

ESTUDIO DE LA EXTENSIÓN SUPERFICIAL ANUAL DE LA SEQUÍA AGRÍCOLA EN CUBA DURANTE EL PERÍODO 1951-1990.



Oscar J. Solano Ojeda, Ransés J. Vázquez Montenegro y María E. Martín Padrón

Instituto de Meteorología
Apartado postal 17032 CP 11700, Ciudad de La Habana, República de Cuba
Telef: 537 8686615
E mail: oscar.solano@insmet.cu

RESUMEN

El objetivo general de este trabajo fue evaluar la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba en cada año natural (1 de enero al 31 de diciembre), del período 1951 - 1990, en una escala adecuada para fines exploratorios a nivel nacional, regional, provincial y municipal. La investigación fue realizada con los datos climáticos de 809 estaciones seleccionadas convenientemente de las redes del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y del Instituto de Meteorología. Los métodos empleados en el diagnóstico de la Sequía Agrícola fueron generados por los autores a partir de técnicas avanzadas y actualizadas que toman en cuenta la demanda y el suministro de agua de cada componente del complejo suelo planta atmósfera. El EXCEL sirvió de base para el cálculo a través del diseño de los algoritmos en hojas electrónicas y con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica se representó espacialmente la información y se calcularon los valores medios del índice de sequía estudiado para superficies municipales. Los resultados son expuestos mediante una secuencia de 40 mapas, tabla y figuras que caracterizan la extensión espacial de la Sequía Agrícola en cada uno de los años del período estudiado y sus valores extremos en las escalas nacional, regional, provincial y municipal. Los resultados obtenidos aportan una valiosa herramienta para el manejo del riesgo climático al tomar decisiones estratégicas y tácticas de operaciones

agrícolas, al abordar los problemas relacionados con la vulnerabilidad y de lucha contra la sequía en particular y contribuyen a la ampliación del conocimiento científico de la sequía en Cuba.

Palabras clave: Sequía Agrícola, zonificación agroclimática.

ABSTRACT

The main purpose of this work was to calculate the historical value of the superficial extension of the Agricultural Drought in Cuba, in every natural year (January 1st at December 31st), for the 1951 - 1990 period in an appropriate scale for exploratory aim at national, regional, provincial and municipal levels. The investigation was carried out with the climatic data of 809 stations well selected that belongs to the National Institute of Hydraulic Resources and of the Institute of Meteorology. The methods used in the diagnosis of the Agricultural Drought were generated by the authors starting from current advanced techniques that its take into account the demand and the supply of water of each component of the soil - plants - atmosphere complex. The EXCEL was used as a tool to make the calculations through the algorithms in electronic sheets and with the help of the Geographic Information Systems it was represented the information spacially and the mean values of the drought index were

calculated for municipal areas. The results are exposed as a sequence of 40 maps, tables and charts that characterize the superficial extension of the Agricultural Drought in each one of the natural year and their extreme values in the national, regional, provincial and municipal scales. The results contribute a valuable tool to handling the climatic risk when making strategic and tactical decisions on agricultural operations, when approaching the problems related with the vulnerability and of fight against the drought in particular and also contribute the amplification of the scientific knowledge of the drought in Cuba.

Key words: Agricultural drought, agro-climatic mapping.

INTRODUCCIÓN

El agua ha sido uno de los recursos naturales más preciados por la humanidad en todos los tiempos y constituye una de sus demandas más importantes. Ella es esencial en la vida del hombre y en la producción de sus alimentos y en la agricultura es necesaria para satisfacer los requerimientos de agua de los cultivos y el ganado, para la limpieza de los productos agrícolas y los animales de granja y para múltiples usos en el manejo agrícola, pecuario y en la industria agroalimentaria.

El comportamiento del clima, sobre todo en lo concerniente a la ocurrencia de eventos extremos es de vital interés para la vida social del hombre. Sus consecuencias se reflejan en campos muy diversos de la economía, pero muy especialmente en la agricultura, pues ésta puede ser considerada como una gran fábrica a cielo abierto en la cual todas las actividades que en ella se realizan son dependientes del tiempo atmosférico y del clima.

Las frecuentes anomalías climáticas presentadas durante las tres últimas décadas (Centella *et al.*, 1997) han traído como resultado disponer con más frecuencia de suministros de agua insuficientes para la vegetación. Estas condiciones han requerido el desarrollo de métodos de evaluación y servicios de vigilancia y alerta de la sequía, que ayuden no solo a darle seguimiento, sino a prevenirla con tiempo suficiente para minimizar los daños que pudiera ocasionar.

En el mundo es bien conocido el impacto negativo que originan las condiciones adversas resultantes de la sequía. En tiempos de sequía la disminución del rendimiento de los cultivos agrícolas alcanza de 20% a 30% y en casos extremos puede llegar a alcanzar valores entre 40 y 45%, incluso hasta la pérdida de la cosecha, si el evento extremo actuó con severidad sobre determinadas

fases de desarrollo que son importantes y deciden el rendimiento final, tales como la floración y la formación de la cosecha. La sequía afecta también el suministro de alimentos a la población, puede provocar una migración masiva de personas del campo a las ciudades y favorece las condiciones de peligro potencial de incendios en la vegetación.

Según Sivakumar (2002), hay un número de componentes que pueden ser considerados esenciales en la presentación de la descripción de la sequía en una región determinada. Ellos incluyen información sobre el inicio y el fin de este evento extremo, la intensidad, la duración, la extensión espacial del episodio específico de sequía y el análisis del riesgo del fenómeno y su efecto probable sobre la producción agrícola.

Los índices agroclimáticos obtenidos de las variables meteorológicas básicas indican, de una manera general, el inicio, la extensión espacial, la intensificación y el fin de la sequía, pero no pueden ser de utilidad para la evaluación de la Sequía Agrícola y la producción de alimentos, ya que el problema de la Sequía Agrícola concierne a los aspectos físicos y biológicos de las plantas y su interacción activa con el medio ambiente. Por consiguiente, cualquier estudio y desarrollo del índice de Sequía Agrícola deberá reflejar realmente y con exactitud este fenómeno complejo y también deberá definir en que grado las plantas son perjudicadas en su crecimiento y desarrollo por las tensiones a que han estado sometidas las plantas en estrés debido al déficit de humedad y cuantificar detalladamente el suministro y la demanda de agua en el complejo suelo-planta - atmósfera. Por tanto, los índices de Sequía Agrícola son desarrollados fundamentalmente a partir de la precipitación, evaporación, evapotranspiración, contenido de agua en el suelo y estado de desarrollo de los cultivos.

Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), "hay Sequía Agrícola cuando la cantidad de precipitación y su distribución, las reservas de agua del suelo y las pérdidas debidas a la evaporación se combinan para causar disminuciones considerables del rendimiento de los cultivos y del ganado". El resultado de ello es una producción alimentaria deprimida, condiciones inadecuadas de pastoreo, una baja rentabilidad de los trabajos y de las inversiones agrícolas, una disponibilidad menor de madera para la combustión, un peligro mayor de ocurrencia de incendios en la vegetación, un riesgo mayor de desertificación y las consecuencias sociales y económicas vinculadas a la sequía, incluida una inseguridad en los suministros alimentarios.

