y Sequías Hidroambiental se muestran en el gráfico 3. El análisis de este demuestra tres períodos donde se alternan sequías con superávit de precipitaciones. El primer período se encuentra entre los años entre 1982 a 1987, en los cuales se evidencia una sequía consecutiva la cual se agudizó en el año 1984. Entre los años 1988 a 2003 donde la D-H está muy por encima S-H, lo que demuestra que de manera general fueron años húmedos, en el período comprendido entre 2004 a 2012 se observa existen variaciones en cuanto a la frecuencia, de manera general solo en año 2004 fue el más desfavorable.

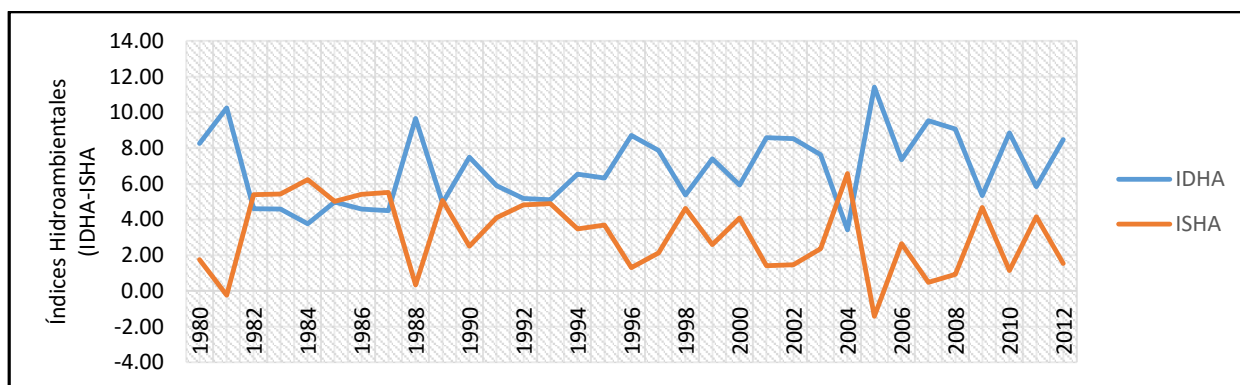


Gráfico 3. Disponibilidad y Sequía Hidroambiental anual (1980-2012).

Resultados de la Precipitación y Temperatura media mensual (B-H)

El gráfico 4 muestra el comportamiento de la Brecha Hídrica estandarizada de manera mensual, es evidente que los meses del período seco son los más afectados, el mes de julio como el de mayor problemas con déficit pluvial en el período lluvioso. Se manifiestan los meses de junio y septiembre como los más favorables desde el punto de vista hídrico, la cual permite desarrollar actividades económicas y sociales relacionadas con el uso del agua sin dificultad alguna.

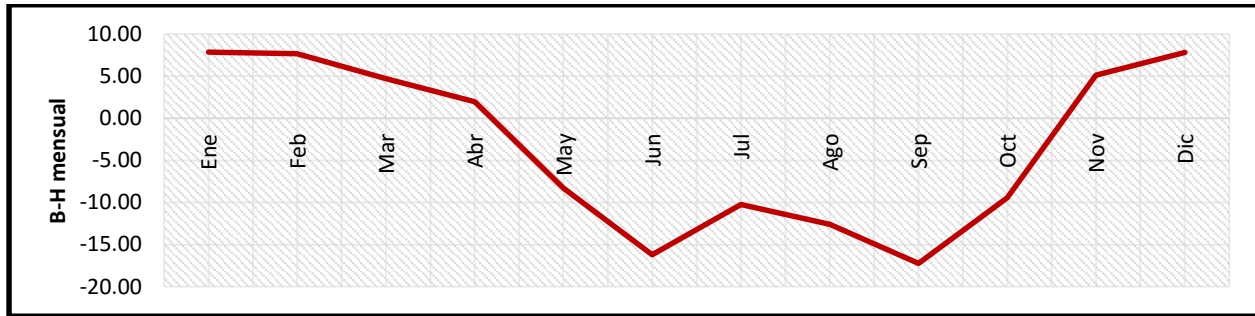


Gráfico 4. Brecha Hídrica mensual (1980-2012).

