

# **Impactos de los cambios climáticos en Camagüey. Caso de la sequía. Software complementario.**

***Nélida Varela Ledesma<sup>1</sup>, Iomarys Pérez Abraham<sup>1</sup> y Albert Rodríguez Vega<sup>1</sup>.***

**<sup>1</sup> Centro Meteorológico de Camagüey**

**Carretera de Nuevitas, km 7 ½**

**Camagüey, Apdo 160, CP 70100**

**Email: nelida@met.cmw.inf.cu**

## **Resumen.**

El presente trabajo tiene como objetivo el estudio de los impactos del cambio climático relacionados con la sequía meteorológica en la provincia de Camagüey para los años 2010, 2030, 2050, 2075 y 2100. Con este propósito se utilizó la serie de acumulados mensuales de lluvia de las estaciones enclavadas en el territorio desde 1961 hasta 1990. Posteriormente se emplearon para su tratamiento los más recientes modelos y escenarios, disponibles en la actualidad. La serie modelada fue operada por MONITOR, herramienta del Sistema Nacional de Vigilancia de la Sequía Meteorológica. De manera complementaria se confeccionó un software que permite determinar la secuencia de la sequía y cuyas salidas fueron empleadas en los análisis. Como resultado obtuvimos, de manera general, un incremento en la aridez y la frecuencia de las sequías para los años monitoreados, y se logró mostrar las regiones de la provincia con una mayor probabilidad de afectación por este fenómeno en años futuros.

## **Abstract.**

In this paper the impacts of climate change related with the meteorological drought in Camagüey were analyzed. For such purpose the series of monthly accumulated rain of the stations located in the territory were used. On the series treatment, we used the states of the art models and available scenarios. Modelated series were operated by MONITOR, this software is a component of National System of the Meteorological Drought Watch. In order to rich the research we have developed a

software that determines the sequence of the drought. We concluded that aridity and droughts frequency and intensity will be incremented. Also we could detect the Camagüey regions in which there are a high affectation probability for this phenomenon in the future years.

### **Introducción.**

El Cambio Climático Global y la Evolución del Medio Ambiente en las diferentes escalas espacio temporales, constituye uno de los principales problemas a enfrentar por la humanidad. Para solucionarlo, es necesario disponer de técnicas y procedimientos confiables y viables que posibiliten identificar los extremos y cambios del clima.

En el primer Proyecto Nacional de estudio del impacto del cambio climático y medidas de adaptación, dentro del marco de los programas internacionales de estudios de caso a nivel de países y del Programa Nacional de Ciencia y Técnica que trata la temática (INSMET, 1999), se estudiaron varios escenarios y las políticas actuales que sigue la humanidad, llegándose a la conclusión de que las afectaciones del cambio climático continuarán a muy largo plazo.

Existe una tendencia al incremento de las temperaturas en Cuba y nuestra provincia no está ajena a este calentamiento (e.g. Lapinel et al., 1993; Centella et al., 1999); se han confirmado tendencias significativas en las series de algunas variables climáticas. En los últimos cuarenta años la temperatura media anual ha aumentado cerca de 0.5°C con la tendencia al ascenso de las temperaturas mínimas en el orden aproximado de 1.4°C en sus valores medios mensuales (Centella et al., 1999).

Por otra parte, en el contexto del Proyecto 01301017 “Causas de las Sequías en Cuba y su Pronóstico” se desarrolló el programa “Monitor” por Varela y Lapinel (1993). Este software es considerado componente principal del Sistema Nacional de Vigilancia de la Sequía Meteorológica (SNVS) y tiene como misión la de evaluar y diagnosticar dicho fenómeno meteorológico en nuestro país.

Desde su concepción inicial hasta casi una década de explotación, se ha demostrado que tiene un campo de aplicación mucho más amplio relativo a la caracterización espacio-temporal de otras variables y fenómenos meteorológicos (Varela et al.,2001). En este trabajo se demuestran otras utilidades de MONITOR en el tratamiento de series pluviométricas con alcance futuro pues las altas temperaturas provocarán una mayor evaporación, un mayor estrés térmico e hídrico sobre los cultivos y por otro lado si persiste la escasez de precipitaciones unido a otros factores, las temperaturas tienden a ser mucho más cálidas (Pérez, 2004).