El objetivo general de este trabajo fue evaluar la

extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba, en cada año natural (1 de enero a 31 de diciembre), del período 1951 - 1990, en una escala adecuada para fines exploratorios a nivel nacional, por regiones, provincias y municipios.

MATERIALES Y METODOS

Solano y Vázquez (1999a y 1999b) describieron un método generado por ellos para detectar y seguir la evolución de la Sequía Agrícola a partir del seguimiento de las condiciones de vegetación de las plantas. Según Solano *et al.* (2000a y 2000b) y Solano y Vázquez (2002), este método, expresado en términos de contenido de agua en el suelo en la rizosfera explicó con muy buena aproximación la evolución temporal, espacial y de la intensidad de la Sequía Agrícola al nivel de localidad, municipio, provincia, región y nación hasta el comienzo del año 2003. Durante este año Solano *et al.* (2003a), ajustaron el modelo de balance hídrico del suelo en la rizosfera, según el método tradicional empleado por la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), modificado con las

recomendaciones expuestas por Allen *et al.* 1998, lo simplificaron y calibraron algunos cálculos de sus elementos principales para utilizarlo en el servicio de vigilancia operacional y en la investigación agrometeorológica y lo expresaron en términos de agotamiento de agua en la rizosfera, utilizando los métodos propuestos por la Comisión Internacional de Riego y Drenaje, la OMM y la FAO y planteados en el Estudio FAO No. 56 de la serie Riego y Drenaje. Estos métodos actualizados son descritos por Solano *et al.* (2004), Solano *et al.* (2005a) y Solano *et al.* (2005b).

Para determinar la Sequía Agrícola se requiere hallar con precisión la demanda y el suministro de agua de cada componente del complejo suelo planta atmósfera. Una síntesis del proceso seguido para diagnosticar la Sequía Agrícola mediante la combinación de herramientas disponibles en diferentes programas de computación, tales como: los tabuladores electrónicos (hojas de cálculo de EXCEL), y los Sistemas de Información Geográfica (SIG): SURFER 7.0, Mapinfo 6.5 y Vertical Mapper 3.0, se expone en el esquema mostrado en la Figura 1.

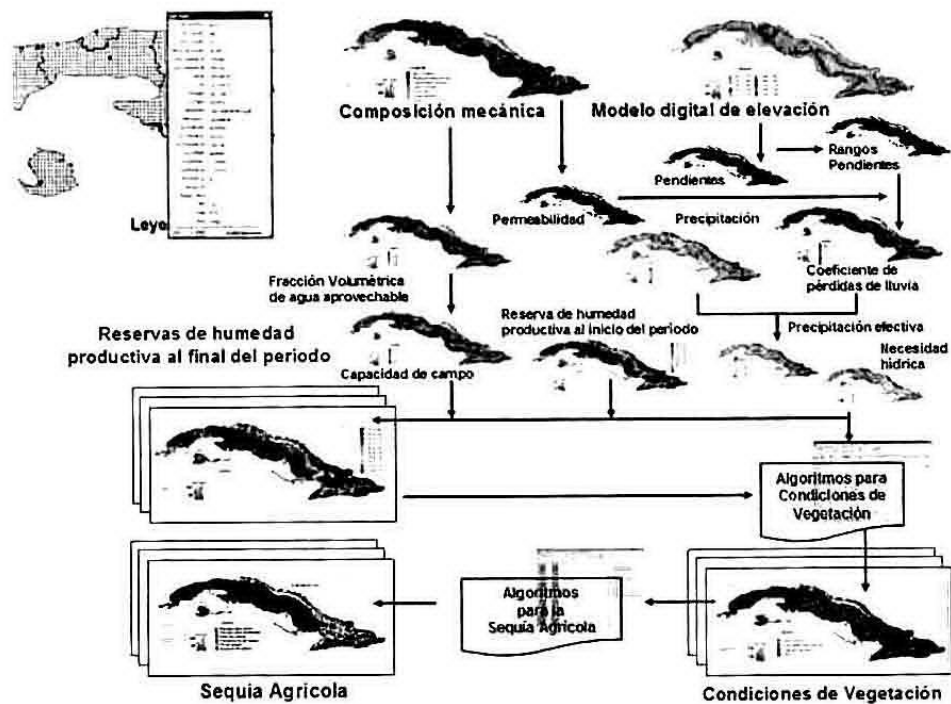


Fig. 1. Esquema de las operaciones realizadas para diagnosticar la Sequía Agrícola en Cuba mediante la utilización de los SIG.

Por el carácter exploratorio de esta investigación se generó un reticulado para el país cuya cuadrícula o punto de rejilla (píxel) representa una resolución espacial de 4 km de lado, sin embargo, de ser necesario, los métodos empleados permiten obtener información de la extensión superficial de la Sequía Agrícola a través de la interpolación para cuadrículas de 1 km². Los límites geográficos del rectángulo para la conformación de la rejilla fueron: x mínima: 82000, x máxima: 1234000, y mínima: 2000, y máxima: 378000, paso 4000, lo cual generó una red de 289 columnas y 95 filas. Los valores están referidos a la proyección Cónica Conforme de Lambert para Cuba Norte, expresados en metros Norte y Este.

Las variables climáticas utilizadas en la presente

investigación fueron extraídas de las bases de datos del Instituto de Meteorología, en total 62 estaciones meteorológicas con información climática correspondiente al período 1975 - 2003. La información de la precipitación se obtuvo de las bases de datos del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y del Instituto de Meteorología en total 809 estaciones (Figura 2) y de ellas 565 con información pluviométrica correspondiente al período 1951-1990 y 244 al período 1961-1990. Las observaciones meteorológicas fueron realizadas por los métodos convencionales aprobados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y los datos fueron sometidos a un riguroso control de su calidad, fueron validados y homogeneizados.

