



Revista Cubana de Meteorología

ISSN: 0864-151X

ISSN: 2664-0880

Instituto de Meteorología

Vázquez-Montenegro, Ranses J.; Solano-Ojeda, Oscar J.;  
Martínez-Boza, Ana Leydis; Sánchez Rodríguez, Loima  
El peligro por sequía agrícola en la provincia de La Habana  
Revista Cubana de Meteorología, vol. 25, núm. 3, e03, 2019  
Instituto de Meteorología

DOI: <https://doi.org/opn.to/a/tRyj9>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=701977491003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH  
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

## El peligro por sequía agrícola en la provincia de La Habana

### The agricultural drought danger in the Havana province



Ranses J. Vázquez-Montenegro <sup>1\*</sup>, Oscar J. Solano-Ojeda <sup>1</sup>, Ana Leydis <http://opn.to/a/tRyj9>  
Martínez-Boza <sup>2</sup>, Loima Sánchez Rodríguez <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba

<sup>2</sup>Universidad nacional autónoma de México, México

**RESUMEN:** Basados en la agro climatología de los principales productos del Sistema para la Vigilancia, el Pronóstico y el Alerta Temprana de la Sequía Agrícola que ejecuta el Centro de Meteorología Agrícola del Instituto de Meteorología, se diseñó el índice combinado de sequía agrícola, desarrollado sobre la base del diagnóstico del estado de la sequía agrícola (inicio y permanencia) e intensidad (severidad del estrés hídrico), el cual ofrece en tres escalas los niveles de peligro por sequía agrícola. El análisis de la frecuencia, tanto en tiempo, como en espacio, permitió procesar la información de este índice que posibilita a los encargados del análisis del riesgo, a los especialistas y a quienes toman decisiones relacionados con el sector agropecuario actuar de manera oportuna en la adopción de medidas de prevención con vistas a enfrentar períodos con presencia de sequía agrícola. El cálculo del peligro se realizó para toda Cuba, sin embargo se ha abierto una ventana de análisis en La provincia de La Habana dada la importancia de este fenómeno y aunque no lo parezca ya que aproximadamente más del 54% de su extensión territorial posee vocación agro-forestal. Los resultados además constituyen un insumo adicional para realizar el análisis de conjunto con los estudios del peligro por sequía meteorológica y agrícola con miras a obtener el peligro integrado, que a su vez constituye una capa temática en los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos.

**Palabras clave:** Peligro, sequía agrícola, riesgo, La Habana.

**ABSTRACT:** Based on the main agro climatology products as a result of the Agricultural Drought, Surveillance, Forecasting and Early Warning System, executed by the Agricultural Meteorology Center of the Meteorology Institute, was designed the combined agricultural drought index. It was developed basis on the agricultural drought diagnosis (beginning and condition) and intensity (water stress severity), which offers in three scales the danger levels due to agricultural drought. The frequency analysis in time and space, allowed us to process the information of this index that enables risk managers, specialists and decision-makers related to the agricultural sector to act in a timely manner in the adoption of prevention measures with a view to facing periods with the presence of agricultural drought. The calculation of the danger was made for all Cuba, however a window zoom analysis has been opened in the Havana province given the importance of this phenomenon although it does not seem so since approximately more than 54% of its territorial extension has an agricultural- forest.vocation. The results are also an additional input to carry out the analysis together with the studies of the meteorological and agricultural drought hazard in order to obtain the integrated hazard, which in turn constitutes a thematic layer in the hazard, vulnerability and risk studies.

**Keywords:** Danger, agricultural drought, risk, Havana.

\*Autor para correspondencia: Ranses J. Vázquez-Montenegro. E-mail: [ranses.vazquez@insmet.cu](mailto:ranses.vazquez@insmet.cu)

Recibido: 06/06/2019

Aceptado: 21/07/2019

## INTRODUCCIÓN

Uno de los eventos meteorológicos más nocivos conocidos en el planeta es la sequía, la misma es una característica normal y recurrente que ocurre en casi cualquier región climática y varía ampliamente en duración, severidad, tiempo de ocurrencia y extensión espacial. En el contexto de la 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.

En Cuba, los eventos de sequía moderada y severa se duplicaron en el período normal 1961-1990, respecto al período anterior 1931-1960. Más recientemente, las sequías ocurridas desde mayo del 2003 a mayo del 2005, las del 2010 y el 2015 han resultado los eventos más significativos conocidos en toda la historia del país, los cuales han tenido un gravísimo impacto en amplios sectores de la sociedad, la economía y el medio ambiente. Estadísticas oficiales, afirman que los daños directos a la economía, originados por este evento rebasan los 1.4 mil millones de dólares norteamericanos.

