

ESTUDIO DE LA EXTENSIÓN SUPERFICIAL DE LA SEQUÍA AGRÍCOLA EN CUBA. PARA LAS 36 DÉCADAS DE UN AÑO NATURAL MEDIO.



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

Instituto de Meteorología
Apartado postal 17032 CP 11700, Ciudad de La Habana
República de Cuba
Telf: 537 8670714
E-mail: ranses.vazquez@insmet.cu , oscar.solano@insmet.cu

RESUMEN

El objetivo general de este trabajo fue determinar el valor histórico de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba, para las 36 décadas de un año natural medio (1 de enero al 31 de diciembre), en una escala adecuada para fines exploratorios y para el período 1951 – 1990. 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 efectuar los cálculos 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 áreas espaciales municipales. Los resultados son expuestos mediante una secuencia de 36 mapas, tablas y gráficos que caracterizan la extensión superficial de la Sequía Agrícola en cada una de las décadas de un año natural 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, for the 36 decades of a average natural year (January 1st at December 31st), in an appropriate scale for exploratory aim and for the 1951 – 1990 period. 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 Geographical Information Systems it was represented the information spacely and the mean values of the drought index were calculated for municipal areas. The results are exposed as a sequence of 36 maps, charts and graphics that characterize the superficial extension of the Agricultural Drought in each one of the decades of a 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:

INTRODUCCIÓN

Las sequías, las inundaciones, las tormentas tropicales y otros eventos naturales adversos han estado siempre presentes en la naturaleza y en la historia de la humanidad. La sequía es un insidioso evento climático extremo que la sociedad ha enfrentado tradicionalmente, en los últimos decenios y su acrecentada influencia ha dado lugar a que se le considere como "uno de los mayores desastres naturales del mundo, el más frecuente y persistente, de mayores efectos negativos para la producción agrícola, como también de impactos adversos reales y potenciales sobre el medio ambiente" (ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, 1994).

Las tendencias climáticas observadas en la región geográfica del Caribe occidental en los últimos 30 años (Centella *et al.* 1997) muestran el incremento de la frecuencia e intensidad de este fenómeno, por lo que los estudios relacionados con el conocimiento de la Sequía Agrícola deviene en una tarea de prioridad nacional y regional por el aporte que puede poner en manos de los tomadores de decisiones para que éstos puedan gestionar convenientemente el riesgo de sequía en el manejo agrícola.

En el contexto de agricultura, la sequía "no comienza cuando cesa la lluvia, sino cuando las raíces de las plantas no pueden obtener más humedad del suelo" y puede ser definida sobre la base de la humedad del suelo más que sobre alguna interpretación indirecta de los registros de precipitación.

Dado que la reserva de humedad productiva del suelo depende del carácter del suelo y de la vegetación, existe Sequía Agrícola, cuando la humedad del suelo en la rizosfera se encuentra en un nivel tal que el estrés hídrico que genera en la vegetación limita su crecimiento y producción.

En condiciones de agricultura de secano la precipitación determina la disponibilidad de agua y el tiempo en que las plantas pueden abastecerse de ella. Una parte del agua proveniente de la lluvia es almacenada en el suelo y es utilizada por las plantas para satisfacer sus necesidades. Cuando la disponibilidad de agua en el suelo es inferior a las necesidades que tiene la vegetación para satisfacer el crecimiento y el desarrollo normal, aunque el agua es teóricamente disponible hasta el punto de

marchitez permanente, el consumo de agua por las plantas se reduce progresivamente desde el límite productivo (valor inferior del contenido de agua en el suelo, por encima del cual las plantas alcanzan rendimientos aceptables, si no existen factores limitantes), hasta el punto de marchitez. En este caso, la conductividad hidráulica del suelo no permite que el agua almacenada en él pueda ser transportada suficientemente rápido hacia las raíces de las plantas para responder a la demanda de transpiración impuesta por el poder evaporante de la atmósfera.

En general, cuando la transpiración es mayor que el agua absorbida por las raíces, lo cual ocurre primeramente durante el día, las plantas comienzan a padecer de estrés hídrico, manifestado por la pérdida de turgencia de las hojas. Si el estrés hídrico es ligero, la marchitez temporal de las plantas desaparece durante la noche, cuando la transpiración se reduce, y si no ocurren varios periodos de estrés ligero en la misma época, ellas pueden soportarlo y alcanzar rendimientos aceptables, pero si estas condiciones persisten, el estrés hídrico puede llegar a ser moderado y comienza a manifestarse la sequía permanente en horas del día y de la noche. En estas condiciones las plantas crecen y se desarrollan con dificultad, lo que después se refleja en los rendimientos, aún cuando posteriormente reciban agua suministrada por la lluvia o la irrigación. Si estas condiciones continúan, el estrés hídrico puede llegar a ser severo y puede causar grandes afectaciones en determinadas fases de desarrollo de las plantas. Si no se abastece la humedad del suelo las plantas pueden llegar a perecer.

No todos los episodios de Sequía Agrícola afectan a la vegetación de igual forma, su efecto depende del estrés hídrico en que se encuentren las plantas (intensidad), del tiempo en que estas condiciones hayan estado influyendo sobre ellas (duración) y de la superficie afectada (extensión).

El objetivo general de este trabajo fue determinar las condiciones normales de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba, para las 36 décadas de un año natural (1 de enero a 31 de diciembre), en una escala adecuada para fines exploratorios y para el período 1951 - 1990.

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 de la vigilancia de las condiciones secas del índice de humedecimiento de la vegetación. Este método, expresado en términos de contenido de agua en el suelo en la zona de las raíces explicó con muy buena aproximación (Solano *et al.* 2000a y 2000b; Solano y Vázquez, 2002) 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. Más adelante, 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 por Allen *et al.* 1998, lo simplificaron y calibraron algunos cálculos de sus elementos principales para su uso operacional en el servicio de vigilancia 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).

