

Zonificación del período de crecimiento de la vegetación en Cuba, para un año normal

Autores: OSCAR J. SOLANO, CÉSAR J. MENÉNDEZ, RANSÉS J. VÁZQUEZ Y JORGE A. MENÉNDEZ

Departamento de Meteorología Agrícola. Instituto de Meteorología. E-mail: agromet@met.inf.cu

Resumen

El conocimiento del abastecimiento hídrico que brindan las condiciones climáticas de diferentes regiones del país resulta de gran importancia para la aplicación de una agricultura sostenible. Con las distribuciones espaciales decadales de la precipitación efectiva, la evapotranspiración de referencia y las reservas de humedad productiva del suelo, normales para cada una de las 36 décadas del año, se procedió a calcular el balance hídrico agroclimático del suelo. Con esta información y mediante el empleo de Sistemas de Información Geográfica se confeccionaron mapas nacionales a escala 1:1 000 000, para una rejilla de cuadrículas de 1 km² y para cada una de las décadas anteriormente señaladas, y se determinaron las fechas de inicio y fin del período de crecimiento principal, su duración, el número de días de crecimiento en el año y finalmente, se confeccionaron los mapas temáticos de las variables agroclimáticas estudiadas y se determinó la tendencia general de sus variaciones temporales y espaciales entre las diferentes regiones del país. Los resultados muestran un método objetivo, fundamentalmente en condiciones sostenibles y de secano para evaluar el riesgo climático en la selección de que cultivo sembrar, donde establecerlo y cuando es el momento oportuno para lograr el éxito en su cosecha.

Palabras clave: Agroclimatología; zonificación; períodos de crecimiento de las plantas.

Introducción

Uno de los objetivos fundamentales de la Meteorología Agrícola en Cuba, durante los últimos años, ha sido adecuar su trabajo operativo a una agricultura sostenible, de bajos insumos e incluso, en condiciones de secano. Para ello, resultó necesario incorporar técnicas de avanzada que permitieran ayudar a los decisores de la agricultura a establecer una estrategia con mayor seguridad en cuanto al clima se refiere. Uno de los resultados obtenidos fue el estudio del período de crecimiento y su distribución espacial en las condiciones de Cuba, incluyendo sus zonas montañosas. De esta forma, es posible conocer las condiciones de vegetación de acuerdo a la disponibilidad de agua, por lo tanto, la determinación de las fechas de siembra, períodos de crecimiento, períodos húmedos, prácticas de irrigación, utilización de la maquinaria agrícola, determinación de las fechas de cosecha, etc.

Muchos de los cultivos y plantaciones efectuadas en Cuba son sembrados en condiciones sostenibles y después de su establecimiento en el campo, se mantienen en condiciones de secano.

El suelo es el que reserva las sustancias nutritivas asimilables para las plantas, el agua que necesita para su desarrollo y el oxígeno. La cantidad de agua aprovechable por la planta que un suelo puede almacenar está determinada por sus propiedades físicas y según la cantidad reservada, se conoce el tiempo que puede estar una planta sin recibir agua adicional. El agua es un factor esencial en la producción de alimentos y en una agricultura de secano la precipitación es el factor que determina la disponibilidad de agua y el tiempo en que las plantas pueden hacer uso de ella. Su influencia sobre la producción agrícola puede ser positiva o negativa y puede actuar directa o indirectamente sobre la vegetación. El efecto de la precipitación (Pr) depende de la altura de la lámina de lluvia acumulada en el año, así como de su distribución temporal y ésta es muy desigual en el transcurso del año, así como su variabilidad interanual.

En general, se puede decir que al analizar la variabilidad de las precipitaciones y la estimación de probabilidades para su aplicación en la agricultura, se trata de saber con que frecuencia el suelo recibirá determinada cantidad de precipitación y la frecuencia

con que ese suelo recibirá una cantidad inferior o superior a ella. La respuesta se especifica en forma de fracción o porcentaje de probabilidad. Por ejemplo, 0.80 u 80% de probabilidad de éxito; o bien como período de frecuencia, un año de cada cuatro se pierde la cosecha, uno de cada cinco, cuatro de cada diez, etc. Frecuentemente estos niveles de probabilidad derivan en consideraciones económicas de acuerdo con las cuales se acepta que la producción de un cultivo pueda ser económicamente aceptable tres de cada cuatro años, nueve de cada diez, etc.