Resultados de la Precipitación y Temperatura media anual (B-H)

La brecha Hídrica anual demostró que los años menos favorables fueron 1982-1987, 1989, 1992, 1993, 1998, 2004, 2009 y 2011, como se observa en el período de la década de 1980 la BH estuvo más reducida que en las décadas de los 90 y 2000, aunque el año 2004 fue de todos en más crítico, (gráfico 5).

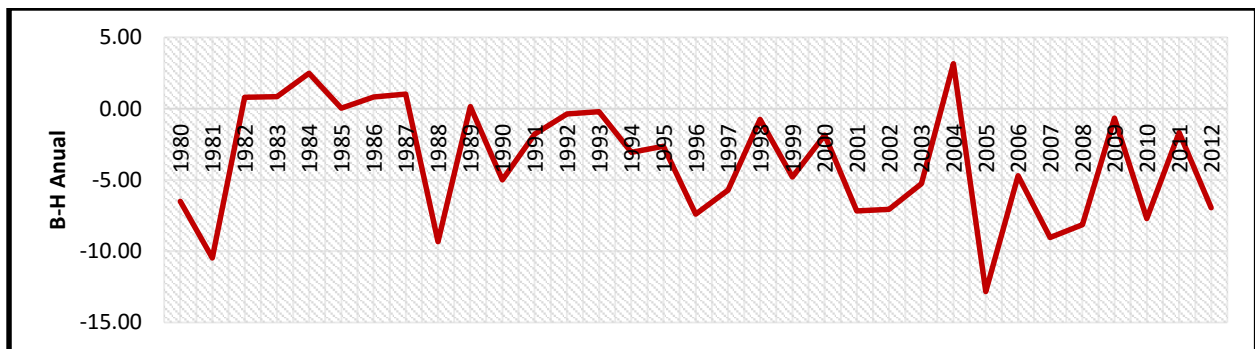


Gráfico 5. Brecha Hídrica mensual anual (1980-2012).

Ocurrencia de la Disponibilidad Hidroambiental (1980-2012)

La tabla 3 muestra la ocurrencia de la DH, así como el porcentaje que representa esta en los 33 años de estudios del pluviómetro CA-45. Como se observa los meses de mayor impacto en cuanto a una nula DH son los meses de enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre con 18, 19, 11, 13 y 24. En cuanto a una baja disponibilidad ambiental sobresalen con más frecuencias los meses de enero (10) febrero (11), abril (11). Los meses del período lluvioso presentan alta Disponibilidad Hidroambiental.

Meses	CLASIFICACIÓN(AÑOS)					PROMEDIO (%)				
	N	B	R	M	A	N	B	R	M	A
Ene	18	10	4	0	1	54,55	30,30	12,12	0,00	3,03
Feb	19	11	2	0	1	57,58	33,33	6,06	0,00	3,03
Mar	11	11	4	3	4	33,33	33,33	12,12	9,09	12,12
Abr	8	7	8	7	3	24,24	21,21	24,24	21,21	9,09
May	3	6	1	6	17	9,09	18,18	3,03	18,18	51,52
Jun	0	4	5	5	19	0,00	12,12	15,15	15,15	57,58
Jul	0	2	6	6	19	0,00	6,06	18,18	18,18	57,58
Ago	0	1	4	8	20	0,00	3,03	12,12	24,24	60,61
Sep	0	0	2	5	26	0,00	0,00	6,06	15,15	78,79
Oct	1	2	9	6	15	3,03	6,06	27,27	18,18	45,45
Nov	13	6	8	5	1	39,39	18,18	24,24	15,15	3,03
Dic	24	5	2	1	1	72,73	15,15	6,06	3,03	3,03

Tabla 3. Ocurrencia de la Disponibilidad Hidroambiental.

Ocurrencia de la Sequía Hidroambiental (1980-2012)

La tabla 4 muestra la ocurrencia de SH. Se observa que los meses de período seco se caracterizan por una extrema o severa sequía. Es necesario describir que en los meses de período lluvioso no presentan esta condición sino una favorable o nula sequía, el mes de octubre es de menor frecuencia.