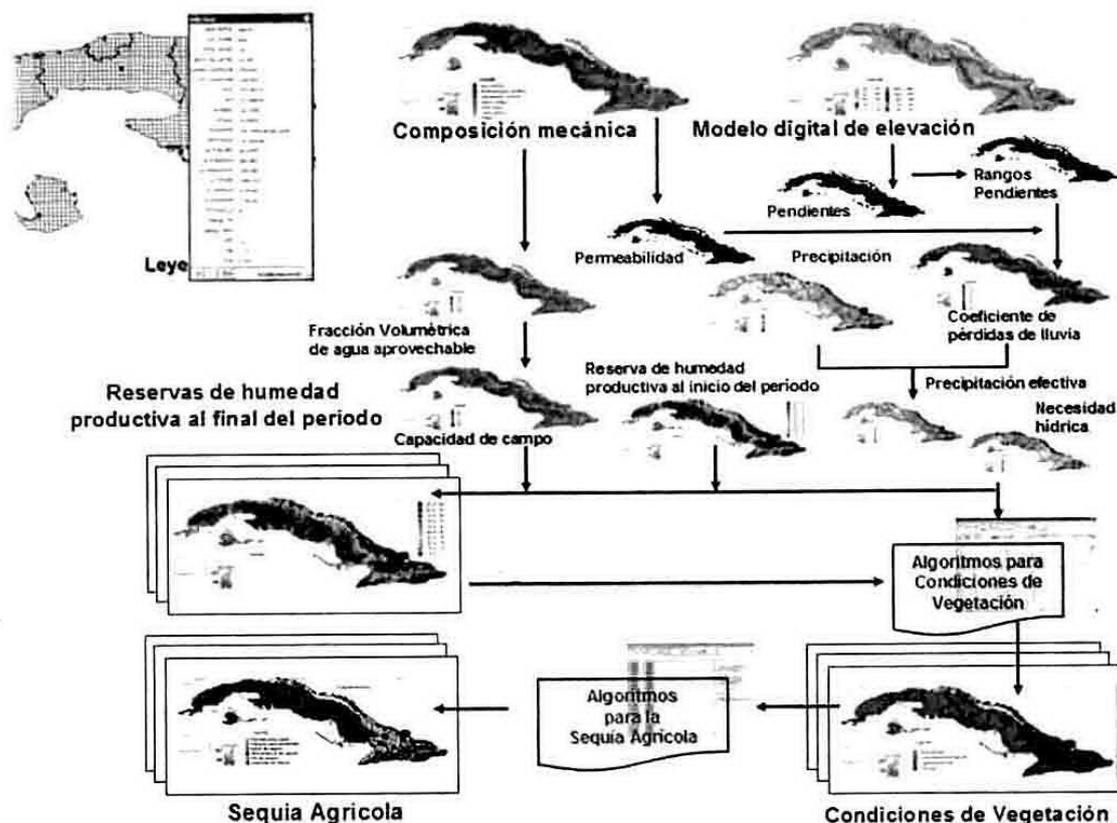


Figura 1. Esquema de las operaciones realizadas para diagnosticar la Sequía Agrícola en Cuba mediante la utilización de los SIG.

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.

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 (2 626 cuadrículas en total). Los valores están referidos a la proyección Cónica Conforme de Lambert para Cuba Norte, expresados en metros Norte y Este.

En la aplicación agrícola un mes es un período muy largo y poco adecuado para evaluar el déficit de agua de las plantas en condiciones de secano. La lluvia puede concentrarse en determinado período del mes, creando así otros períodos más secos en la parte restante, y por ello, para estudiar la influencia de los períodos de Sequía Agrícola que pueden ser críticos en determinadas fases de desarrollo de la vegetación, se procesó la información tomando la década (diez días) como período temporal base, para aumentar su precisión y como una solución intermedia entre el volumen de trabajo que genera el uso de los datos diarios y la incertidumbre y simplicidad de realizar éste con datos mensuales.

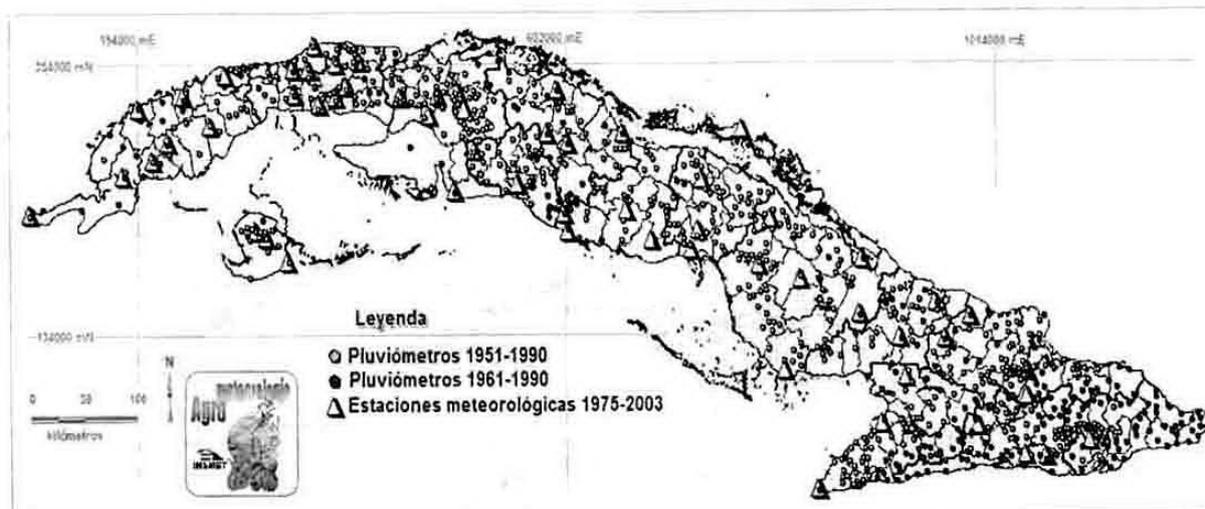


Figura 2. Red de estaciones de observación empleada en los estudios de investigación de la Sequía Agrícola en Cuba.