Para las prácticas agrícolas las consecuencias de este análisis son evidentes, una vez establecida la demanda mínima de agua de determinado cultivo, en condiciones de secano, se puede evaluar rápidamente el riesgo de éxito o fracaso para este cultivo en la región para la cual los datos de precipitación son válidos. Esto constituye, desde luego, una primera aproximación a la solución del problema. La segunda aproximación debe ser la investigación de la distribución de esta precipitación durante la estación de crecimiento del cultivo y una tercera, aquella relacionada con la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo.

En las aplicaciones agrícolas un mes resulta un período de tiempo muy largo y poco adecuado para evaluar el déficit de agua de las plantas o la satisfacción de sus necesidades hídricas en condiciones de secano. Las precipitaciones pueden concentrarse en determinadas décadas del mes, creando así otras más secas en las restantes, y por ello, para estudiar la influencia de la lluvia sobre la vegetación se debe organizar la información en períodos decadales (10 días) para aumentar su precisión, según recomiendan Frère *et al.* (1978), Rojas (1985) y Eldin (1986) y como una solución intermedia entre la incertidumbre del resultado de los trabajos realizados con los datos mensuales y el gran volumen de información que resulta del manejo diario de los datos.

El agua almacenada en el suelo, disponible para las plantas, se pierde por evapotranspiración, o sea, un proceso combinado por el cual el agua es transferida desde la superficie del suelo a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas. La evapotranspiración puede ser determinada a partir del empleo del balance hídrico agrometeorológico del suelo, si se conocen previamente la precipitación, el coeficiente del cultivo y la evapotranspiración máxima de un cultivo hipotético de referencia, en el mismo período de tiempo. Este último término es denominado evapotranspiración de referencia (ET_o).

Muchas de las variables que intervienen en el balance hídrico adquieren una significación importante cuando se quiere definir el período durante el cual las

plantas podrán disponer de mejores condiciones de abasto de agua para garantizar el crecimiento vegetativo

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1985), la estación húmeda es el período durante el cual el cultivo o la cubierta vegetal disponen libremente de la humedad del suelo producida por las precipitaciones, a condición de que la temperatura del aire sea lo suficientemente alta como para permitir la actividad fisiológica normal de las plantas. Tres períodos caracterizan la estación lluviosa:

a) Un primer período «pre-húmedo», cuando la precipitación media iguala o supera la mitad de la evapotranspiración de referencia, pero es inferior a ella, ($0.5 ET_o \leq Pr < ET_o$).

b) Un segundo período «húmedo» en el curso del cual la precipitación media es superior a la evapotranspiración de referencia media ($Pr \geq ET_o$). Durante este período el balance hídrico es positivo y en el suelo se acumula una cierta cantidad de agua.

c) Un tercer período «post-húmedo» caracterizado por la progresiva reducción y eventual interrupción de las precipitaciones. Este período cubre el intervalo de tiempo en que la precipitación es menor que la evapotranspiración de referencia, pero mayor que la mitad de ella ($ET_o > Pr \geq 0.5 ET_o$), más un período en que el agua útil acumulada en el suelo (al máximo 100 mm) es transpirada a la tasa de evapotranspiración de referencia.

Materiales y métodos

Los métodos que se recogen en la literatura internacional tienen un valor teórico y son de gran utilidad en la orientación de las investigaciones, pero ellos no pueden ser transferidos de una región a otra, ya que las variables agrometeorológicas no son homogéneas en el espacio, únicamente en zonas limitadas que tengan el mismo tipo de suelo, topografía, clima, prácticas de cultivo, etc. De aquí la necesidad de realizar estas investigaciones dirigidas a elaborar métodos agrometeorológicos que tengan en cuenta los cultivos de Cuba y sus variedades específicas para que éstos sean válidos en las condiciones pedo - climáticas del país.