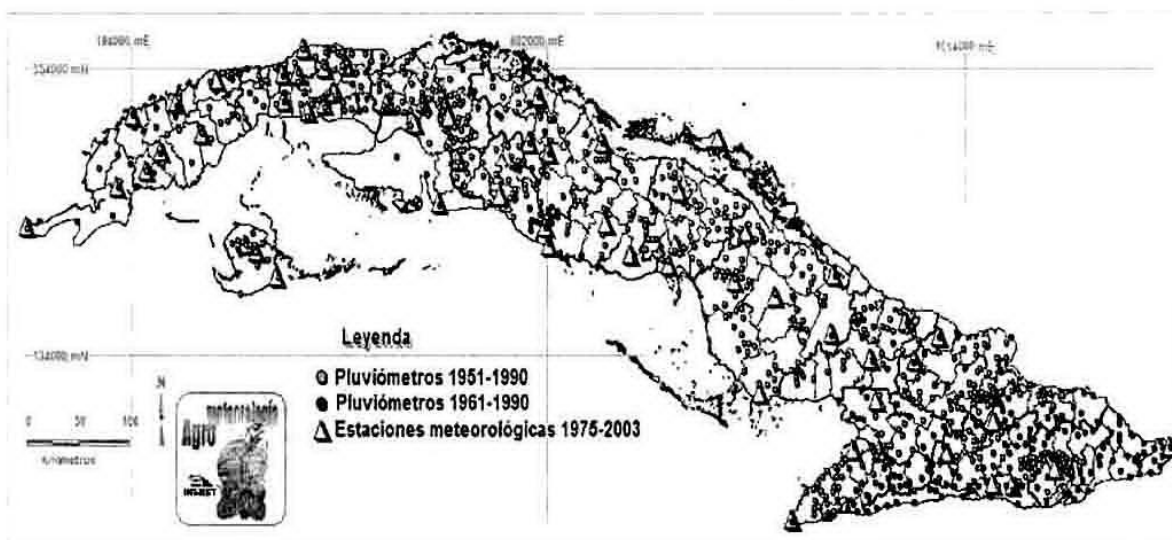


Fig. 2. Red de estaciones de observación empleada en los estudios de investigación de la Sequía Agrícola en Cuba.

Sobre la base del seguimiento de los períodos de tiempo seco evaluados por el índice de humedecimiento de la vegetación (Solano *et al.*, 2003b), y la escala propuesta por Solano *et al.* (2000a) que permite diagnosticar el inicio, fin y duración de la Sequía Agrícola, en función de las condiciones de estrés hídrico que afectan a la vegetación predominante en la zona estudiada, la evolución del estado de la Sequía Agrícola se ha conceptualizado en seis categorías.

Período seco corto. Esta categoría expresa que ha sucedido un período seco en el cual la vegetación ha agotado la reserva de humedad productiva del suelo y

ha permanecido en estrés hídrico moderado a severo durante las siguientes dos décadas.

-Período seco moderado. Se corresponde con aquel período seco que ha mantenido a la vegetación en estrés hídrico moderado o severo, por un período adicional de una década, a la categoría descrita anteriormente y cuya duración ha sido mayor o igual a tres décadas posteriores al inicio del agotamiento del agua del suelo.

Inicio de Sequía Agrícola. Comprende aquel período seco que ha mantenido sometida a la vegetación en estrés hídrico moderado o severo, por un período

adicional de una década, a la categoría descrita anteriormente y cuya duración ha sido mayor o igual a cuatro décadas posteriores al inicio del agotamiento del agua del suelo..

.Permanencia de Sequía Agrícola. Esta categoría indica el establecimiento de la Sequía Agrícola. La Sequía Agrícola, en este caso, ha mantenido sometida a la vegetación en estrés hídrico moderado o severo, por un período adicional de una década, a la categoría ya descrita anteriormente y su duración ha sido mayor o igual a cinco décadas posteriores al inicio del agotamiento del agua del suelo.

.Fin de Sequía Agrícola. Comienza con la primera década, entre dos décadas consecutivas, donde se presentan condiciones húmedas después de un período seco, pudiendo haber entre ellas un período seco que ocasione estrés hídrico ligero a las plantas.

.Ausencia de Sequía Agrícola. Se corresponde con aquel período en el cual las condiciones agrometeorológicas no originan períodos secos ni sequía. En este caso, las plantas pueden lograr rendimientos aceptables e incluso llegar a obtener sus máximos rendimientos.

La escala para la evaluación de la extensión espacial de la Sequía Agrícola, mostrada en la Tabla 1, presenta siete categorías de acuerdo al porcentaje del área del territorio evaluado que se encuentra en diferentes categorías de Sequía Agrícola en su proceso de evolución, respecto a la suma total del área que contenga el territorio evaluado.

Tabla 1. Evaluación de la Sequía Agrícola atendiendo a su extensión espacial.

Categoría de diagnóstico de la Sequía Agrícola	Umbral mínimo (%)	Porcentaje del territorio evaluado que se encuentra en diferentes categorías de Sequía Agrícola, respecto a la suma total del área del territorio evaluado	Umbral máximo (%)
Ausencia	0	≤ X <	5
Muy pequeña	5	≤ X <	20
Pequeña	20	≤ X <	40
Mediana	40	≤ X ≤	60
Grande	60	< X ≤	80
Muy grande	80	< X ≤	95
Total	95	< X ≤	100

Al realizar este trabajo, las seis categorías mostradas para evaluar el estado de evolución de la Sequía Agrícola son simplificadas a tres de la siguiente forma: las dos primeras integran una nueva categoría llamada **Períodos Secos Cortos**, las dos últimas, forman una nueva categoría nombrada **Ausencia de Sequía Agrícola** y las dos centrales, **Presencia de Sequía Agrícola**. Sobre la extensión superficial de esta última categoría en Cuba versa este trabajo científico.

RESULTADOS

Los mapas de la distribución espacial de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba para cada año del período 1951 - 1990 evaluados por puntos de rejilla y expresados por municipios, muestran el diagnóstico de la extensión superficial de la Sequía Agrícola de cada municipio del país, considerando a la Ciudad de La Habana como un término municipal. Como ejemplo se muestran dos de la secuencia de 40 mapas elaborados, y en este caso, se han seleccionado los mapas correspondientes a los años 1983 y 1989.

El año 1983 inició con la influencia de la fase cálida del ENOS y finalizó con la fase fría. Al comienzo del año las lluvias fueron numerosas en forma de precipitaciones localmente intensas y afectaron fundamentalmente la mitad occidental del país. A continuación sucedió uno de los eventos de sequía más severos del país, el cual afectó principalmente las provincias orientales y algunas provincias centrales.

La Figura 3 muestra la distribución espacial de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba en el año 1983, por municipios. En general la región occidental, la de menos extensión superficial afectada por la Sequía Agrícola tuvo evaluaciones municipales desde la ausencia de Sequía Agrícola hasta la extensión superficial grande, en el municipio Varadero (72%). Se puede observar el predominio de la categoría "muy pequeña" en los municipios afectados. En la región central pueden observarse evaluaciones municipales de la extensión superficial de la Sequía Agrícola desde muy pequeña hasta mediana, predominando en este caso en la región la categoría "pequeña" de Sequía Agrícola. En la región oriental, la más afectada por la Sequía Agrícola, puede observarse el predominio de la categoría de extensión superficial "grande", aunque se aprecian municipios con afectaciones desde la categoría muy pequeña hasta la de cobertura total del municipio.



Fig. 3. Diagnóstico de la distribución espacial de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba, durante el año 1983.