Un análisis del cálculo del peligro por sequía agrícola es empleado para dar respuesta por parte del Centro de Meteorología Agrícola al pedido del Grupo Nacional de Evaluación de Riesgo de la Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Para colaborar en los "Lineamientos metodológicos para el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo por intensa sequía".

El texto formará parte en la Versión 1 - n/09 de la Guía de estudio de PVR - Intensa sequía en su acápite

1. Primera fase: cálculo del peligro
2. Determinación del peligro por sequía agrícola

La sequía agrícola se evalúa por sus consecuencias o impactos. En el contexto de la 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 suelo y del cultivo (especie, variedad, fase de desarrollo), *existe sequía agrícola, cuando la humedad del suelo en la rizosfera se encuentra en un nivel tal que limita el crecimiento y la producción del cultivo.*

Los autores ya habían colaborado anteriormente en la determinación de la susceptibilidad del peligro de incendios en la vegetación ([Vázquez y Solano, 2009](#)), como parámetro o capa de peligro en los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo (PVR) asociados a los incendios en áreas rurales.

Llamaría la atención el hecho de que en el contexto territorial de La Habana como provincia se traten los temas agrícolas debido a la vocación prácticamente urbana que posee dicho territorio, no obstante en el presente artículo se ofrece información espacial que corrobora el hecho de que una buena parte de la provincia posee tierra agrícola utilizable, de ahí la importancia en la ejecución de estudios encaminados a ofrecer información relativa a conocer en qué medida la sequía agrícola impacta el territorio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Indicadores y metodologías para la identificación de la sequía agrícola y el peligro que representa

**Indicador básico de Sequía Agrícola:** Índice combinado de sequía agrícola (ICSA).

#### Fundamentos del ICSA:

El Índice Combinado de Sequía Agrícola (ICSA) ha sido desarrollado a partir del diagnóstico del estado de la sequía agrícola (inicio y permanencia), duración, intensidad y extensión superficial.

Los sistemas agrícolas son esencialmente complejos, con aire, agua, suelo, plantas y animales interactuando en el agro-ecosistema. Por esta razón, la sequía agrícola es calculada por un modelo ([Solano et al. 2005](#)) que se sustenta en el diagnóstico de este evento climático adverso a partir del estrés hídrico en la vegetación producido

por el déficit de humedad del suelo. Para calcular este término se requiere hallar la demanda y el suministro de agua de cada componente del complejo suelo-planta-atmósfera, en condiciones pasadas, presentes y futuras.

Se utilizan para ello las siguientes variables de entrada:

- *del suelo*, textura, fracción volumétrica de agua aprovechable, capacidad de campo e inclinación de la pendiente del terreno;
- *de la vegetación*, el coeficiente de cultivo, que a su vez depende del tipo de cultivo y su fase de desarrollo y la profundidad de las raíces absorbentes;
- *de la atmósfera* (meteorológicas), altura de la lámina de precipitación caída, temperaturas máximas y mínimas del aire, humedad del aire, déficit de saturación, radiación solar y velocidad del viento.

#### Datos

La información meteorológica utilizada en el desarrollo de los modelos, en la confección de los mapas de diagnóstico, pronóstico y amenazas de las diferentes temáticas analizadas y en el Sistema para la Vigilancia, el Pronóstico y el Alerta Temprana de la Sequía Agrícola en Cuba, proviene de estaciones de superficie.

El cálculo del peligro fue realizado para todo el país utilizando la información la red de estaciones meteorológicas y pluviométricas (Fig. 1) en Cuba durante el período 1951-2005. Aproximadamente se utiliza información de 700 estaciones, de ellas 70 pertenecientes a la red del Instituto de

Meteorología y el resto son estaciones pluviométricas parte de la red informativa del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.

#### Escalas

Los resultados del estudio de los diferentes índices agroclimáticos han sido representados, de acuerdo a su conveniencia empleando diferentes escalas temporales y espaciales.