Meses	CLASIFICACIÓN(AÑOS)					PROMEDIO (%)				
	E	S	M	I	N	E	S	M	I	N
Ene	25	7	1	0	0	75,76	21,21	3,03	0,00	0,00
Feb	26	5	1	0	1	78,79	15,15	3,03	0,00	3,03
Mar	18	7	6	0	2	54,55	21,21	18,18	0,00	6,06
Abr	14	8	7	1	3	42,42	24,24	21,21	3,03	9,09
May	8	3	2	5	15	24,24	9,09	6,06	15,15	45,45

Jun	3	5	5	3	17	9,09	15,15	15,15	9,09	51,52
Jul	2	3	6	5	17	6,06	9,09	18,18	15,15	51,52
Ago	1	1	7	6	18	3,03	3,03	21,21	18,18	54,55
Sep	0	0	5	3	25	0,00	0,00	15,15	9,09	75,76
Oct	3	7	5	5	13	9,09	21,21	15,15	15,15	39,39
Nov	18	6	4	4	1	54,55	18,18	12,12	12,12	3,03
Dic	27	4	1	0	1	81,82	12,12	3,03	0,00	3,03

Tabla 4. Ocurrencia de la Sequía Hidroambiental.

Ocurrencia de la Brecha Hídrica (1980-2012)

La tabla 5 muestra la ocurrencia de BH. Se observa que los meses de menor brecha hídrica son del período seco con valores de frecuencias muy altas entre 25 a 32. Es necesario describir que en los meses de período lluvioso nos encontramos presentan una óptima brecha hídrica.

Meses	CLASIFICACIÓN(AÑOS)				PROMEDIO (%)			
	C	M-B	B	O	C	M-B	B	O
Ene	21	10	1	1	63,64	30,30	3,03	3,03
Feb	24	6	1	2	72,73	18,18	3,03	6,06
Mar	16	9	6	2	48,48	27,27	18,18	6,06
Abr	11	10	9	3	33,33	30,30	27,27	9,09
May	7	3	7	16	21,21	9,09	21,21	48,48
Jun	1	5	7	20	3,03	15,15	21,21	60,61
Jul	2	3	6	22	6,06	9,09	18,18	66,67
Ago	1	1	11	20	3,03	3,03	33,33	60,61
Sep	0	0	8	25	0,00	0,00	24,24	75,76
Oct	1	9	9	14	3,03	27,27	27,27	42,42
Nov	16	8	7	2	48,48	24,24	21,21	6,06
Dic	25	6	1	1	75,76	18,18	3,03	3,03

Tabla 5. Ocurrencia de la Brecha Hídrica.

Análisis de la D-H, S-H y Brecha Hídrica Pluv CA- 45, más 0.5 °C temperatura

Resultados de la (D-H)

En el gráfico 6 al igual que con la temperatura y precipitación normal para igual período la tendencia está dirigida a no existir sequía en los meses de mayo a octubre existe condiciones favorables de D-H, se denota que el mes de julio tiende a disminuir. En los restantes meses del año disminuye drásticamente con valores muy bajos, lo que da comienzo a la S-H coincidiendo con los meses del período seco, bajo esta condición los meses de marzo y abril a pesar de presentar evidencia de este fenómeno son ligeramente menos impactados que en los otros meses de este período analizado.

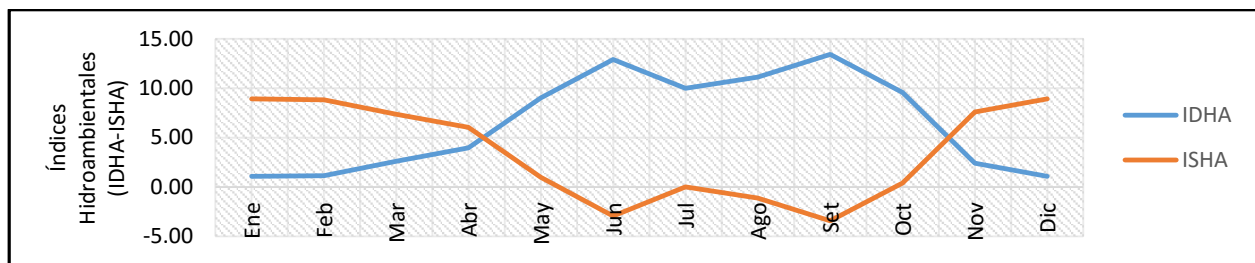


Gráfico 6. Disponibilidad y Sequía Hidroambiental mensual (1980-2012).