En la Figura 4 se muestra la distribución espacial de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba en el año 1989, por municipios. En general la mitad occidental, la de menos extensión superficial afectada por la Sequía Agrícola tuvo evaluaciones municipales desde la categoría "pequeña" hasta la "grande", predominando la categoría de extensión superficial mediana en la mitad más occidental del país. En la región central pueden apreciarse diagnósticos municipales de la extensión superficial de la

Sequía Agrícola desde pequeña hasta muy grande, predominando en este caso en la región la categoría "grande" de Sequía Agrícola. En la mitad oriental predominaron las categorías "grande" y "muy grande", aunque se observan evaluaciones de la extensión superficial de la Sequía Agrícola entre las categorías "mediana" y "total", siendo la mitad oriental la más afectada por la extensión superficial de este evento climático extremo.

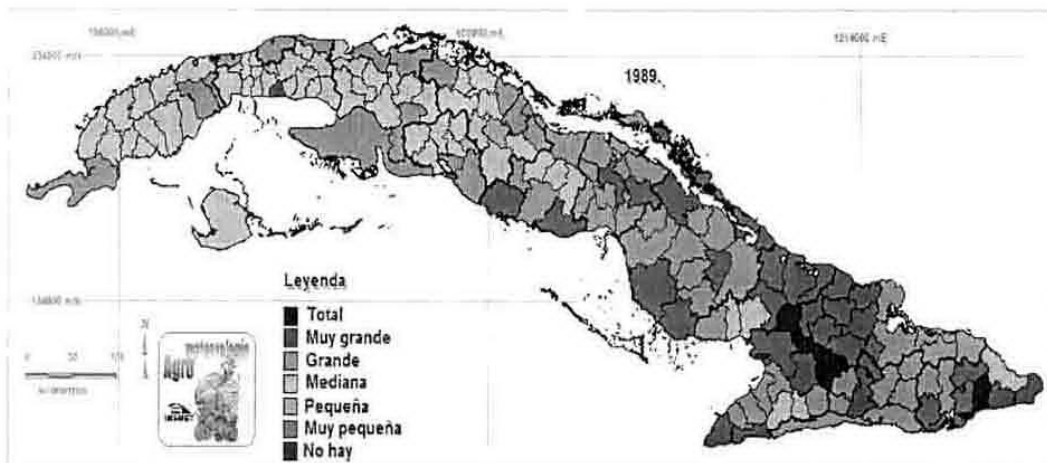


Fig. 4. Diagnóstico de la distribución espacial de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba, durante el año 1989.

En la Tabla 2 muestra la evaluación anual de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba, sus tres regiones y provincias, para cada año del período estudiado, expresada en porcentaje de área afectada respecto a la superficie total de cada una de ellas. En ella se puede observar que la mayor extensión superficial de la Sequía

Agrícola en Cuba en un año natural (70% del área total del país) ocurrió en el año 1986, un año normal, sin la influencia de fases cálida o fría del evento ENOS y la menor extensión (43%) se presentó en el año 1969, bajo la influencia de la fase cálida del ENOS.

Tabla 2. Extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba, sus tres regiones y provincias, para cada año natural del período estudiado, expresada en porcentaje de área afectada respecto a la superficie total de cada una de ellas.

	Regiones	Región Occidental								Región Central					Región Oriental				
		Oc	Ce	Ot	PR	LII	CII	Mt	IJ	Cf	VC	SS	CA	Cy	LT	Ho	Gr	SC	Gu
1951	66	62	66	69	64	62	61	57	71	75	55	62	65	70	81	63	62	64	81
1952	60	52	55	73	58	43	51	49	58	88	52	43	56	52	74	70	61	76	91
1953	57	41	53	76	40	37	25	43	54	67	39	45	54	60	82	76	69	66	86
1954	45	37	53	44	27	33	32	46	54	94	44	54	53	45	57	39	47	35	42
1955	57	54	57	61	47	55	68	58	56	92	54	50	51	56	68	57	61	53	66
1956	68	69	74	58	61	67	75	76	80	97	74	72	81	68	74	56	54	44	64
1957	55	53	49	63	61	41	50	49	56	95	35	46	46	46	56	64	63	58	78
1958	46	28	40	69	27	24	24	31	20	74	33	33	36	39	74	74	67	49	79
1959	60	52	56	73	54	41	45	50	78	86	48	42	54	60	85	72	63	57	89
1960	46	44	43	52	48	37	35	43	45	63	35	46	43	42	61	48	46	40	68
1961	68	62	73	69	58	59	68	66	65	92	64	59	82	73	69	70	69	67	68
1962	64	53	67	71	48	54	48	57	50	69	54	53	80	73	85	73	64	65	66
1963	60	61	64	53	56	65	73	62	62	60	74	52	75	61	59	58	51	51	45
1964	49	46	47	53	48	47	53	47	34	49	43	42	49	50	47	55	53	55	57
1965	64	59	66	67	54	55	53	65	60	64	66	63	74	63	65	76	69	58	65
1966	48	45	47	52	46	38	25	49	45	44	47	40	52	48	60	52	50	45	56
1967	63	52	60	76	50	49	56	54	51	53	64	56	62	60	75	76	78	81	69
1968	52	38	44	73	36	36	43	39	47	41	40	40	46	47	66	72	68	80	80
1969	43	28	41	58	30	31	38	25	25	29	33	37	44	48	54	58	57	63	57
1970	60	53	56	71	49	52	77	59	46	49	50	45	62	61	75	77	68	73	61
1971	63	56	62	72	61	55	62	51	58	48	54	49	74	69	81	72	67	73	67
1972	52	46	49	60	47	40	45	46	48	48	52	41	53	49	65	55	67	61	55
1973	56	57	51	60	57	55	76	55	60	56	52	49	50	50	64	67	56	59	52
1974	61	63	58	63	60	67	86	64	52	63	55	61	61	56	59	60	67	68	62
1975	66	54	67	75	55	55	57	53	48	50	63	60	75	73	71	82	70	72	77
1976	61	51	58	74	48	44	55	56	53	51	52	54	63	63	67	79	73	77	73
1977	53	43	53	61	37	37	43	50	54	46	51	50	57	55	66	65	58	58	57
1978	44	35	42	54	27	34	22	41	42	44	35	40	40	46	54	53	55	54	52
1979	49	39	52	56	32	40	47	44	41	58	59	44	50	51	64	67	53	38	49
1980	49	47	43	57	37	52	60	52	45	45	43	42	44	43	45	57	61	61	62
1981	63	57	62	69	56	54	51	56	72	58	56	56	68	65	69	77	71	64	58
1982	59	54	58	63	47	47	48	64	54	63	59	51	64	58	64	64	63	65	60
1983	46	25	42	70	18	16	14	34	32	30	32	35	46	50	65	76	71	66	68
1984	61	61	58	65	59	65	44	66	49	65	63	58	66	52	63	68	62	69	61
1985	61	63	56	66	62	59	85	65	64	60	48	45	64	59	63	66	68	70	64
1986	70	66	70	75	67	58	65	72	53	66	72	60	75	72	78	82	77	72	60
1987	64	61	64	67	61	53	49	63	73	56	54	66	67	69	69	70	67	62	68
1988	52	46	47	64	40	44	36	55	40	50	44	39	46	52	65	64	61	57	73
1989	68	56	70	78	54	53	63	59	53	55	55	70	73	79	81	78	78	73	81
1990	65	61	68	65	61	51	61	62	75	54	66	78	75	65	64	68	61	65	69
Año m.	57	51	56	65	49	48	52	53	53	61	52	51	59	57	67	66	63	62	66