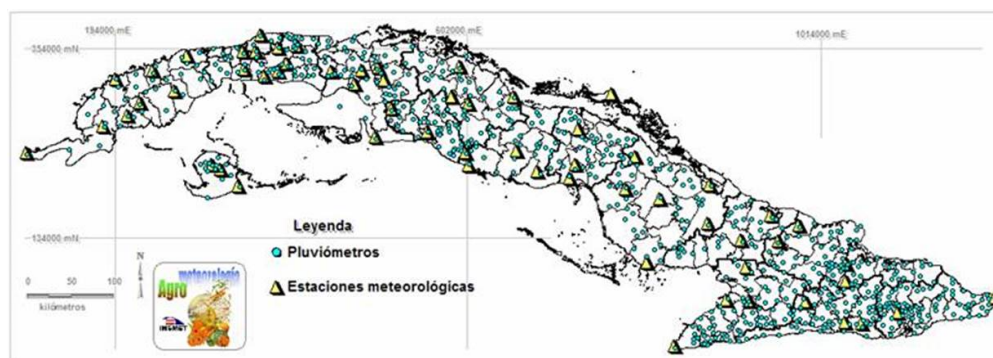
En las escalas espaciales: por localidad (celdas de 4 km de lado ó 16 km<sup>2</sup>), municipio, provincia, región y nación.

En las escalas temporales: por décadas (períodos de diez días), períodos lluvioso y poco lluvioso y anual.

La identificación de todas las estaciones de observación, meteorológicas y pluviométricas, fueron georeferenciadas utilizando datos de latitud, longitud, altitud, año del inicio y el fin del período de observaciones empleado en los trabajos de investigación.

Se creó una base de cuadrículas poligonales como entidades geográficas independientes a las cuales se les asocia un conjunto de atributos o propiedades del área que representa: identificador alfanumérico, coordenadas del centroide (planas y geográficas), región, provincia, municipio, hipsometría (mínima, media y máxima), pendiente (mínima, media y máxima), datos de suelo (textura, grado de permeabilidad, coeficiente de pérdidas de lluvia, porosidad, fracción volumétrica de agua aprovechable y almacenaje máximo de humedad del suelo en la rizosfera).

Con el dato correspondiente a las alturas se los rangos de pendientes por punto de rejilla.



**Figura 1.** Estaciones de observación empleadas en los estudios de la sequía agrícola en Cuba durante el período 1951-2005.

Con la información de la textura del suelo, utilizado conjuntamente con la pendiente del terreno, se confeccionó el mapa del coeficiente de pérdidas de lluvia. Además con esta información se obtuvo la fracción volumétrica de agua aprovechable que representa el volumen de agua que puede almacenar determinado volumen de suelo y que puede ser utilizado por las plantas.

Se programaron macros que permitieron la lectura de las rejillas de lluvia y ETo interpoladas para cada década de los periodos estudiados y la extracción de los puntos dentro del territorio descartando los valores en áreas marítimas.

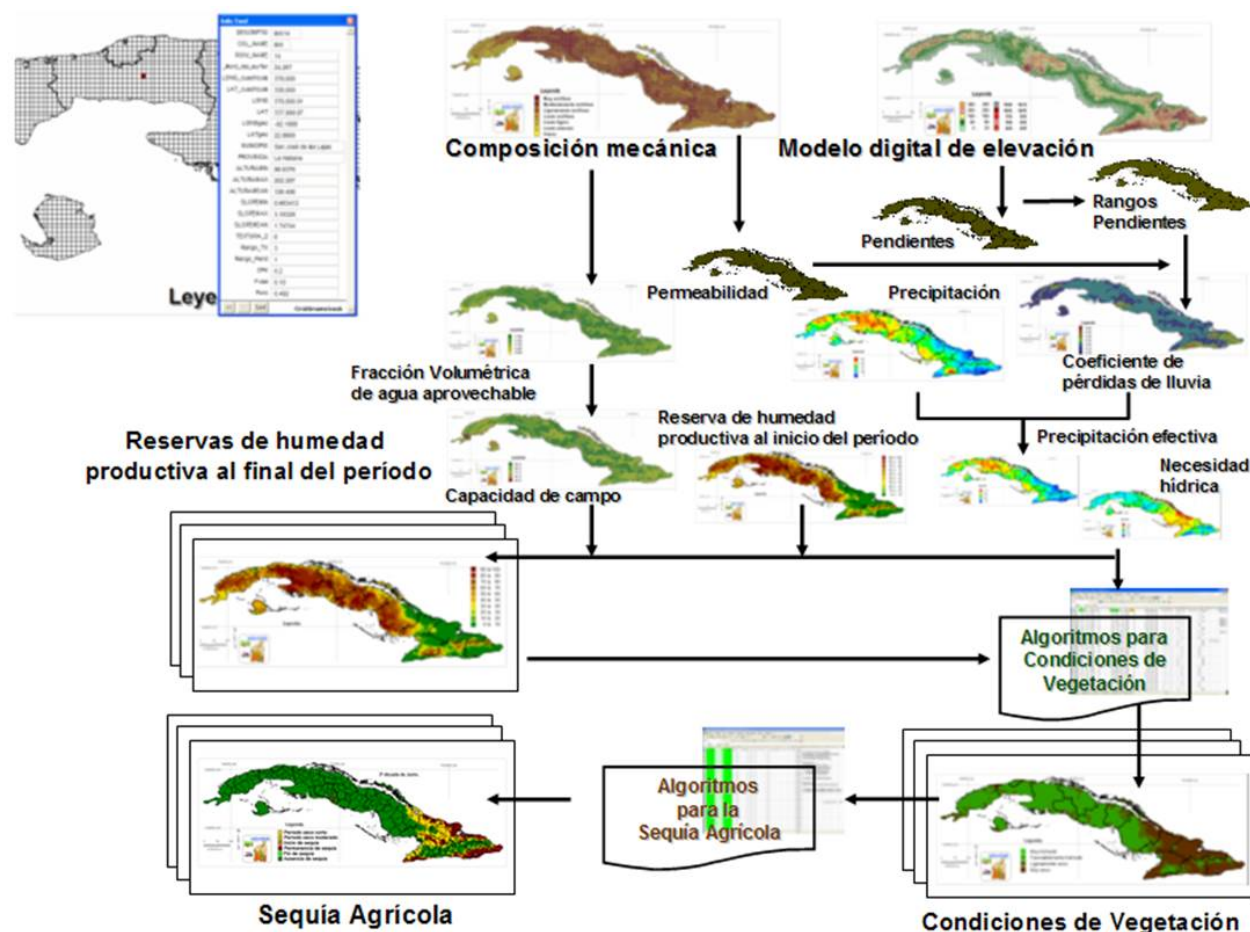
Para cada punto de la rejilla interior del territorio fueron calculados los parámetros resultantes del balance hídrico agroclimático del suelo en la rizosfera, como la reserva de humedad productiva del suelo y las condiciones de vegetación de las plantas.