La escala temporal usada fue la década (período de diez días) y se utilizaron los resultados de las distribuciones espaciales decadales de la ET_o, de la precipitación y de las reservas de humedad disponibles para los cultivos en condiciones de agricultura de secano (Menéndez *et al.*, 2002), obtenidas a través de la modelación por métodos objetivos y la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica.

Los materiales para realizar este estudio consistieron en las distribuciones espaciales en Cuba de la altura de la lámina de precipitación efectiva a 50% de probabilidad (o de que se presenten en uno, de cada dos años) y de la altura de la lámina correspondiente a la evapotranspiración de referencia media para las 36 décadas el año, normales, para el período 1961-1990; la distribución espacial de la composición mecánica de los suelos y la distribución espacial de la hipsometría (ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA, 1989) y como herramienta básica para el cálculo de la reserva hídrica del suelo, el balance hídrico agroclimático (Solano *et al.*, 1999).

Con la información de precipitación correspondiente a un año medio (altura de la lámina de lluvia que puede ser superada con una probabilidad de 50%); de la evapotranspiración de referencia media obtenida; el empleo del método de balance hídrico agroclimático del suelo y la información de la reserva de humedad del suelo disponible para los cultivos, calculadas según Menéndez *et al.* (2002), se efectuaron balances hídricos para cada una de las 36 décadas del año y se determinó el inicio, el fin, la duración del período de crecimiento principal y la duración total de los períodos de crecimiento en el año.

Se asumió que la estación de crecimiento de los cultivos está compuesta por tres períodos:

Un primer período (pre-húmedo), cuando la altura de la lámina de lluvia iguale o supere a la mitad de la evapotranspiración de referencia, pero no llegue a igualar a la ETo ($0.5 ETo \leq Pr < ETo$).

Un segundo período (húmedo), en el cual la altura de la lámina de precipitación supera o iguala el valor de la evapotranspiración de referencia ($Pr > ETo$) o sea, cuando las necesidades hídricas están totalmente cubiertas.

Un tercer período (post-húmedo), caracterizado por la disminución de las precipitaciones. Este período cubre el intervalo de tiempo en que la lluvia es menor que la evapotranspiración de referencia y mayor o igual que la mitad de la evapotranspiración de referencia ($ETo > Pr \geq 0.5 ETo$), más un período en que la reserva hídrica del suelo, disponible para los cultivos garantice el crecimiento vegetativo sin manifestaciones de estrés. Según Allen *et al.*, 1998, cuando el nivel de la reserva de humedad del suelo disponible para los cultivos en un momento dado (W_x) se encuentre entre el almacenaje máximo (W_x) y la mitad del almacenaje máximo ($W_x \leq W_i < 0.5 W_x$).

Este sistema muestra que una sola estación lluviosa puede ser también bimodal, con un segundo o más períodos de precipitaciones que suministran agua a ciertos cultivos. Estos casos serán tomados en cuenta sólo para calcular el total de días de

crecimiento en el año, no así para determinar la duración de la estación de crecimiento, en la cual, sólo se contarán los días correspondientes al período más prolongado o principal.

Se asumió en este estudio:

- Como períodos de crecimiento, a aquellos períodos que cumplen con las condiciones que los definen durante al menos dos décadas consecutivas.

- Como interrupción de períodos de crecimiento, a la década a partir de la cual durante dos décadas consecutivas no se cumplen los parámetros que dieron origen al período.

- Como fecha de inicio del período de crecimiento a la primera, de al menos dos décadas consecutivas donde se cumpla la condición de que $Pr \geq 0.5 ETo$.

- Como fecha final del período de crecimiento, a la última, de al menos dos décadas consecutivas donde se cumpla la condición de que $Pr \geq 0.5 ETo$ ó $W_x \leq W_i < 0.5 W_x$.