La información histórica de las variables climáticas utilizadas en la presente investigación fue extraída 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.

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.

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

La escala para la evaluación de la extensión espacial de la Sequía Agrícola (Solano *et al.*, 2005a), mostrada en la Tabla 1 y empleada para evaluar la extensión superficial de la Sequía Agrícola en este trabajo 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 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

RESULTADOS

En la Figura 3 se presenta la marcha media anual nacional de la extensión superficial en escala de tres categorías (Presencia de Sequía Agrícola, Períodos Secos Cortos y Ausencia de Sequía Agrícola) durante el período 1951-1990. Las tres curvas están

relacionadas entre sí de tal forma que entre las tres suman 100% de la superficie de la zona analizada. El incremento de una de ellas implica la disminución, al menos de una de las dos categorías restantes, o viceversa. Las tres curvas presentan, en un año normal, dos valores máximos y mínimos (uno absoluto y otro relativo).

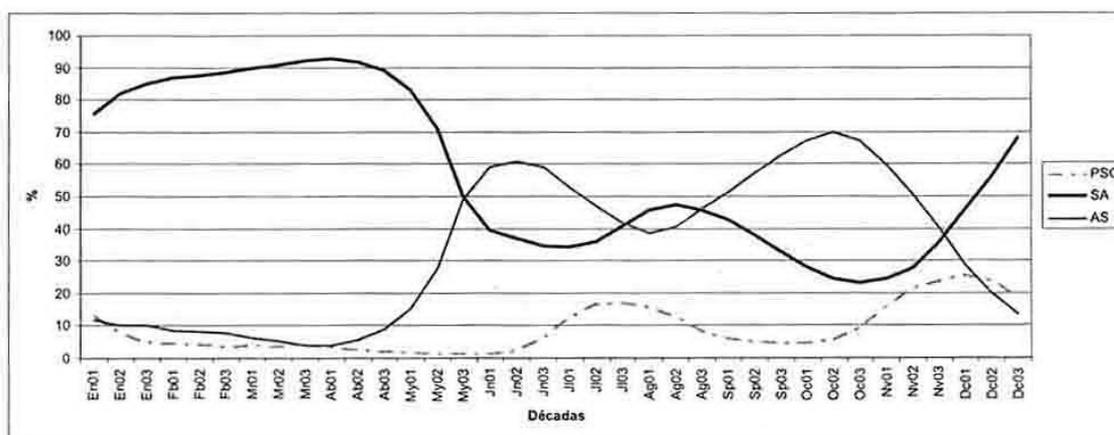


Figura 3. Marcha anual de las categorías de extensión superficial de la Presencia de la Sequía Agrícola (SA), Periodos Secos Cortos (PSC) y Ausencia de Sequía (AS), a escala nacional para el período 1951-1990.

disminuye hasta el mínimo relativo (34%) el cual ocurre en la primera década de julio, dentro del período lluvioso y antes de comenzar el mínimo intraestival de las precipitaciones; aumenta después hasta alcanzar el máximo relativo (47%) en la segunda década de agosto con la influencia máxima del mínimo intraestival de las precipitaciones, para después descender de nuevo hasta la tercera década de octubre (23%), donde ocurre el mínimo absoluto de superficie cubierta por la Sequía Agrícola en el país y después comienza a aumentar hasta completar el ciclo.

La marcha anual de la presencia de la Sequía Agrícola en Cuba, con tendencias opuestas a la marcha de la ausencia de la Sequía Agrícola, tiene el valor máximo absoluto (mostrado en la Tabla 2) de 93% de cobertura superficial respecto al área total del país en la primera década de abril, finalizando el período poco lluvioso del año y a partir de él

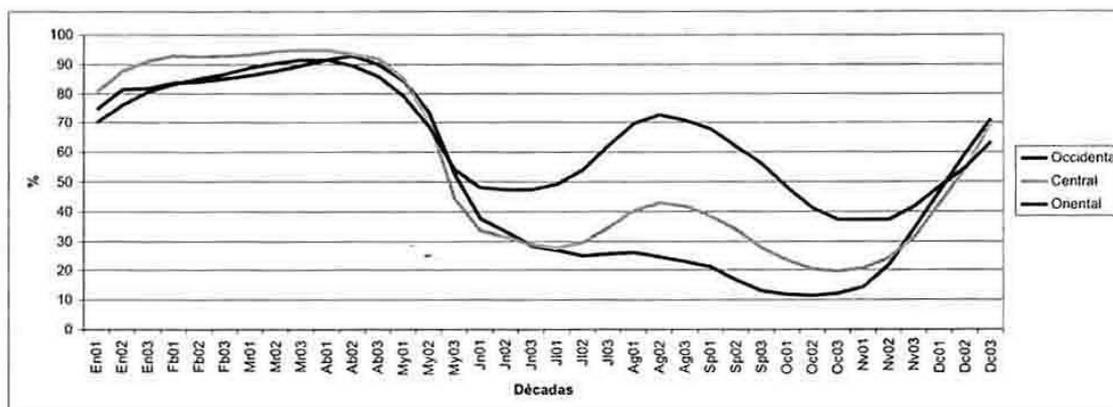


Figura 4. Marcha anual de la presencia de la Sequía Agrícola, en las tres regiones del país

Figura 3, sin embargo en ella se aprecia cuál región del país es la que posee mayor o menor peso en la manifestación de la Sequía Agrícola durante un año medio. La región que más se encuentra afectada por la presencia de la Sequía Agrícola en el período lluvioso del año es la oriental y la que menos afectada se encuentra es la occidental. En el período poco lluvioso del año, aunque sus diferencias son menos marcadas, la región más afectada es la central.