Los efectos de la sequía implican daños en el sector agropecuario; se manifiestan también en los suministros de servicios básicos, por ejemplo, el agua potable; provocan trastornos en la salud; reducen la demanda turística y pueden ocasionar problemas ambientales de gran envergadura. De ahí que la temática abordada tenga tanta importancia y nuestro objetivo sea el de estudiar el comportamiento de este fenómeno meteorológico teniendo en cuenta los posibles cambios climáticos para determinados escenarios futuros.

### **Materiales y métodos.**

La experiencia acumulada por el grupo de investigadores del Centro Meteorológico de Camagüey ha permitido la elaboración de escenarios climáticos para la provincia. La selección de los modelos globales del clima es un factor necesario para cubrir todo el rango de incertidumbres concerniente a la evolución de las precipitaciones con el cambio climático. Este aspecto unido a la curva de incremento de temperatura global con el tiempo, obtenida con el modelo MAGICC (Hulme et al., 1999) según los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero, propiciaron la elaboración de las series pluviométricas correspondientes a los períodos de 30 años ubicados alrededor de los años 2010, 2030, 2050, 2075 y 2100 para estaciones representativas del territorio (Rivero y Rivero, 2003).

### **Selección de áreas de estudio.**

De trece pluviómetros con registro de observaciones correspondiente al período

1961-1990, seleccionamos seis de ellos que reúnen los requisitos mínimos necesarios para caracterizar la situación con respecto a la sequía meteorológica de todo el territorio.

<b>Pluviómetros</b>	<b>Zona</b>	<b>Ubicación Geográfica</b>
C353	Esmeralda	Norte de la Prov. de Camagüey.
C445	Minas	Nordeste de la Prov. de Camagüey.
C369	Camagüey	Centro de la Prov. de Camagüey.
C448	Sibanicú	Centro Este de la Prov. de Camagüey.
C293	Vertientes	Sur de la Prov. de Camagüey.
C383	Sta. Cruz del Sur	Sur-Costero de la Prov. de Camagüey.

### **Frecuencia de la sequía.**

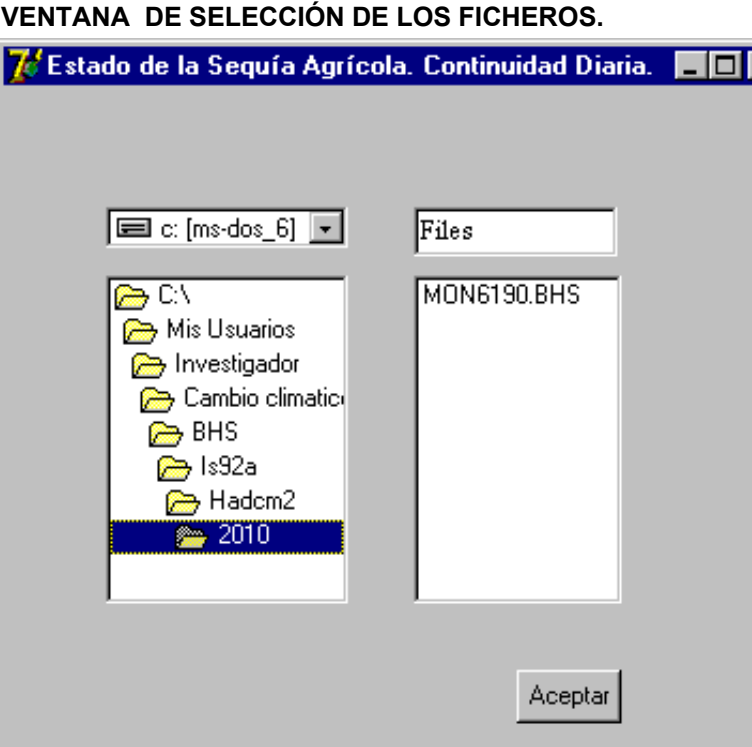
El Sistema Nacional de Vigilancia de la Sequía (Lapinel et al., 1993), emplea la técnica de la distribución percentilica para determinar si un mes dado está ausente de sequía meteorológica, o si por el contrario da comienzo a una nueva, continúa una anterior o finaliza la misma.