Resultados de la (S-H)

Los resultados de los índices de Disponibilidad y Sequías Hidroambiental anuales se muestran en el gráfico 7. El análisis de este demuestra tres períodos donde se alternan sequías con superávit de precipitaciones. El primer período se encuentra entre los años entre 1982 a 1987, en los cuales se evidencia una sequía consecutiva la cual se agudizó en el año 1984. Entre los años 1988 a 2003 donde la D-H está muy por encima S-H, lo que demuestra que de manera general fueron años húmedos, en el período comprendido entre 2004 a 2012 se observa existen variaciones en cuanto a la frecuencia, de manera general solo en año 2004 fue el más desfavorable.

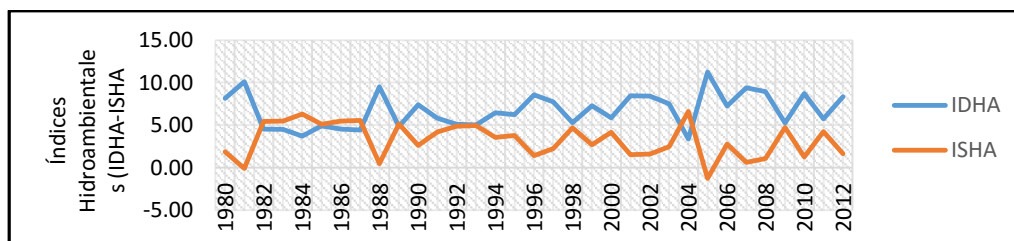


Gráfico 7. Disponibilidad y Sequía Hidroambiental anual (1980-2012).

Resultados de la (BH)

El gráfico 8 muestra el comportamiento de la Brecha Hídrica estandarizada de manera mensual, es evidente que los meses del período seco son los más afectados. Se manifiestan los meses de junio y octubre como los más favorables desde el punto de vista hídrico, con una excelente brecha hídrica que permite desarrollar actividades económicas y sociales relacionadas con el uso del agua sin dificultad alguna.

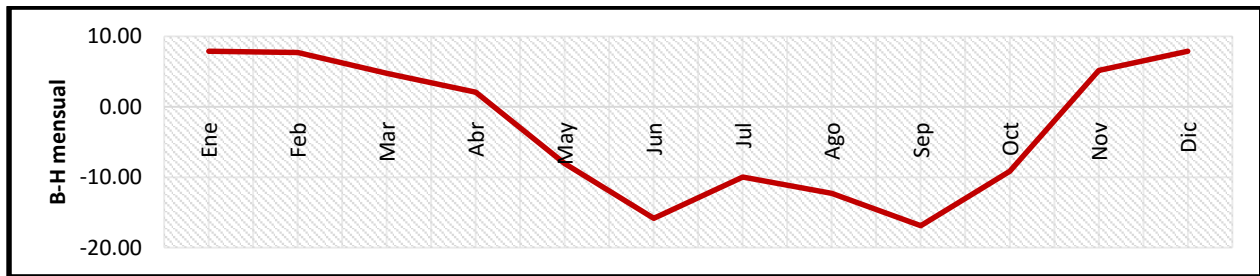


Gráfico 8. Brecha Hídrica mensual (1980-2012).

Resultados de la (B-H)

La brecha hídrica anual demostró que los años menos favorables fueron 1982-1987, 1989, 1992, 1993, 1998, 2004, 2009 y 2011, como se observa en el período de la década de 1980 la B-H estuvo más reducida que en las décadas de los 90 y 2000, aunque el año 2004 fue de todos el más crítico, (gráfico.9).