En la Figura 4 se presenta la marcha media anual de la presencia de la Sequía Agrícola por regiones del país y por décadas del año para el período estudiado 1951-1990, en porcentaje de área afectada respecto a la superficie total correspondiente a cada región. Puede observarse como dicha marcha sigue el patrón de estacionalidad ya visto para la nación en la

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

Década	Nación	Regiones			Región Occidental					Región Central					Región Oriental				
		Oc	Ce	Ot	PR	LH	CH	Mt	IJ	Cf	VC	SS	CA	Cy	LT	Ho	Gr	SC	Gu
En01	75	75	80	70	68	68	54	84	80	84	69	82	86	82	86	53	82	73	60
En02	82	81	88	76	76	76	64	89	87	89	80	90	93	88	90	58	88	82	67
En03	85	82	91	81	77	78	68	88	85	90	83	91	94	94	94	64	91	87	72
Fb01	87	84	93	83	80	80	75	89	83	92	87	92	95	95	96	68	93	90	75
Fb02	88	84	92	85	80	81	76	89	82	93	87	93	94	94	96	72	94	91	77
Fb03	88	85	93	87	81	83	77	90	84	94	89	93	93	94	96	75	95	90	79
Mr01	90	86	93	89	83	84	80	91	85	94	89	94	93	95	97	80	96	91	81
Mr02	91	88	94	90	85	86	83	91	87	94	90	95	95	96	97	84	96	92	83
Mr03	92	90	95	91	87	89	86	93	91	96	91	95	95	96	97	87	96	92	84
Ab01	93	92	95	92	88	91	90	95	95	95	92	95	96	96	97	90	95	90	85
Ab02	92	93	93	90	91	91	91	95	96	95	90	94	96	93	95	90	91	86	84
Ab03	89	90	92	86	87	89	91	92	95	95	90	94	93	90	94	88	86	80	80
My01	83	84	85	79	81	86	92	85	88	90	86	87	88	82	88	83	79	69	74
My02	71	74	70	69	71	77	82	74	74	82	74	71	72	65	75	75	68	57	66
My03	50	53	44	54	51	57	64	51	53	59	48	44	43	40	53	62	50	41	60
Jn01	40	38	34	48	37	39	50	36	41	48	35	31	33	31	43	57	44	37	56
Jn02	37	33	31	47	33	33	42	32	35	45	33	29	30	28	41	56	42	37	56
Jn03	35	28	29	47	29	29	39	26	33	42	28	26	28	27	40	57	42	38	58
Jl01	34	27	28	49	28	27	35	25	30	41	27	24	28	27	41	59	42	40	62
Jl02	36	25	29	54	25	24	35	23	30	39	27	22	30	31	44	66	44	46	67
Jl03	41	26	35	62	27	23	35	25	30	40	29	21	38	39	52	77	50	55	75
Ag01	46	26	40	70	28	22	38	25	33	39	32	23	49	48	60	85	56	63	82
Ag02	47	25	43	73	27	19	40	23	30	38	36	23	52	51	65	88	58	67	84
Ag03	46	23	42	71	24	17	41	23	26	37	35	22	52	50	64	86	54	67	82
Sp01	43	21	38	68	22	15	33	23	22	35	32	18	49	46	61	84	52	63	77
Sp02	38	17	34	62	16	12	30	19	17	31	28	16	42	40	55	77	46	57	71
Sp03	33	13	28	56	12	10	25	16	11	28	22	13	32	34	51	69	41	50	65
Oc01	28	12	23	48	11	9	20	14	10	27	19	10	27	28	44	59	35	43	57
Oc02	24	11	21	41	10	8	20	14	10	27	16	9	24	24	39	51	30	35	48
Oc03	23	12	20	37	11	9	19	16	10	29	16	10	24	21	36	43	30	33	43
Nv01	24	14	21	37	13	11	19	18	12	31	17	13	25	22	38	40	33	35	40
Nv02	28	22	24	37	21	16	23	25	23	36	20	17	28	25	40	36	37	35	39
Nv03	36	34	31	42	33	27	24	39	39	45	26	25	37	30	48	38	43	41	41
Dc01	46	47	43	48	43	39	29	55	54	57	35	37	49	43	57	41	54	48	43
Dc02	56	60	54	55	55	51	41	68	69	67	45	53	62	53	65	45	63	55	49
Dc03	68	71	70	64	66	64	49	80	79	78	59	72	76	69	78	49	74	64	55

La Figura 5 muestra la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba correspondiente a la primera década de abril de un año medio, por municipios. Durante esta década, ya finalizando el período poco lluvioso del año, la Sequía Agrícola suele continuar incrementando muy ligeramente su extensión espacial hasta llegar a la máxima superficie cubierta del año (valor medio de 93% del territorio nacional). La región más afectada del país

durante esta década continúa siendo la central (95% del área de la región) y las menos afectadas (92%) son la oriental y la occidental. Las provincias más afectadas corresponden a Las Tunas (97%), Camagüey y Ciego de Ávila (96%) y Granma, Sancti Spiritus, Matanzas y Cienfuegos (95%). Las provincias menos afectadas corresponden a Guantánamo (85%), Pinar del Río (88%) y Santiago de Cuba, Ciudad de La Habana y Holguín (90%).