En la Figura 5 se muestran los mapas del diagnóstico de la distribución espacial de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba para cada año natural del período 1951 - 1960. Si se compara la extensión superficial de la Sequía Agrícola en la región oriental en la década de los años 50s y se evalúa el comportamiento de este índice agroclimático en los municipios de la zona central de la cuenca del Cauto (Jobabo, Majibacoa y Las Tunas, en la

provincia del mismo nombre, Calixto García, Cacocum y Urbano Noris, en la provincia Holguín y Río Cauto, Cauto Cristo y Jiguaní, en la provincia Granma), la cobertura superficial media anual de la Sequía Agrícola en la zona estudiada alcanzó 73% de la superficie total, por municipios osciló entre 61 y 79% del área total de los mismos y de ella en un 28% de los casos, la extensión espacial de la sequía fue muy grande, un 53% grande y un 19% mediana.

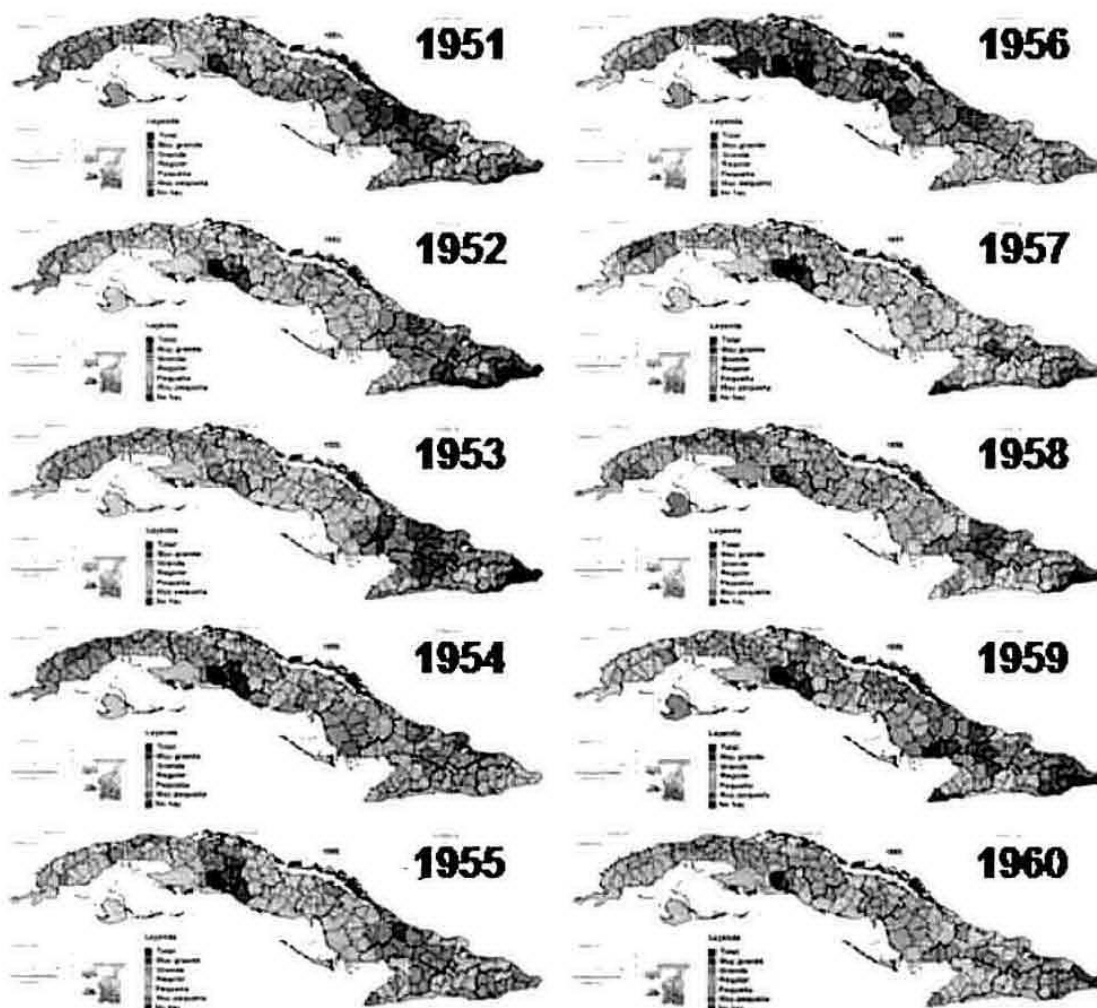


Fig. 5. Mapas del diagnóstico de la distribución espacial de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba para cada año natural del período 1951 - 1960.

La mayor extensión superficial media de la Sequía Agrícola en la región oriental, durante el período lluvioso de los años de la década del 50 se registró en el año 1953 (76%), sin embargo, en los municipios estudiados de la zona central de la cuenca del Cauto este año alcanzó 83%. La menor cobertura espacial en la región oriental ocurrió en el año 1954 (44%) y en los municipios estudiados de la zona central de la cuenca del Cauto este año alcanzó 57%, siendo éste el valor mínimo de la década del 50. La mayor extensión superficial de la Sequía Agrícola en los municipios seleccionados en la zona central de la cuenca

del Cauto ocurrió en el año 1951 (84%), mientras que en la región oriental alcanzó en ese mismo año un valor medio de 69%.

La Figura 6 muestra los mapas del diagnóstico de la distribución espacial de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba para cada año natural del período 1961 - 1970. Si se continúan utilizando los municipios seleccionados en el análisis de la figura anterior, para el análisis de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en la zona central de la cuenca del Cauto en la década de los años 60s, la cobertura superficial media anual de la Sequía

Agrícola en la zona estudiada alcanzó 70% de la superficie total, por municipios osciló entre 62 y 82% del área total de los mismos y de ella, en un 7% de los casos, la extensión superficial de la sequía fue total, un 16% muy grande, un 50% grande y un 27% mediana.

La mayor extensión superficial media de la Sequía Agrícola en la zona central de la cuenca del Cauto, durante cada año natural de la década del 60. se registró en el año

1967 (88%), sin embargo, en la región oriental este año alcanzó 76%. La menor cobertura espacial media anual en la zona central de la cuenca del Cauto ocurrió en el año 1969 (59%), mientras que en la región oriental se registró 58% ese mismo año. Sin embargo, el mayor valor de la región oriental ocurrió en el año 1966 (52%) y en los municipios estudiados de la zona central de la cuenca del Cauto este año alcanzó 59%.