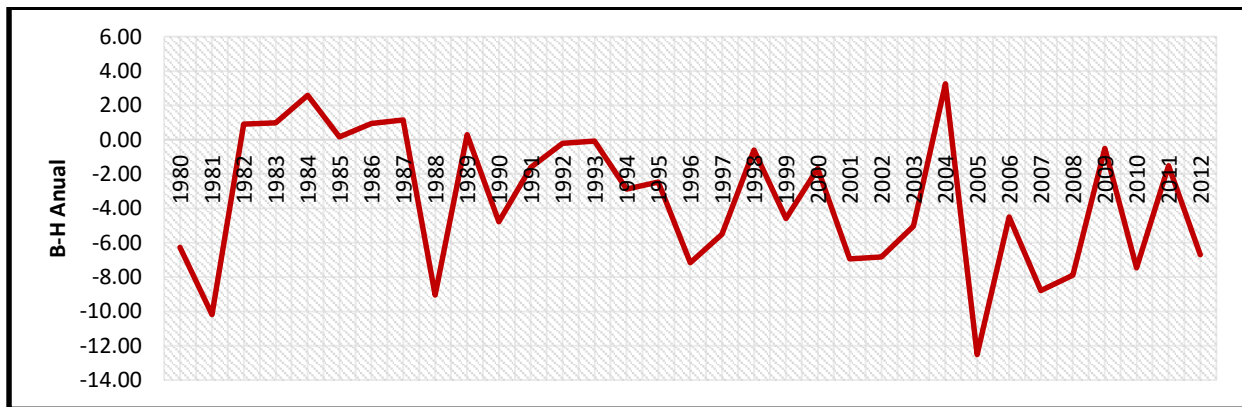


Gráfico 9. Brecha Hídrica mensual anual (1980-2012).

Análisis de la D-H, S-H y Brecha Hídrica, pluviómetro CA- 45 menos un 15 % de precipitación.

Resultados de la (D-H)

En el gráfico 10 se muestran los resultados del índice de Disponibilidad Hidroambiental, se puede apreciar dos períodos definidos (secos y húmedos), se denota dentro los meses del período lluvioso que el mes de julio tiende a disminuir de manera considerable la D-H; mientras que en los restantes meses del año disminuye drásticamente con valores muy bajos, lo que da comienzo a la S-H coincidiendo con los meses del período seco, bajo esta condición los meses de marzo y abril a pesar de presentar evidencia de este fenómeno son ligeramente menos impactados que en los otros meses de este período analizado.

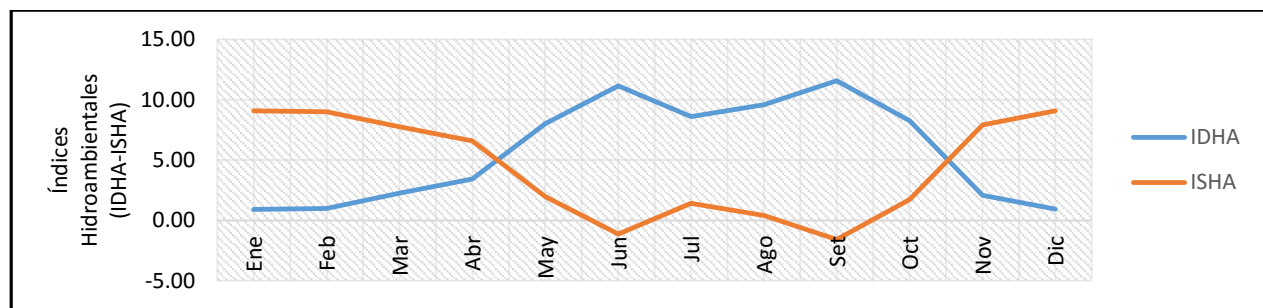


Gráfico 10. Disponibilidad y Sequía Hidroambiental mensual (1980-2012).

Resultados de la (S-H)

Los resultados de los índices de Disponibilidad y Sequías Hidroambiental anuales se muestran en el gráfico 11. El análisis de este demuestra tres períodos donde se alternan sequías con superávit de precipitaciones. El primer período se encuentra entre los años entre 1982 a 1987, en los cuales se evidencia una sequía consecutiva la cual se agudizó en el año 1984. Entre los años 1988 a 2003 donde la D-H está muy por encima S-H, lo que demuestra que de manera general fueron años húmedos, en el período comprendido entre 2004 a 2012 se observa existen variaciones en cuanto a la frecuencia, de manera general solo en año 2004 fue el más desfavorable.