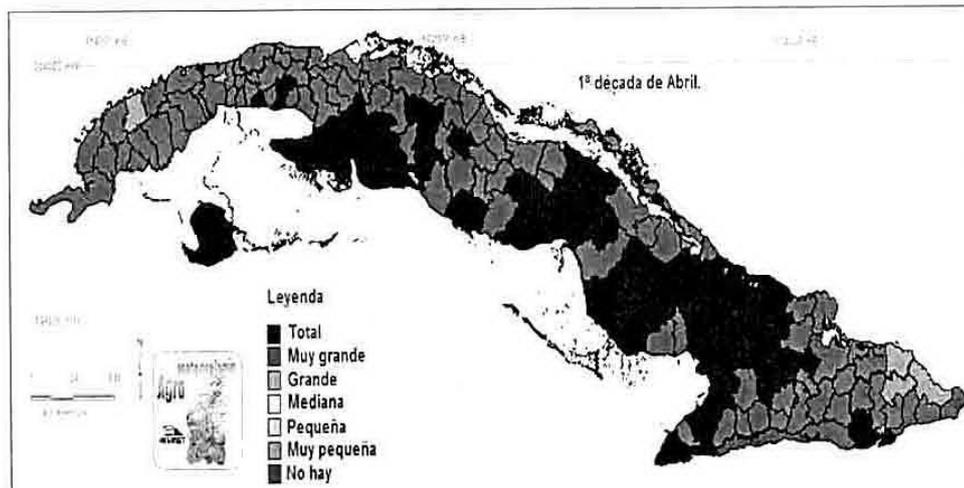


Figura 5. Extensión superficial de la Sequía Agrícola durante la primera década de abril de un año medio.

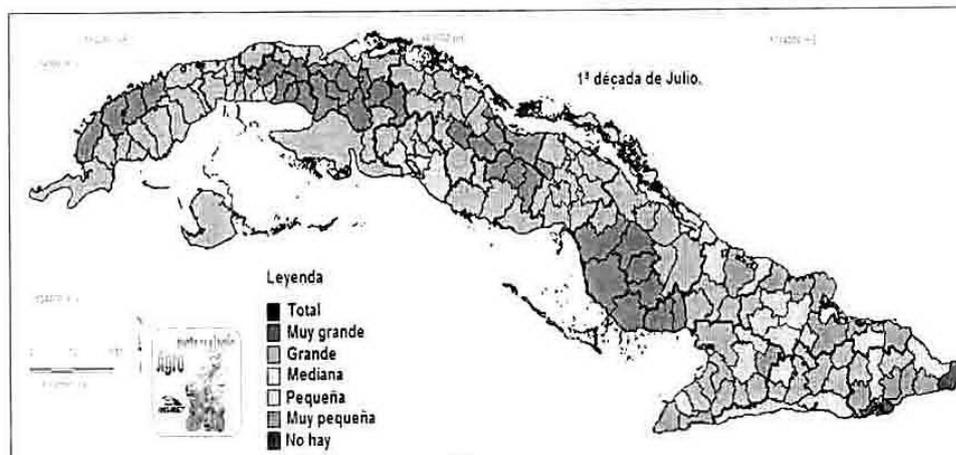


Figura 6. Extensión superficial de la Sequía Agrícola durante la primera década de julio de un año medio.

La Figura 6 muestra la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba correspondiente a la primera década de julio de un año medio, por municipios. En esta década la superficie cubierta por Sequía Agrícola en el país, suele ser pequeña y alcanza el valor mínimo secundario de la cobertura superficial nacional del país (valor medio aproximado de un 34%), en la primera fase del periodo lluvioso. La región más afectada del país durante esta década es la oriental (49% de la superficie total de la región), la cual suele aumentar su extensión respecto a la década anterior) y la menos afectada, al igual que en la década anterior, suele ser la occidental donde ésta continúa disminuyendo muy lentamente, hasta un valor medio de 27% del área total del territorio. Durante esta década la mayor parte de las provincias

del país suele estar en ausencia de la Sequía Agrícola. Las provincias más afectadas corresponden a Guantánamo (62%), Holguín (59%), Granma (42%) y Las Tunas y Cienfuegos (41%). Las provincias menos afectadas corresponden a Sancti Spiritus (24%), Matanzas (25%) y La Habana, Camagüey y Villa Clara (27%).

La Figura 7 muestra la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba correspondiente a la segunda década de agosto para un año medio, por municipios. La extensión superficial de la Sequía Agrícola en el país en esa década suele incrementarse ligeramente respecto a la década anterior debido a la continuada presencia del mínimo intraestival de las precipitaciones en algunas

localidades del país, alcanzando la categoría de extensión superficial mediana para Cuba como un todo y el valor máximo secundario de cobertura superficial en el año (47%). La región más afectada del país durante esta década continúa siendo la oriental, alcanzando el valor máximo medio para una década del año (73% de la superficie total de la región) y manteniendo la tendencia del incremento de la Sequía Agrícola respecto a la década anterior. La menos afectada suele ser la occidental, donde la tendencia de la extensión superficial es a disminuir ligeramente respecto a la década anterior, hasta alcanzar un valor medio de afectación por Sequía

Agrícola para la región de un 25% del territorio. Durante esta década la mayor parte de las provincias occidentales y centrales del país suele estar en ausencia de la Sequía Agrícola. Las provincias más afectadas, al igual que en las décadas anteriores, resultan ser las provincias orientales (Holguín (88%), Guantánamo (84%), Santiago de Cuba (67%), Las Tunas (65%) y Granma (58%). Las provincias menos afectadas por Sequía Agrícola en esta década suelen ser La Habana (19%), Sancti Spiritus y Matanzas (23%), Pinar del Río (27%) y el Municipio Especial Isla de la Juventud (30%).



Figura 7. Extensión superficial de la Sequía Agrícola durante la segunda década de agosto, para un año medio.



Figura 8. Extensión superficial de la Sequía Agrícola durante la tercera década de octubre, de un año medio.