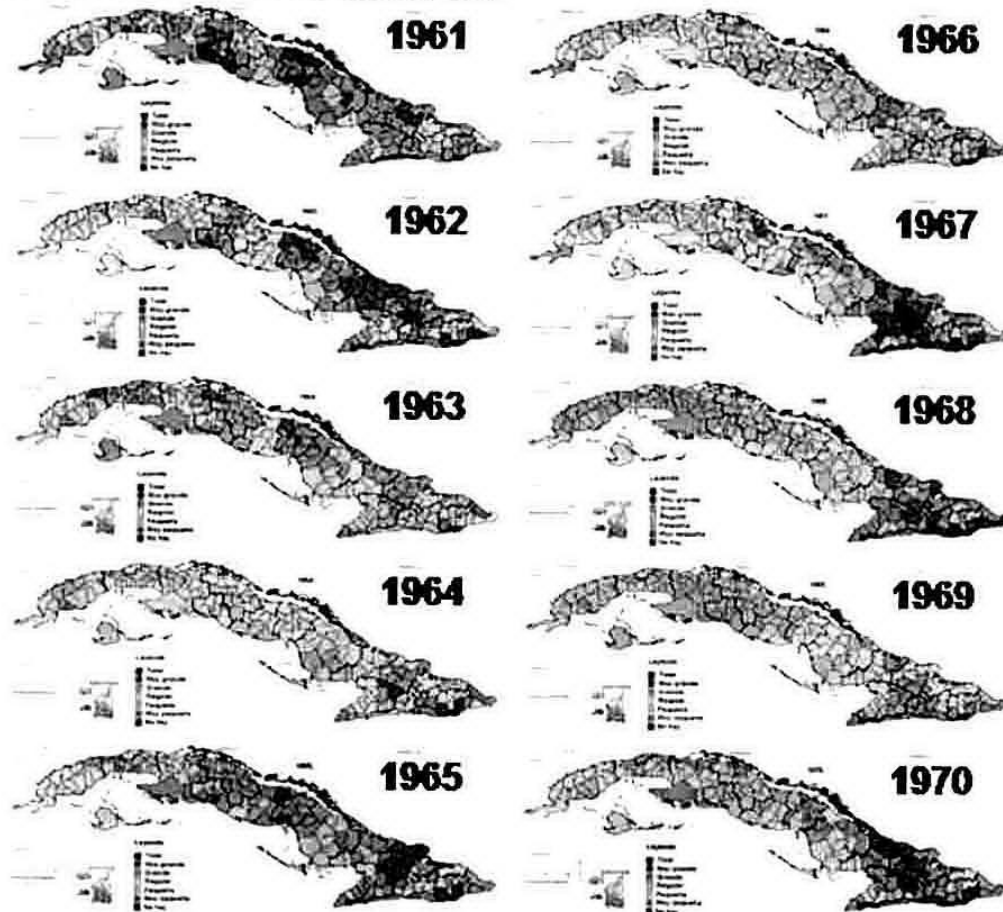


Fig. 6. Mapas del diagnóstico de la distribución espacial de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba para cada año natural del período 1961 - 1970.

La Figura 7 muestra los mapas del diagnóstico de la distribución espacial de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba para cada año natural del período 1971 - 1980. Si se continúan utilizando los municipios seleccionados en el análisis de la figura anterior, para el análisis de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en la zona central de la cuenca del Cauto en la década de los años 70s, la cobertura superficial media anual de la Sequía Agrícola en la zona estudiada alcanzó 68% de la superficie total, por municipios osciló entre 58 y 79% del área total de los mismos y de ella, en un 1% de los casos, la extensión espacial de la sequía fue muy grande, un 13% grande, un 60% mediana y un 26% pequeña.

La mayor extensión superficial media de la Sequía Agrícola en la zona central de la cuenca del Cauto, durante

un año natural en la década del 70, se registró en el año 1971 (79%), sin embargo, en la región oriental este año alcanzó 72%. La menor cobertura espacial media anual en la zona central de la cuenca del Cauto ocurrió en el año 1978 (58%), mientras que en la región oriental se registró 54% ese mismo año. Sin embargo, el mayor valor de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en la región oriental ocurrió en el año 1975 (75%) y en los municipios estudiados de la zona central de la cuenca del Cauto este año alcanzó 74%; y el menor valor de la cobertura espacial de la Sequía Agrícola en la región oriental ocurrió en el año 1973 (60%) y en los municipios estudiados de la zona central de la cuenca del Cauto, la extensión superficial de la Sequía Agrícola este año alcanzó 64%.