- Como duración del período de crecimiento: duración en días desde el inicio hasta el final del período de crecimiento (principal).

- Número de días de crecimiento: al total de días de crecimiento en el año.

La distribución espacial de las fechas de inicio y fin del período de crecimiento, de la duración de estos períodos y del número de días de crecimiento en el año se confeccionaron a partir de los índices calculados para cada una de las 682 estaciones pluviométricas estudiadas.

Se emplearon diversas herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permitieron múltiples y complejas operaciones con los mapas, al organizar la información a manera de capas. La operación básica practicada fue la interpolación, para la obtención de la distribución de las fechas a partir de los datos puntuales de las 682 estaciones pluviométricas procesadas y el ajuste manual de las isocronas de acuerdo a criterio de experto.

La escala espacial de trabajo fue 1 : 1 000 000, lo que permitió generar rejillas con paso de 1 km de lado. Esta escala, utilizada previamente por los autores en las zonificaciones de la evapotranspiración de referencia, la precipitación, las reservas de humedad productiva del suelo y de las fechas de inicio de las siembras de cultivos agrícolas en Cuba, resulta adecuada para la exploración al nivel nacional de diversos parámetros agrometeorológicos, entre ellos, las fechas del inicio, fin y duración de los períodos de crecimiento, húmedos y secos.

La información en el SIG se organizó y procesó de la siguiente forma:

- Digitalización de la base fija (costa, contornos provinciales y municipales), y su topología;
- Georeferenciación de las estaciones;
- Interpolación y ajuste de las isocronas;
- Acabado cartográfico.

Se utilizó el MAPINFO versión 5.0 para obtener la información vectorial del contorno de Cuba, la división política administrativa y el ajuste manual de las isocronas y el SURFER versión 7.0 para realizar la distribución espacial de las fechas.

El método de interpolación utilizado fue el de mínima curvatura que también es conocido como interpolador exacto.

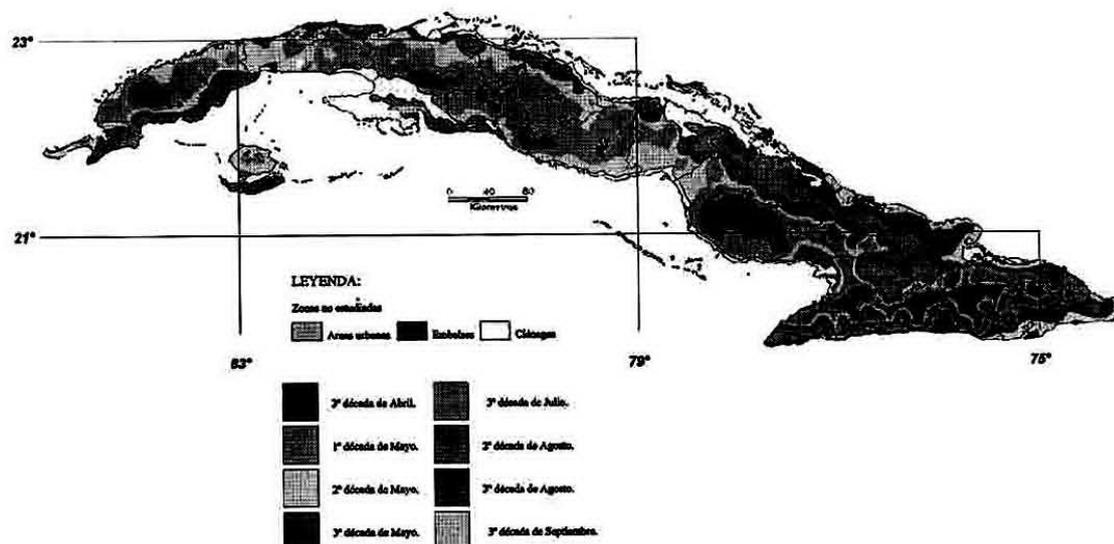
Resultados

Los resultados del análisis temporal de la distribución espacial de las reservas de humedad del suelo muestran, que durante el período poco lluvioso del año, para precipitaciones con probabilidades de ocurrencia de 50% (o de que se presenten en uno de cada dos años) no debe haber suficiente humedad en el suelo que garantice un crecimiento adecuado de cultivos agrícolas y pastos en condiciones de sequo, con la excepción de la ladera septentrional de la zona montañosa de Baracoa, por lo que resulta sumamente arriesgado establecer cultivos agrícolas de sequo en estas condiciones.