El Sistema MONITOR 8.0, nos permitió procesar los datos de lluvias mensuales concernientes al período de interés en el contorno del 2010, 2030, 2050, 2075 y del 2100, empleando como referencia el período actual 1961-1990. Luego se procedió a obtener las salidas para incrementos globales de temperatura de hasta 4.5 °C, obtenidas mediante escenarios semisintéticos contruidos con los modelos de circulación general (atmósfera / océano) HadCM2 y Echam4.

Los períodos anuales son evaluados como correspondientes a años húmedos, normales o con sequía débil, moderada y severa según la técnica del índice de anomalías estandarizadas.

Para enriquecer el análisis se elaboró un software que asimila las salidas de ficheros con extensión BHS obtenidos a partir de un utilitario incluido en el Sistema de Alerta

Temprana de la Sequía Agrícola (Rivero et al., 2003) y que fue creado para clasificar el índice de abasto de agua a los cultivos. Sin su implementación hubiera sido imposible caracterizar la situación de estrés hídrico en toda la provincia pues para cada estación resume la continuidad de un índice recorriendo toda la base de datos hasta el último año con información.



## Resultados

El escenario de emisión de gases de efecto invernadero K-1pc y el escenario Sresa1 se corrieron indistintamente con los modelo HadCm2 y Echam4 generándose cuatro grupos de escenarios de Cambio Climático.

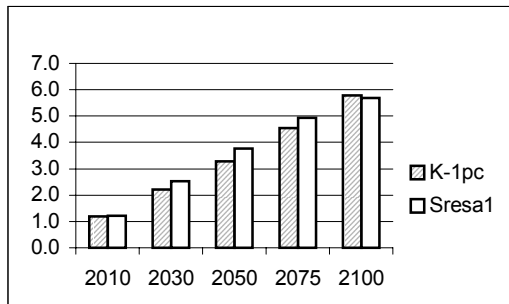


Fig. 1. Modelo Echam4

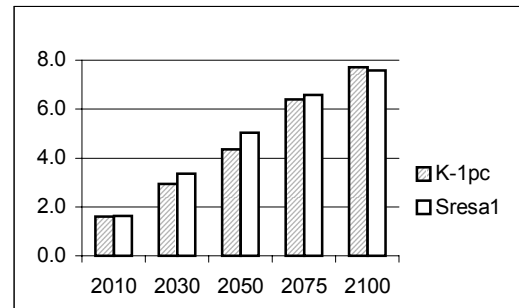


Fig. 2. Modelo HadCm2

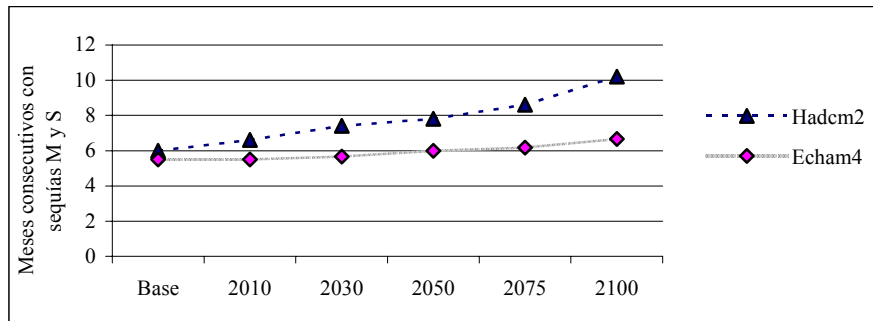
Cuando se compara el comportamiento de las precipitaciones en las figuras 1 y 2 se deduce que el escenario más seco es el de **K-1pc** y el modelo que reporta menos precipitaciones es el **HadCm2** y como en el análisis para el diagnóstico y seguimiento de sequías meteorológicas intervienen de manera decisiva los déficits de lluvia se seleccionó precisamente esta combinación como nuevo escenario climático, de todos, el más seco.

En los análisis para el escenario más seco, se observa un aumento sostenido en la extensión en el tiempo de las sequías severas en Camagüey (**Tabla 1**), a medida que se avanza en el futuro.