La Figura 8 muestra la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba correspondiente a la tercera década de octubre de un año medio, por municipios. Durante esa década continúa disminuyendo muy lentamente la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba respecto a las décadas anteriores, hasta llegar a la mínima superficie cubierta por Sequía Agrícola en el país

para una década del año (23%). Aunque con una diferencia menor entre ellas, al ser comparadas con las décadas precedentes, la región más afectada del país continúa siendo la oriental (37%), con una tendencia a disminuir el área afectada y en esta década se alcanza el valor de cobertura espacial de la presencia de la Sequía Agrícola mínimo para la región. La región menos afectada suele ser la

occidental (12% del territorio), donde la tendencia de la extensión superficial, en este caso, es a aumentar ligeramente respecto a la década anterior. La mayor parte de todas las provincias del país suele estar en ausencia de la Sequía Agrícola. Las provincias más afectadas, al igual que en las décadas precedentes, resultan ser las provincias orientales: Guantánamo y Holguín (43%), Las Tunas (36%), Santiago de Cuba (33%) y Granma (30%). Las provincias menos afectadas por Sequía Agrícola en esta década suelen ser La Habana (9%), el Municipio Especial Isla de la Juventud y Sancti Spiritus (10%), Pinar del Río (11%) y Matanzas (16%).

La Figura 9, muestra la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba para un año medio, por municipios, desde la primera década de enero hasta la tercera de abril. Durante la tercera década de marzo suele ocurrir el valor máximo absoluto de la extensión superficial de este índice agroclimático en la región central del país. Este valor también suele ocurrir en la primera década de abril de esa región, en la cual coinciden los máximos absolutos de cobertura espacial de la Sequía Agrícola en la región oriental y a escala nacional. En la segunda década de abril suele presentarse el valor máximo absoluto para la región occidental.

En la Figura 10 se puede observar la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba para un año medio, por municipios, desde la primera década de mayo hasta la tercera de agosto. Durante la segunda y tercera décadas de junio suele ocurrir el valor mínimo secundario de la extensión superficial de la sequía en la región oriental del país. En la primera década de julio suele ocurrir el mínimo secundario a nivel nacional y en la región central. En la región occidental el mínimo secundario de la cobertura superficial de la Sequía Agrícola suele registrarse en la segunda década de julio. Los valores máximos secundarios de la extensión superficial de la Sequía Agrícola suelen ocurrir en el período tercera década de julio primera década de agosto en la región occidental, y en la segunda década de agosto a nivel nacional y en las dos restantes regiones.

Los valores mínimos absolutos de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba se pueden observar en la Figura 11. En la segunda década de octubre suelen registrarse en la región occidental, en la tercera década de octubre suelen ocurrir a nivel nacional y en las regiones central y oriental. En la región oriental la ocurrencia de los valores mínimos absolutos suelen extenderse hasta la primera y segunda décadas de noviembre.

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 cada década del año 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 planificación de las fechas de siembra de cultivos agrícolas, la selección de variedades tempranas o tardías atendiendo a la amenaza de la extensión superficial de la Sequía Agrícola para la localidad y la época del año donde 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, 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, amplían el conocimiento científico de la sequía en Cuba.