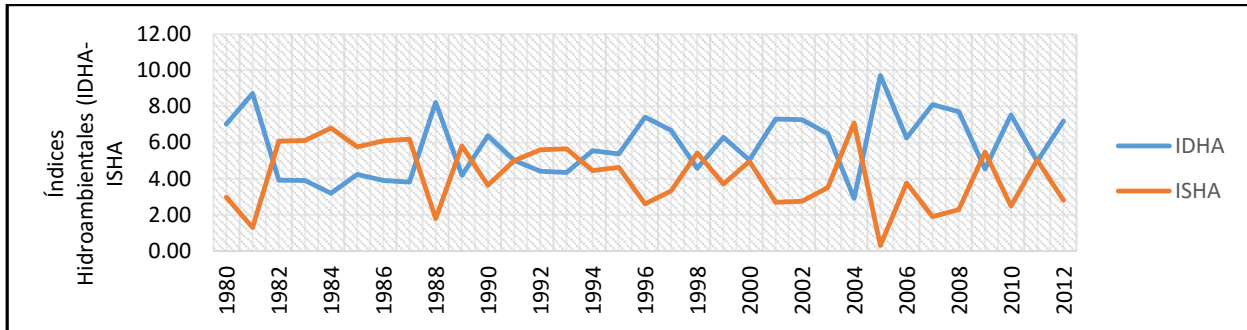


Gráfico 11. Disponibilidad y Sequía Hidroambiental anual (1980-2012).

Resultados de la (B-H)

El gráfico 12 muestra el comportamiento de la Brecha Hídrica estandarizada, es evidente que los meses del período seco son los más afectados, se vuelve a mostrar el mes de julio como el de mayor problemas con deficit pluvial en el período lluvioso. Se manifiestan los meses de junio y octubre como los más favorables desde el punto de vista hídrico.

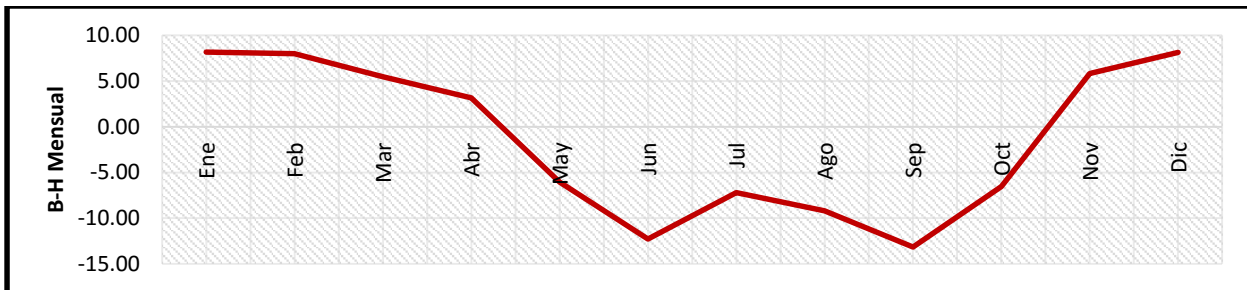


Gráfico 12. Brecha Hídrica mensual (1980-2012).

Resultados de la (B-H)

Bajo esta condición en pluviómetro CA-45 La brecha Hídrica anual demostró que los años menos favorables fueron 1982-1987, 1989, 1992,1993, 1998, 2004, 2009 y 2011, como se observa en el período de la década de 1980 la B-H estuvo más reducida que en las décadas de los 90 y 2000; aunque el año 2004 fue de todos en más crítico, (gráfico 13).