**Tabla 1.** Comportamiento espacial actual y futuro de las sequías meteorológicas en Camagüey.

Pluviómetros	Cantidad de meses consecutivos con Sequía Meteorológica					
	Base (1961-1990)	2010	2030	2050	2075	2100
C353	6	-	-	-	-	-
C445	8	9	9	10	9	7
C369	2	2	6	6	10	10
C448	7	7	7	7	7	12
C293	5	5	5	6	6	11
C383	8	10	10	10	11	11
Promedio	6	6.6	7.4	7.8	8.6	10.2

Al correr el escenario K-1pc con el modelo Echam4 se predice que las sequías van a ser menos intensas que con el Hadcm2. (Fig.3)

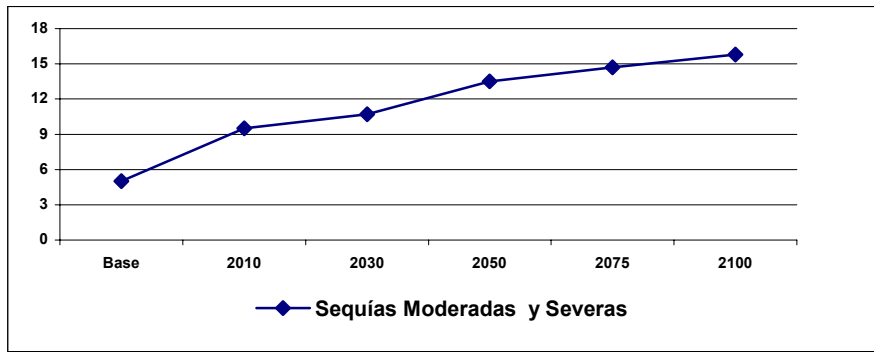


**Fig. 3.** Comportamiento futuro de las sequías con los modelos de predicción Hadcm2 y Echam4 para un mismo escenario.

El análisis del total de años clasificados como correspondientes a sequías moderadas y severas evidencia que para el período base hay sequía meteorológica; pero que éstas se harán más frecuentes en el futuro con un agravamiento progresivo de los ecosistemas sensibles a los impactos del fenómeno. (Tabla 2 y Fig. 4).

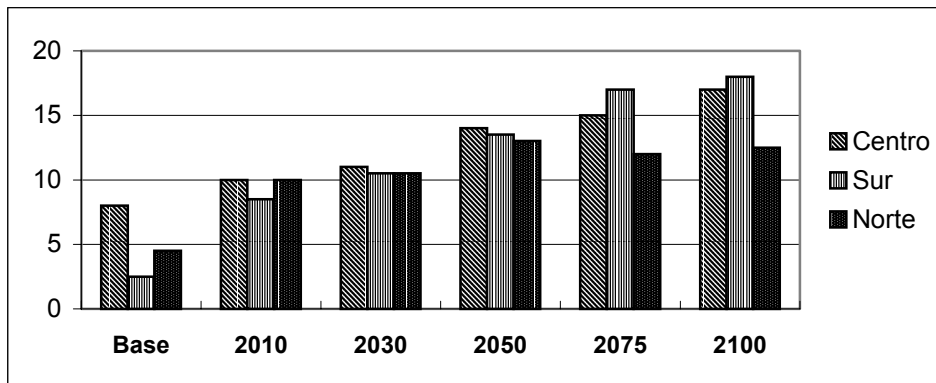
**Tabla 2.** Episodios de Sequías Moderadas y Severas con el modelo Hadcm2.

Pluviómetros	<i>Cantidad de años con Sequías Meteorológicas Moderadas y Severas.</i>					
	Base (1961-1990)	1996-2025	2016-2045	2036-2065	2061-2090	2086-2115
C353	5	10	11	12	13	11
C445	4	10	10	14	11	14
C369	8	10	12	16	17	19
C448	8	10	10	12	13	15
C293	1	6	10	13	16	17
C383	4	11	11	14	18	19
<b>Promedio</b>	<b>5</b>	<b>9.5</b>	<b>10.7</b>	<b>13.5</b>	<b>14.7</b>	<b>15.8</b>



**Fig. 4.** Incremento anual de Sequías Moderadas y Severas para la provincia de Camagüey. Modelo Hadcm2.

En los análisis para el escenario más seco y el modelo a su vez también más seco (**Fig.5**), se observa un aumento sostenido en la extensión en el tiempo de las sequías severas en Camagüey, a medida que se avanza en el futuro, con tendencias más significativas en las zonas del noreste y sur del territorio.