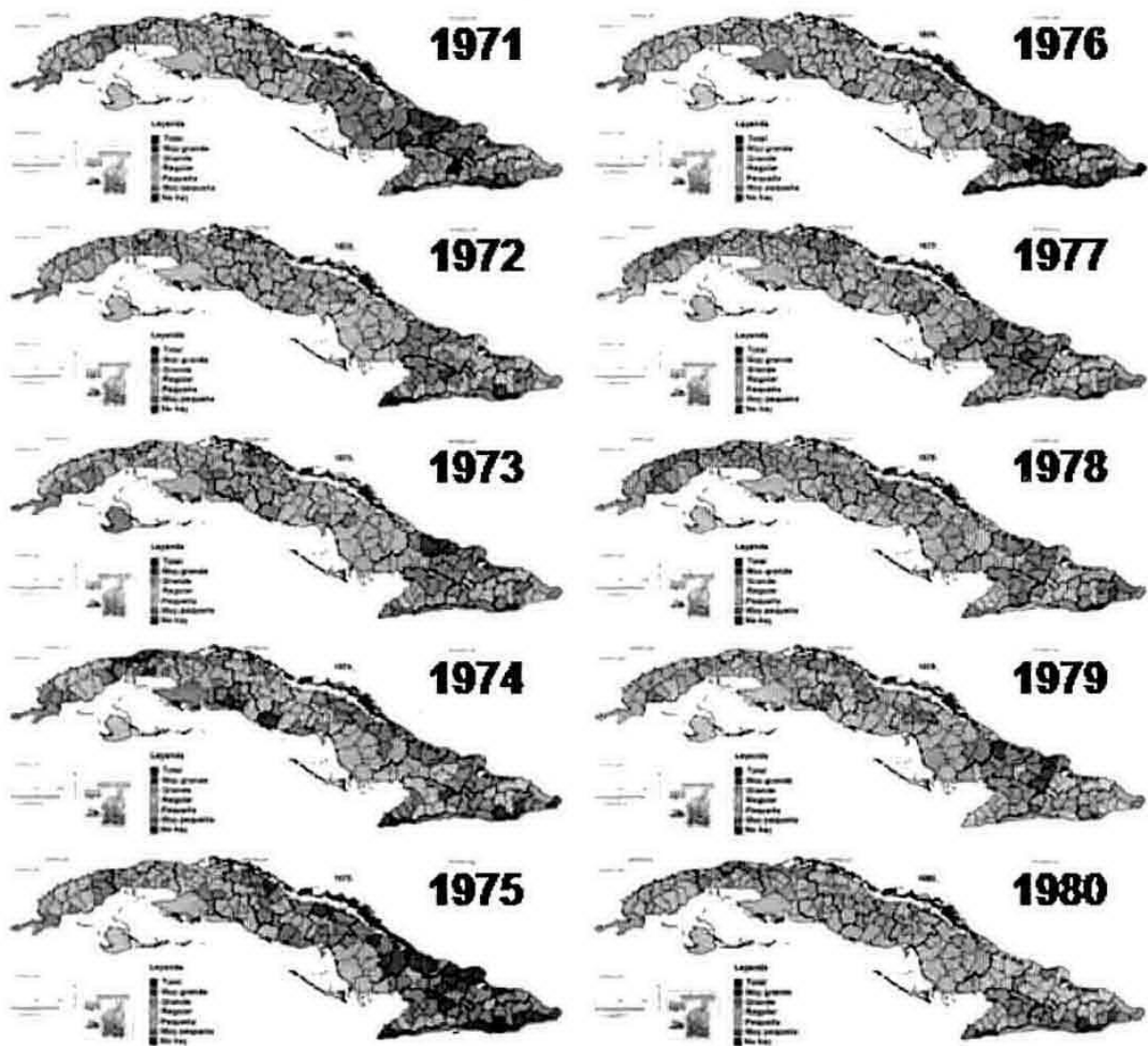


Fig. 7. Mapas del diagnóstico de la distribución espacial de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba para cada año natural del período 1971 - 1980.

La Figura 8 muestra los mapas del diagnóstico de la distribución espacial de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba para cada año natural del período 1981 - 1990. Si se continúan utilizando los municipios seleccionados en el análisis de la figura anterior, para el análisis de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en la zona central de la cuenca del Cauto en la década de los años 80s, la cobertura superficial media anual de la Sequía Agrícola en la zona estudiada alcanzó 75% de la superficie total. Por municipios osciló entre 61 y 86% del área total de los mismos y de ella en un 3% de los casos la extensión espacial de la sequía fue muy grande, un 35% grande, un 48% mediana y un 14% pequeña.

La mayor extensión superficial media de la Sequía Agrícola en la zona central de la cuenca del Cauto, durante un año natural de la década del 80 se registró en el año 1989 (87%), sin embargo, en la región oriental este año alcanzó 78%. La menor cobertura espacial media anual en la zona central de la cuenca del Cauto ocurrió en el año 1990 (67%), mientras que en la región oriental se registró 65% ese mismo año. Sin embargo, el menor valor de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en la región oriental ocurrió en el año 1982 (63%) y en los municipios estudiados de la zona central de la cuenca del Cauto la extensión superficial de la sequía Agrícola alcanzó este año un 74%.

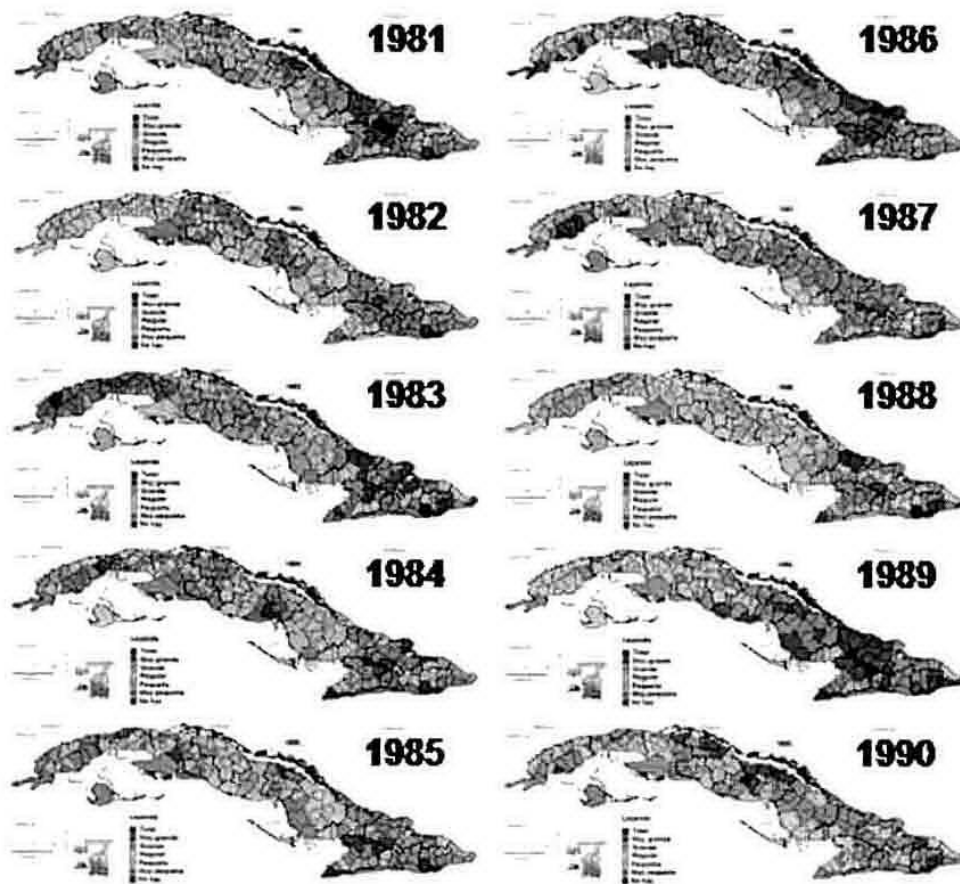


Fig. 8. Mapas del diagnóstico de la distribución espacial de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba para cada año natural del período 1981 - 1990.

Los resultados del análisis de la comparación entre la extensión superficial de la Sequía Agrícola registrada en una región del país con la de una zona de su interior indica que pueden encontrarse otras zonas del interior de la región donde la extensión superficial, expresada en porcentaje de superficie cubierta por la Sequía Agrícola, respecto al área total de la zona analizada difiera de la región a la que ésta pertenece. En este caso, el porcentaje cubierto por la Sequía Agrícola, en la zona central de la cuenca del Cauto en un año medio, respecto a su área total, suele ser aproximadamente un 6% mayor que el porcentaje cubierto por la Sequía Agrícola, en la región oriental en un año natural, respecto a su área total.

El desarrollo de los nuevos productos agroclimáticos sobre la evaluación de la Sequía Agrícola generados en esta investigación proveen información relevante para evaluar la amenaza de la extensión superficial de la Sequía Agrícola sobre la agricultura en diferentes zonas del país para un año natural medio y poder manejar el riesgo climático en la selección de mejores decisiones estratégicas y en la determinación de tácticas de operaciones agrícolas.