Para el mismo nivel de probabilidad de ocurrencia de las precipitaciones, existen regiones del país donde las reservas de humedad son tan deprimidas que no es recomendable el establecimiento de cultivos en condiciones de sequo en ninguna época del año. En estas zonas coinciden bajos niveles de precipitación y altos valores de evapotranspiración y están localizadas en la región meridional de la Sierra Maestra al sur de Granma, desde Cabo Cruz hasta el límite con la provincia Santiago de Cuba; zonas llanas al oeste de la Bahía de Santiago de Cuba, próximas al litoral; laderas meridionales de las montañas de Nipe-Sagua-Baracoa, próximas a la costa sur y oeste de la provincia Guantánamo, desde la ladera este de la Sierra Maestra hasta Punta de Maisí; región al este de las alturas de Maniabón, cercana a las bahías de Banes, Nipe y Sagua de Tánamo; desde Punta de Mulas provincia Holguín hasta las alturas que forman la ladera septentrional de las Montañas de Nipe y de la Sierra Cristal, hasta la Bahía de Sagua de Tánamo; llanuras del norte de Camagüey – Las Tunas desde la Bahía de Nuevitás, provincia Camagüey, hasta Punta de Mulas; zona próxima al litoral desde Bahía Honda, provincia Pinar del Río, hasta Bahía de Mariel, provincia La Habana.

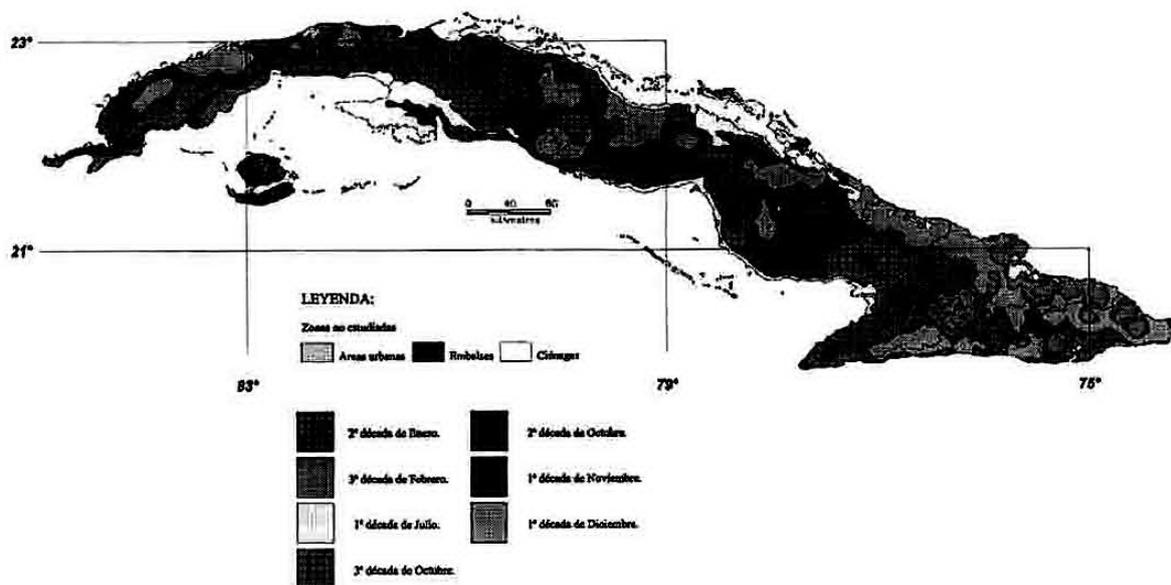
De acuerdo con las fechas de inicio del período de crecimiento principal (Figura 1), el país se ha dividido en ocho zonas, extendiéndose las fechas de inicio desde la tercera década de abril hasta la tercera década de septiembre.