**Fig.5.** Comportamiento zonal actual y futuro de las sequías meteorológicas en Camagüey.

El por ciento de años en que se manifiesta la sequía meteorológica en cada período aumenta de 17 a 53% como promedio para la provincia. Por regiones la situación más crítica se acentúa en el sur y el noreste donde el número de años con sequía oscila de 4 y 8 años en el período base hasta alcanzar 19 años en el 2100 y el por ciento de años dentro del período va de 13 a 63%. (**Tabla 3**).



**Tabla 3:** Promedio de años con sequía meteorológica y porciento de años dentro del período de 30 años en la provincia.

	Base	2010	2030	2050	2075	2100
<b>Promedio</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
<b>% años en el período</b>	<b>17</b>	<b>30</b>	<b>33</b>	<b>43</b>	<b>50</b>	<b>53</b>

A continuación se muestra la ventana con la información de salida que aporta el software desarrollado, la cual es muy sencilla y fácil de manipular por otras aplicaciones y con fines fundamentalmente dirigidos a la investigación, por lo que nos sirvió de base para complementar este estudio.

```

Mon6190 - Notepad
File Edit Search Help
año 1961
Flo 160-,30,1B,20,4B,30,1B,20,9B,10,5B,9R,1B,10,19B,7R,1B,110,11B,7R,3B
Sta 209-,4R,3I,1R,22I,1R,8I,2R,6B,8R,3I,10R,3B,8R,1B,5R,4B,1R,4B,10,5B,
Esm 207-,12B,8R,16I,2R,2B,10,1B,60,1B,60,2B,210,2B,10,9B,50,15B,1R,10B,
Nue 212-,1I,2B,12R,2B,6R,1I,6R,31I,1R,1B,30,2B,20,3B,140,3B,20,2B,10,9B
Pal 312-,9R,2I,1R,9I,4R,28I
Cam 176-,1R,4B,8R,37I,4R,1B,20,4B,7R,3I,1R,15I,2R,2I,1R,7B,50,19B,7R,11
año 1962
Flo 78I,3R,42I,5R,1B,6R,7I,3R,2B,6R,5B,120,1B,40,1B,20,1B,20,5B,20R,14I
Sta 74I,10R,31I,1R,101I,3R,1I,2R,32I,3R,11I,8R,3I,1R,4I,2R,13I,13R,13B,
Esm 71I,3R,5B,7R,40I,1B,10,2B,10,13B,50,5B,13R,6I,1R,3B,7R,30I,2R,33I,1
Nue 2I,11R,2B,10R,15I,8R,92I,3R,7I,8R,125I,1B,110,11B,14R,45I
Pal 54I,3R,2B,7R,7I,9R,2I,1R,8I,2R,24I,6R,1B,80,13B,16R,2I,4R,2B,6R,3B,
Cam 150I,2R,1I,9R,5I,1R,1B,8R,8I,7R,1B,30,4B,8R,5I,1R,2B,2R,2B,20,7B,7R
año 1963
Flo 73I,3R,50I,3R,4I,1R,4B,7R,3I,8R,10,1B,10,3B,20,14B,80,6B,15R,9I,1R,
Sta 82I,3R,1B,8R,6I,7R,72I,3R,3B,10R,17I,1R,1I,9R,54I,10R,1I,5R,72I
Esm 120I,1R,40,5B,7R,5B,8R,3B,80,1B,40,2B,120,1B,10,5B,11R,33I,5R,1B,3R
Nue 140I,6R,2I,2R,1B,6R,122I,6R,2I,1R,2B,7R,4B,4R,1B,4R,3B,10R,13I,25R,

```

En la siguiente tabla se visualizan resultados importantes derivados de las salidas de la aplicación.

**Tabla 4:** Meses con estrés hídrico en 30 años para cada estación en los escenarios futuros creados a partir del modelo de clima global HadCM2.