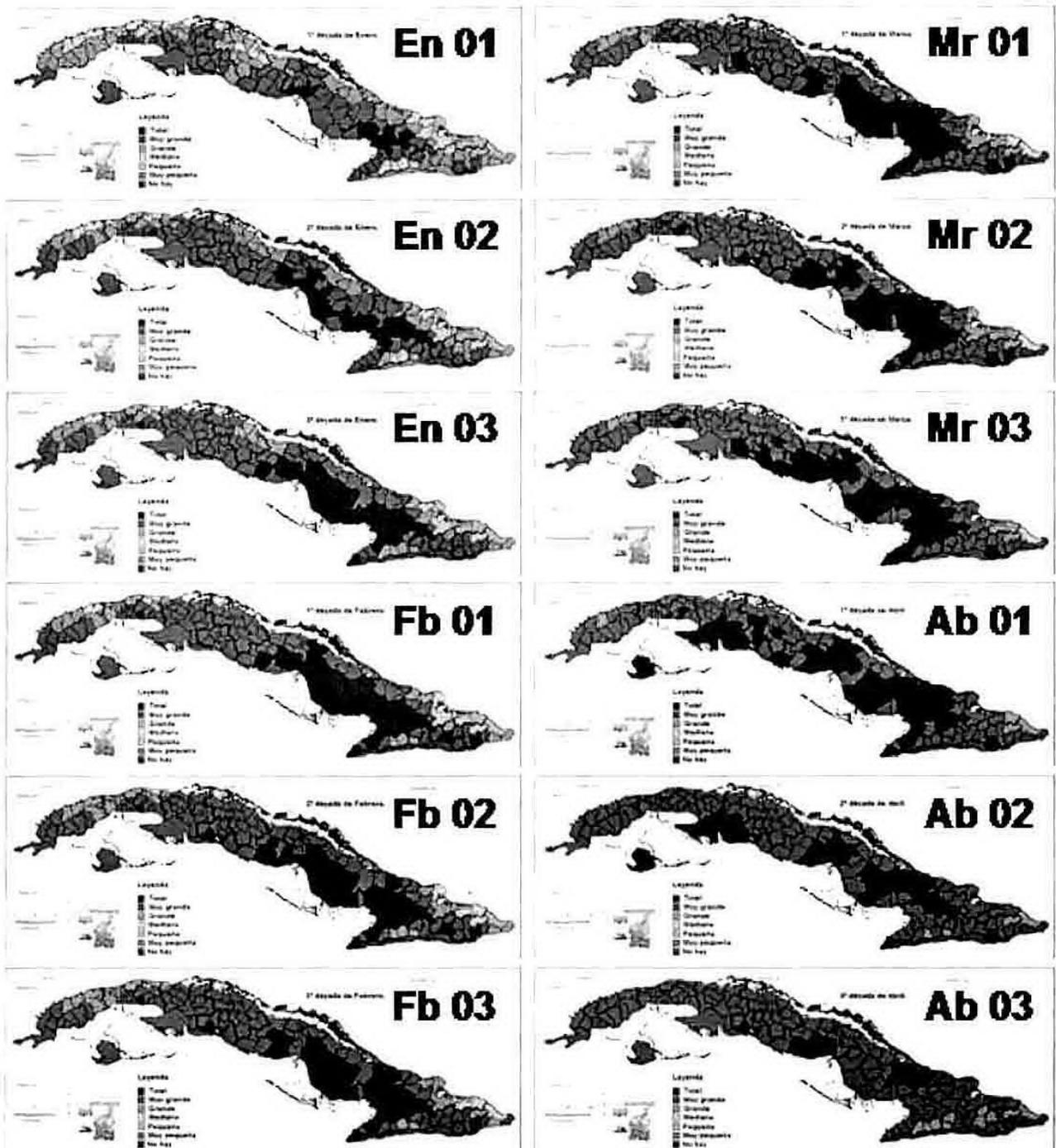


Figura 9. Secuencia de mapas de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba desde la primera década de enero hasta la tercera década de abril de un año medio.

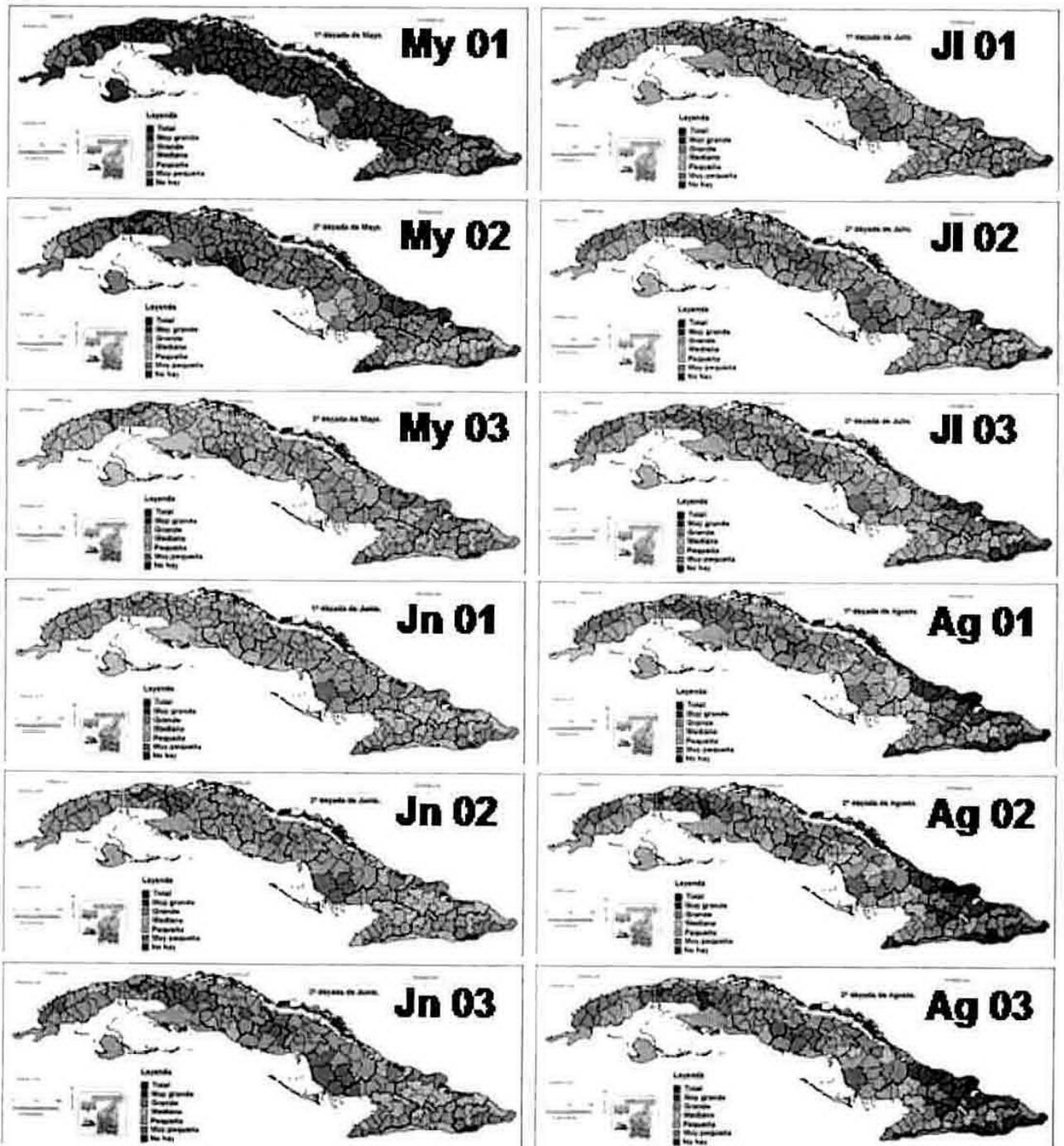


Figura 10. Secuencia de mapas de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba desde la primera década de mayo hasta la tercera década de agosto de un año medio.