Fig. 1. Distribución espacial de las fechas de inicio del período de crecimiento principal.



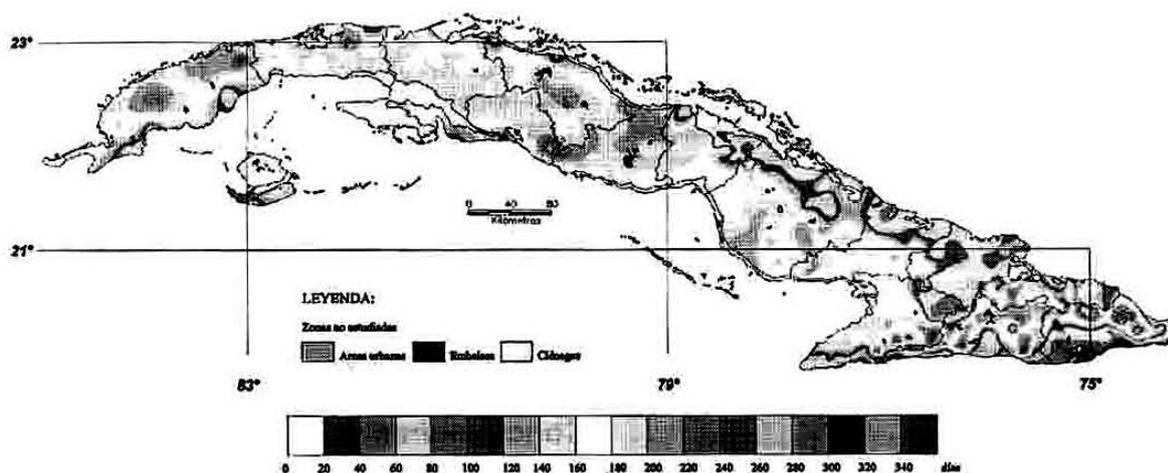
La distribución espacial del fin del período de crecimiento principal se muestra en la Figura 2. De acuerdo a las fechas del fin del período de crecimiento principal, la zonificación en el territorio del país se ha dividido en siete zonas.

Fig. 2. Distribución espacial de las fechas del fin del período de crecimiento principal.



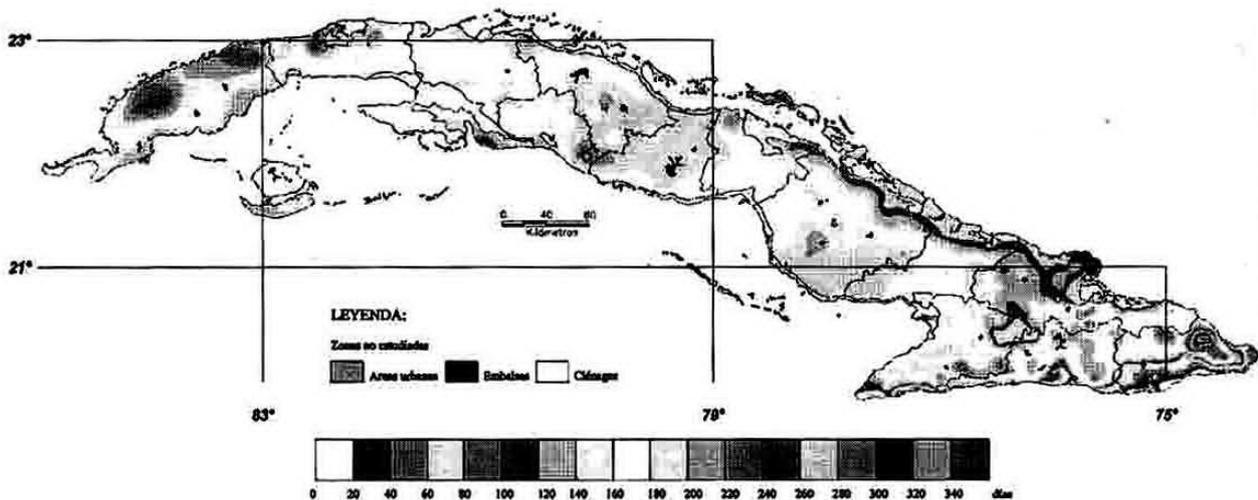
La diferencia, en días, entre el inicio y el final del período de crecimiento principal (Figura 3) oscila entre unos pocos días hasta casi el año completo. En general, la extensión del período crece con el incremento de la altitud y disminuye hacia las costas.