Un manejo eficiente del riesgo climático en las estrategias proactivas de gestión y prevención de riesgos

puede permitir tomar acciones a corto y largo plazos que mitiguen los efectos de la Sequía Agrícola, tales como la obtención de cultivos y variedades resistentes a la sequía, la planificación de las fechas de siembra, la selección de variedades tempranas o tardías atendiendo a la amenaza de la extensión superficial de la Sequía Agrícola para la localidad donde ellas se pretenden establecer, la planificación de sistemas de irrigación adecuados a las condiciones climáticas del lugar, etc.

Los resultados de la evaluación espacial de la Sequía Agrícola en Cuba, generados y mostrados en este trabajo sientan las bases para acometer nuevas investigaciones agroclimáticas y del riesgo que origina este evento climático extremo, proveen información relevante de alta resolución y calidad a los gestores de riesgos agrícolas y pueden beneficiar a agricultores, aseguradores del sector agrícola, agentes, extensionistas interesados y entidades gubernamentales involucradas en la generación y el suministro de alimentos cuando trazan sus estrategias y tácticas a lo largo de la campaña agrícola y a través de múltiples campañas, al planificar fuentes alternativas de alimentos e incluso, para apoyar decisiones financieras o de financiación que garanticen la sostenibilidad de los agricultores y las pérdidas de cultivos y animales de

granja. Lo anterior mejora la interpretación de la Sequía Agrícola y de las salidas de los servicios agrometeorológicos y por tanto, a la ampliación del conocimiento científico de la sequía en Cuba.

CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados en el estudio de la evaluación espacial de la Sequía Agrícola en Cuba muestran las condiciones de la extensión superficial de este evento climático extremo en cada año natural, en una escala adecuada para fines exploratorios a nivel nacional, regional provincial y municipal, para el período 1951 - 1990, lo que constituye una valiosa herramienta para abordar los problemas relacionados con la vulnerabilidad, la evaluación de riesgos y de lucha contra la sequía en particular, la prevención y la preparación de las comunidades para atenuar sus efectos negativos, contribuyen a la ampliación del conocimiento científico de la sequía en Cuba y sientan las bases para acometer nuevas investigaciones agroclimáticas y del riesgo que origina este evento climático adverso.

Los resultados de la investigación de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en cada uno de los años estudiados a escala nacional, regional y provincial proveen una información relevante de alta resolución y calidad para determinar el área que normalmente es afectada en un año natural, las zonas del país más o menos amenazadas y para evaluar la cobertura espacial de la Sequía Agrícola de un año específico respecto a las condiciones normales.

La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la información agroclimática obtenida y organizada en bases de datos digitales permitió generar una secuencia de 40 mapas de la distribución espacial en Cuba de la extensión superficial de la Sequía Agrícola, a escala municipal, para cada uno de los años del período 1951 a 1990.

- Allen, R., L. Pereira, D. Raes y M. Smith. 1998.** "Crop evapotranspiration - Guidelines for computing-crop water requirements". In FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 301 p.
- Centella, A., I. Naranjo, L. Paz, P. Cárdenas, B. Lapinel, M. Ballester, R. Pérez, A. Alfonso, C. González, M. Limia y M. Sosa 1997.** "Variaciones y cambios del clima en Cuba". Informe Técnico. Centro Nacional del Clima, Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba, 58 p.
- Sivakumar, M. V. K. 2002.** "Drought Information in Agrometeorological Bulletins". Proceedings of the Inter Regional Workshop on Improving Agrometeorological Bulletins. Bridgetown, Barbados. AGM-5 WMO/TD No. 1108. 15 19 October, 2001. Pp. 237-248.
- Solano, O y R. Vázquez. 1999a.** "Modelo agrometeorológico de evaluación de la Sequía Agrícola". Disco de las publicaciones de los trabajos presentados en la Convención Trópico'99, en el Congreso de Meteorología Tropical. Palacio de Convenciones de La

Habana, Cuba. Referencia MT 026. 4 p.

- Solano, O. y R. Vázquez. 1999b.** "Sistema de seguimiento agrometeorológico decadal de la Sequía Agrícola". Disco de las publicaciones de los trabajos presentados en la Convención Trópico'99, en el Congreso de Meteorología Tropical. Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba, Ref. MT 009. 5 p.
- Solano, O., R. Vázquez, C. J. Menéndez y J. A. Menéndez. 2000a.** "Sistema Agrometeorológico Operativo para la Detección y Seguimiento de la Sequía Agrícola en Cuba". En Actas de la Reunión de Expertos de las Asociaciones Regionales III y IV Sobre Fenómenos Meteorológicos Adversos. Caracas, Venezuela, 12 14 de julio de 1999. Pp 45 - 54.
- Solano, O., R. Vázquez y E. Pérez. 2000b.** "Evaluación de la Sequía Agrícola de 1998 y 1999 en Cuba". En Actas de la Reunión de Expertos de las Asociaciones Regionales III y IV Sobre Fenómenos Meteorológicos Adversos. Caracas, Venezuela, 12 14 de julio de 1999. Pp 21 29.
- Solano, O. y R. Vázquez. 2002.** "Estudio de caso de la Sequía Agrícola en las cinco provincias más orientales de Cuba". Disco compacto de las Memorias del Primer Seminario Taller "La Física en la Meteorología". Ciudad de La Habana. Cuba. 23 p.
- Solano, O., R. Vázquez, J.A. Menéndez y M.E. Martín. 2003a.** "Modelo agroclimático de balance hídrico del suelo. Formulación y representación espacial". Informe científico técnico de resultado de investigación. Proyecto "Pronostico de peligro de incendios forestales su seguimiento y evolución, utilizando técnicas de observación terrestre y la percepción remota". Instituto de Meteorología. La Habana. 30 p.
- Solano, O., R. Vázquez, J.A. Menéndez y M.E. Martín. 2003b.** "Modelo agroclimático para el cálculo del índice de humedecimiento modificado". Informe científico técnico de resultado de investigación. Proyecto "Pronostico de peligro de incendios forestales su seguimiento y evolución, utilizando técnicas de observación terrestre y la percepción remota". Instituto de Meteorología. La Habana. 22 p.
- Solano, O., R. Vázquez, J.A. Menéndez C. Menéndez y M.E. Martín. 2004.** "Manual de técnicas y procedimientos para el desarrollo de la climatología de la Sequía Agrícola". Informe científico técnico de resultado de investigación. Proyecto PNUD-CUBA RLA/01/013 "Strengthening Links Between Development and Climate Change Adaptation in the Caribbean". Instituto de Meteorología. La Habana. 57 p.
- Solano, O., R. Vázquez, C. Menéndez y M.E. Martín. 2005a.** "Informe científico técnico de resultado de investigación". Proyecto PNUD-CUBA RLA/01/013 "Strengthening Links Between Development and Climate Change Adaptation in the Caribbean". Instituto de Meteorología. La Habana. 111 p.
- Solano, O., R. Vázquez, C. Menéndez, J.A. Menéndez y M.E. Martín. 2005b.** "Evaluación de la Sequía Agrícola en Cuba". Revista Cubana de Meteorología. Instituto de Meteorología. Vol. 12 No. 2 La Habana, Pp 3-14.