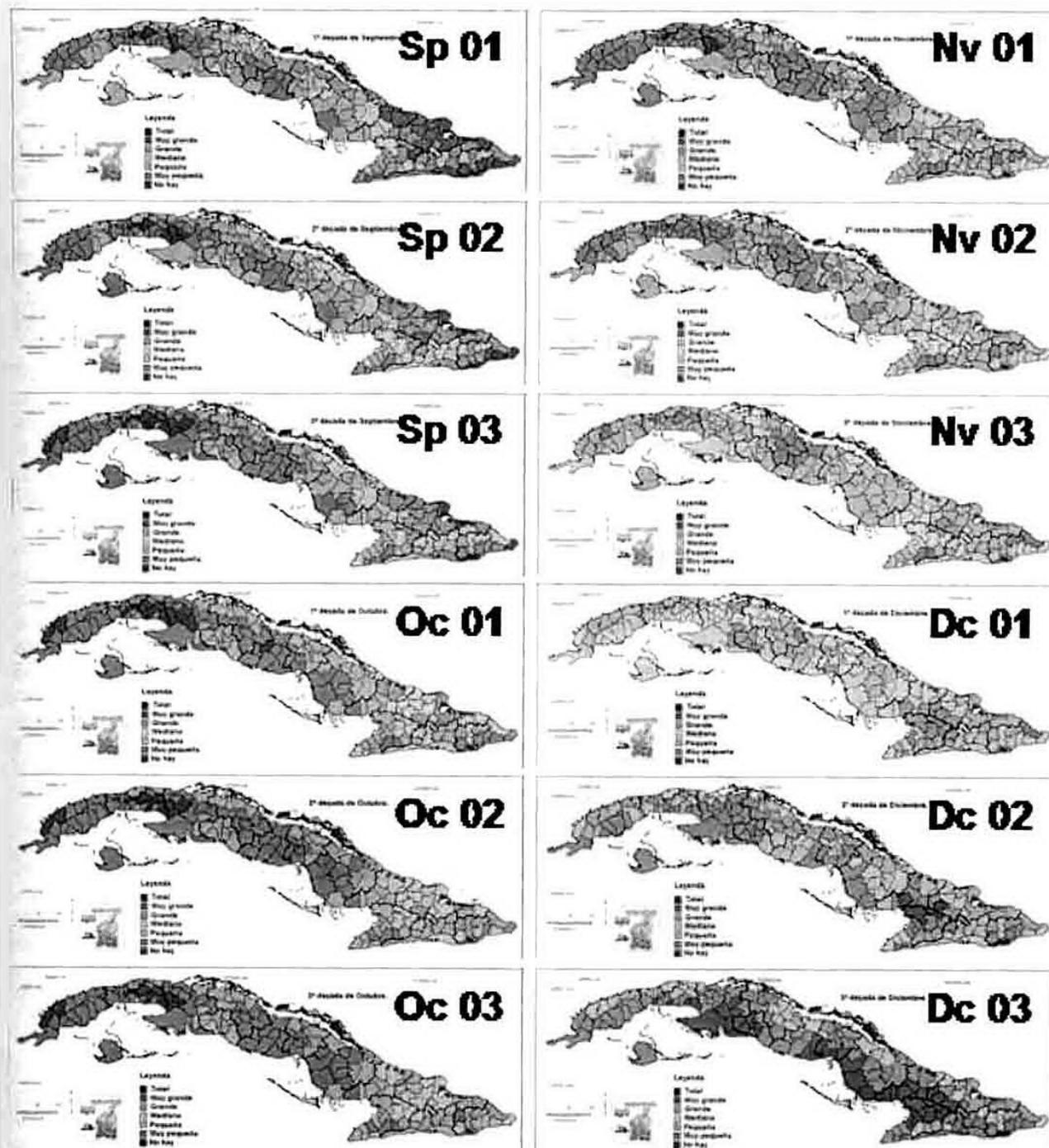


Figura 11. Secuencia de mapas de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba desde la primera década de septiembre hasta la tercera década de diciembre de un año medio.

CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados en el estudio de la evaluación espacial de la Sequía Agrícola en Cuba muestran las condiciones normales de la extensión superficial de este evento climático extremo para cada una de las 36 décadas de un año natural medio, en una escala adecuada para fines exploratorios a nivel nacional, regional provincial y municipal, para el período de referencia 1951-1990 y también para conocer las zonas del país hacia donde ésta suele propagarse o retroceder, de acuerdo a la época del año y la amenaza de algunos de estos índices. Ellas constituyen 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 extremo.

Se generó una valiosa base de datos decadales de las variables lluvia, temperaturas máxima y mínima del aire, humedad del aire, duración efectiva de la insolación y velocidad del viento, en formato digital, de 805 pluviómetros (70% de ellas con una longitud de 40 años y el 30% restante con una longitud de 30 años) y de 62 estaciones meteorológicas (con una longitud de 29 años), con la cual se obtuvo una extraordinaria información digital de importantes índices agroclimáticos de interés para la agricultura, con una alta resolución, para calcular otras variables de valor añadido imprescindibles para la investigación de la extensión superficial de la Sequía Agrícola en Cuba.

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 36 mapas de la distribución espacial en Cuba de la extensión superficial de la Sequía Agrícola, a escala municipal, para cada una de las décadas de un año medio.

Los resultados obtenidos sobre los estudios del diagnóstico de la extensión superficial de la Sequía Agrícola que en el pasado afectaron diferentes zonas del país, municipios, provincias, regiones y nación en su conjunto contribuyen con el aporte de una valiosa herramienta para el manejo del riesgo climático en la selección de mejores decisiones estratégicas y en la toma de decisiones tácticas de operaciones agrícolas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Allen, R., L. Pereira, D. Raes y M. Smith. 1998: "Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements". It published 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. Lapínel, 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.

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL. 1994: "A decadal against natural disasters". OMM No. 799. 20p.

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 "Pronóstico de peligro de incendios forestales su seguimiento y evolución, utilizando técnicas de observación terrestre y la

percepción remota". Instituto de Meteorología. La Habana. P. 30.

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. P. 22

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. p.57

Solano, O., R. Vázquez, C. Menéndez, J.A. Menéndez y M.E. Martín. 2005a: "Evaluación de la Sequía Agrícola en Cuba". Revista Cubana de Meteorología. Instituto de Meteorología. Vol. 12 No. 2 La Habana, Pp 3-14.

Solano, O., R. Vázquez, C. Menéndez y M.E. Martín. 2005b: "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. p. 111.