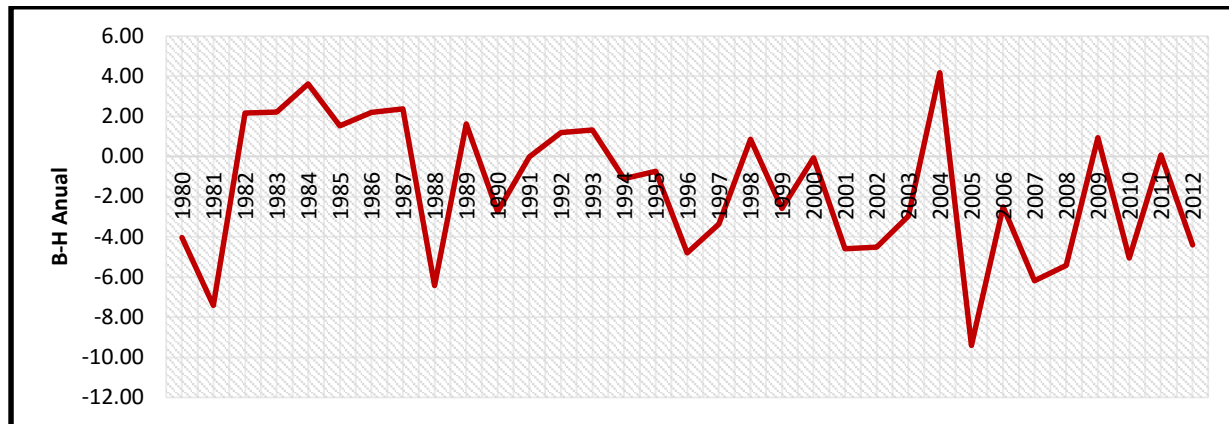


Gráfico 13. brecha hídrica mensual anual (1980-2012).

CONCLUSIONES

Se determinaron los valores de los índices de Disponibilidad Hidroambiental, se comprobó que en el período húmedo existe una elevada frecuencia en obtener valores óptimos de Disponibilidad Hidroambiental por lo que es posible desarrollar todas las actividades agrícolas sin afectaciones en el medio. Se demostró que la de Sequía Hidroambiental se ha manifestado a lo largo de toda la serie analizada en el período seco, el período comprendido entre 1982 a 1987, es el que muestra una sequía consecutiva la cual se agudizó en el año 1984, otros años también han sido severamente afectados como 2004 y 2011. La comparación entre los tres posibles escenarios de la S-H no arrojó diferencia. El comportamiento de la brecha hídrica demostró en los tres escenarios que coinciden los valores críticos y óptimos asociados a períodos secos y húmedos. Se determinó que en los meses del período seco en la última década se muestra con una brecha hídrica muy crítica, lo que limita de manera considerable los recursos hídricos pluviales en la zona de estudios, mientras que en los meses del período húmedo manifiestan una óptima condición.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

BROWN, O. Y GALLARDO, Y.: «El cambio climático y sus evidencias en las precipitaciones», *Revista Ingeniería hidráulica y Ambiental*, Vol. 36, No. 1, pp. 88-101, 2015.

- CHITARRONI, H.: *El análisis de las series cronológicas*, Instituto de Investigación en Ciencias Sociales, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad del Salvador, pp. 1-9, 2002.
- CITMA: *Registros climatológicos de la estación meteorológica 346-Venezuela 2010–2016*, Cueva Sur de la Provincia Ciego de Ávila, Cuba, 2016.
- DELEGACIÓN PROVINCIAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS.: *Base de datos sobre la pluviometría de los años 1980 – 2016*, Cueva Sur de la Provincia Ciego de Ávila, Cuba, 2016.
- GARCÍA RUIZ, J.M.; EGUERÍA PORTUGUÉS, S.; LÓPEZ, M.; ORENO, J.I.; LORENTE GRIMA, A. Y SEEGER, M.: *Los recursos hídricos superficiales del Pirineo aragonés y su evolución reciente*, Geoforma ediciones S.L., pp.192, 2001.
- GÓMEZ, M.G.; CAMPOS, R. Y CORONADO, J.: *Escenarios del cambio climático en el Perú 2004-2050, Cuenca del Río Piura*, Programa del Cambio Climático y Calidad del Aire, pp. 22-46, 2004.
- NIETO, S. Y RODRÍGUEZ, C.: *Modelos climáticos y tendencia de precipitaciones*, Dpto. de Matemática Aplicada, Universidad de Salamanca, pp. 2-5, 2007.
- RODRÍGUEZ, M.R.; ROSA, M.; BERDUC, F. Y NOEMÍ, S.: *Modelos de pronósticos para la planeación empresarial*, Facultad Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Tucumán, pp.1-7, 2007.
- SOLANO, O.; RANSES, J.; CETELLA, A. Y LAPINEL, B.: *Una aproximación al conocimiento de las sequías en Cuba, y sus efectos en la producción Agropecuaria*, Instituto de Meteorología, Cuba, pp. 85-100, 2005.
- TROYO, D. E.; MERCADO, M.G.; CRUZ, F.A.; NIETO, G. A.; VALDEZ, C.R. Y GARCÍA, H.J.: *Análisis de la sequía y desertificación mediante índices de aridez y estimación de la brecha hídrica en Baja California Sur, noroeste de México*, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, núm. 85, pp. 66-81, 2014.