Fig. 3. Duración (en días) del período de crecimiento principal.



Diferencias más marcadas pueden observarse en la Figura 4, donde se muestra la distribución espacial del total de los períodos de crecimiento en el año, considerando los períodos de crecimiento que ocurran antes y después del período del mínimo intraestival de las precipitaciones.

Fig. 4. Distribución espacial de la duración (en días) de la suma de todos los períodos de crecimiento en el año.



En algunos lugares, la indicación de períodos de crecimiento muy cortos puede parecer arbitrario; esto se debe al procedimiento de haber utilizado la precipitación correspondiente al año medio (50% de probabilidad). No obstante, puede indicar la posibilidad de un período adicional de crecimiento en años húmedos y en zonas donde los cultivos y plantaciones se beneficien directamente de cualquier humedad adicional, como es el caso de los pastos naturales, cañaverales, bosques, plantaciones de frutales perennes, etc.

En general, las estaciones de crecimiento inferiores a 80 días de duración no tienen mucho significado agronómico, dado el pequeño número de cultivos capaces de cumplir su ciclo vegetativo en menor tiempo. Sin embargo, éstos son significativos en relación con los pastos naturales, cañaverales, bosques, plantaciones forestales y frutales perennes.

Al comparar los resultados presentados en este estudio, respecto a determinados acontecimientos de interés agrícola, con los obtenidos anteriormente por otros autores (Palenzuela y Planas, 1982), pueden señalarse algunas ventajas: entre ellas: el número de pluviómetros empleados en la investigación supera en más de tres veces a la cantidad de estaciones pluviométricas utilizadas en el estudio anterior; los pluviómetros seleccionados presentan una distribución más racional que los empleados por los autores anteriormente citados; la información pluviométrica básica fue procesada directamente por décadas y no a partir de estimaciones mediante el método de histograma de barras; los períodos de interés agrícola no son solamente definidos a partir del comportamiento de la lluvia, sino que se ha tomado

en cuenta en su determinación la precipitación efectiva, la demanda evaporativa de la atmósfera y la reserva de humedad productiva del suelo, calculadas por las técnicas y métodos más novedosos y aceptados en el terreno internacional; y los cálculos de los períodos de crecimiento, húmedos y secos son efectuados como resultado de la aplicación del balance hídrico agrometeorológico del suelo.

Este estudio constituye un manual de uso práctico para los funcionarios de la agricultura y muy en particular para los del Seguro Agropecuario, los cuales pueden hacer uso de él para obtener información agroclimática de diferentes zonas del país y para determinar la selección, con conocimiento de causa, de qué cultivo y variedades son factibles distribuir racionalmente por todo el país. Es una valiosa herramienta para la planificación de las fechas de siembra y para la determinación de las primas a establecer en la concertación del aseguramiento de un cultivo para cualquier región y época del año; constituye una ayuda para estimar las posibilidades potenciales para la producción de pastos y forrajes para el ganado; y permite evaluar las condiciones de crecimiento y desarrollo de un año específico respecto a las condiciones normales.

Conclusiones y Recomendaciones

Las bases de datos digitales confeccionadas en este estudio poseen información del inicio, fin y duración del período de crecimiento y de la duración de la suma de todos los períodos de crecimiento en el año, en condiciones de secano para cada cuadrícula de 1 km².