<b>Estaciones</b>	<b>Base</b>	<b>2010</b>	<b>2030</b>	<b>2050</b>	<b>2075</b>	<b>2100</b>
<b>Camagüey</b>	170	176	182	187	194	202
<b>Esmeralda</b>	175	180	185	190	196	203
<b>Florida</b>	168	174	178	184	191	200
<b>Nuevitas</b>	222	227	230	233	238	243
<b>Palo Seco</b>	175	184	191	198	208	217
<b>Santa Cruz</b>	251	257	262	266	274	280

Los resultados de la aplicación de los modelos HadCM2 y ECHAM4 para la provincia de Camagüey, muestran una tendencia hacia una mayor aridez en todos los meses de la estación lluviosa y algunos meses de la estación seca, con un incremento de las lluvias en noviembre-enero.

Estos modelos dan como resultado para los escenarios futuros un aumento en los meses con eventos de sequía. El número de meses en que se manifiesta estrés hídrico experimenta una tendencia ascendente en cada uno de los períodos, determinado por una notable disminución de las precipitaciones en el período lluvioso y un ligero incremento en el período poco lluvioso.

Se distingue en el análisis que los procesos de sequía serán más intensos en las regiones del nordeste y el sur de la provincia en las cuales los períodos en que se manifiesten este tipo de fenómeno serán más prolongado, causando un considerable deterioro en el estado físico del suelo y la capa vegetativa de estas regiones.

## **Conclusiones**

En la provincia de Camagüey se vislumbra, en períodos largos de registros, cierto decremento en las precipitaciones, fundamentalmente en el período lluvioso.

El cambio climático previsto para nuestra provincia, según los modelos acoplados de circulación general de la atmósfera y el océano como el HadCM2 dará como resultado un aumento en cantidad de meses con procesos de sequías moderadas y severas. Los procesos de sequía meteorológica se harán más frecuentes en el futuro con un agravamiento progresivo de los ecosistemas sensibles a los impactos del fenómeno.

El sistema informático MONITOR además de facilitar una base científica y tecnológica adecuada para el manejo de la sequía desde el punto de vista agrometeorológico, hidrológico y de otros sectores medioambientales y económicos, es un software multipropósito para estudiar el comportamiento de procesos, fenómenos y mecanismos meteorológicos relacionados con determinada incidencia sobre actividades socioeconómicas.

## Bibliografía

- Centella, A., T. Gutiérrez, M. Limia y R. R. Rivero (1999): Climate Change for impact assessment in Cuba. *Clim. Res.* Vol 12, pp. 223-230.
- Gutiérrez, Tomás et al. (1999): Impactos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba: Agricultura y silvicultura. "Impactos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba", Informe final de Resultado Científico Proyecto INSMET/UNEP, La Habana, 206 pp.
- Hulme, M., E. Barrow, et al. (1999) [inédito]: *MAGICC and SCENGEN Workbook*. Preparado para UNDP/GEF NCSP, primer borrador, 13 December 1999.
- INSMET (1999): Impactos de los Cambios Climáticos y Medidas de Adaptación en Cuba. Informe Final del Proyecto, Instituto de Meteorología, La Habana.
- Lapinel, B., R. E. Rivero, V. Cutié, R. R. Rivero y N. Varela (1993): Sistema Nacional de Vigilancia de la Sequía: Análisis del Período 1931-1990. Informe Científico Técnico. Instituto de Meteorología, Cuba.
- Pérez, R. (2004): Sequía en el Oriente. Entrevista editada por el periódico Juventud Rebelde, domingo 22 de febrero de 2004, pp. 2-3.
- Rivero, R.R. y R.E. Rivero, 2003: Escenarios de cambio climático para Camagüey, Cuba. Memorias de la IV Convención de Medio Ambiente y Desarrollo, Palacio de las Convenciones, La Habana, Cuba, 2-6 de junio del 2003.
- Varela, N. y B.P. Lapinel, 1998: Sistema Nacional de Vigilancia de la Sequía. Mención Nacional del XII Fórum de Ciencia y Técnica, La Habana, 1998.
- Varela, N., R. Aroche y B. Lapinel (2001): Sistema informático multipropósito para el estudio de la evolución del clima. Ponencia presentada en el Forum Científico sobre los Estudios del Cambio Global, La Habana, Noviembre 2001.