Se obtuvo la distribución espacial para toda Cuba, de las fechas de inicio y fin del período de crecimiento principal, su duración y el número de días de crecimiento en el año mediante el empleo de los Sistemas de Información Geográfica.

Los resultados muestran un método objetivo, fundamentalmente en condiciones sostenibles y de secano para evaluar el riesgo climático en la selección de que cultivo sembrar, donde establecerlo y cuando es el momento oportuno para lograr el éxito en su cosecha.

Este estudio constituye un manual de uso práctico para los funcionarios de la agricultura y muy en particular para los del Seguro de Bienes Agropecuarios, es una valiosa herramienta para la administración de los riesgos en la concertación del aseguramiento de un cultivo para cualquier región y época del año y permite evaluar las condiciones de crecimiento y desarrollo de las plantas de un año específico respecto a las condiciones normales.

Referencias

ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA. 1989: «Nuevo Atlas Nacional de Cuba». Editado por el Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba, el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía y el Instituto Geográfico Nacional de España.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. y Smith, M. 1998: «Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements». FAO Irrigation and Drainage paper 56. Rome, Italy. 300 p.

Eldin. 1986: «Variabilité climatique». Analyse et incidences sur l'établissement et l'utilisation des bilans hydriques pour le zona agri-pedo-climatique, pp 343 - 352.

Frère, M., J. Q. Rijks y J. Rea. 1978: «Estudio Agroclimático de la Zona Andina» Nota Técnica No. 161 de la O.M.M. Ginebra, Suiza, 297 p.

Menéndez C., O. Solano, R. Vázquez, J.A. Menéndez, T. de los R. Burgo, Maribel Osorio y Myriam González, María E. Martín, J.C. Marín, María del Pilar Fernández, Marlen Peñate y Teresita Gutiérrez. 2002: «Atlas Agrometeorológico de

disponibilidades hídricas para una agricultura de secano». Informe final de resultado de investigación. Instituto de Meteorología. 86 p. y 10 Anexos.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 1985: «Datos agroclimáticos para América Latina y El Caribe». Colección FAO: Producción y Protección Vegetal, No. 24, Roma, Italia.

Palenzuela E. y A. Planas. 1982: Significado agrícola de las precipitaciones. En «Guía Climática Abreviada para los Especialistas de la Agricultura». Editado por: la Dirección de Normalización, Metrología y Control de la Calidad del Ministerio de la Agricultura y el Instituto de Meteorología de la Academia de Ciencias de Cuba. La Habana, pp 105 - 165.

Rojas, O. E. 1985: «Estudios Agroclimáticos y Zonificación Agroecológica de Cultivos: Metodología y resultados». Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. OEA. San José, Costa Rica, 106 p.

Solano, O., R. Vázquez y J.A. Menéndez. 1999: «Modelo agroclimático de balance hídrico del suelo. Su importancia en el servicio agrometeorológico operativo cubano para una agricultura de secano». Disco electrónico de las publicaciones de los trabajos en la Convención Trópico'99 en el Congreso de Meteorología Tropical. Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba. Ref. MT002, 9 p.

Abstract.

To know the offer of water supply possibilities given by climatic conditions in different regions of the country, become an aspect of great importance in sustainable agriculture matters. With the effective precipitation mapping, the reference evapotranspiration and the soil productive water reserves every ten days periods (36 decades) on a normal year, the soil agroclimatic water balance was calculated. With the thematic information above mentioned and using a Geographical Information System maps were made, based on 1:1 000 000 scale, where each grid represent about 1 km² and for each 36 decades of the year. Some maps of the beginning and the end of the main growth period dates, their duration, the number of growth days in the year and finally, the sow beginning date map was made, and the general tendency of their temporary and space variations between different regions of the country was determined. The results show an objective method, fundamentally under sustainable and unirrigate land conditions, direct to evaluate the climatic risk in the selection of what crop to sow, where to establish it, and when is the right time to do it, to obtain success in harvest.

Keywords: Agroclimatology; zonification; crops growth periods.