Con los valores de la rejilla interior de las condiciones de vegetación se calculó el índice de sequía agrícola.

En la [Figura 2](#) se presenta una síntesis del proceso seguido, cuadrícula a cuadrícula, para evaluar la sequía agrícola mediante la combinación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los algoritmos de cálculo.

El método de balance hídrico del suelo en la rizosfera empleado en Cuba para la determinación de la sequía agrícola es el tradicional de la FAO, simplificado por [Solano et al. \(2003a\)](#) para las condiciones pedo-climáticas del país.

Sobre la base del seguimiento de los periodos de tiempo seco evaluados por el índice de humedecimiento modificado ([Solano et al., 2003b](#)), y la escala propuesta por [Solano et al. \(2000a\)](#) que permite evaluar el inicio, fin y duración de la sequía agrícola, en función de las condiciones de



**Figura 2.** Esquema de las operaciones realizadas para evaluar la sequía agrícola mediante la utilización de los SIG.



estrés hídrico que afectan a la vegetación predominante en la zona estudiada, el estado de la sequía agrícola (ESA) ha sido conceptualizado por [Solano et al. \(2005\)](#) en seis categorías:

*Período seco corto* (1): aquel período en el cual las condiciones agrometeorológicas han sido muy secas ( $Pr < ETo/2$  y  $0.00 \leq W/Wx < 0.40$ ), las cuales originaron estrés hídrico moderado en los cultivos, o severamente secas ( $Pr = 0$  y  $W/Wx = 0$ ), las cuales causaron estrés hídrico severo en los cultivos durante dos décadas consecutivas.

*Pr es la lluvia, ETo la evapotranspiración de referencia, W es la reserva actual de agua del suelo y Wx la reserva máxima de humedad del suelo.*

*Período seco moderado* (2): aquel período en el cual las condiciones agrometeorológicas causaron estrés hídrico moderado o severo en los cultivos durante tres décadas.

*Inicio de sequía* (3): aquel período en el cual las condiciones agrometeorológicas originaron estrés hídrico moderado o severo en los cultivos durante cuatro décadas.

*Permanencia de sequía* (4): aquel período en el cual las condiciones agrometeorológicas causaron estrés hídrico moderado a severo en los cultivos durante cinco o más décadas.

*Fin de sequía* (5): la segunda década donde se presentan condiciones húmedas después de un período seco, pudiendo haber entre ellas un período ligeramente seco.  $Pr < ETo$  y  $0.40 \leq W/Wx < 0.80$

*Ausencia de sequía* (6): aquel período en el cual las condiciones agrometeorológicas no originan períodos secos ni sequías.

Una vez determinado el inicio y el fin de la sequía agrícola es posible determinar la duración, la intensidad y el área afectada por el fenómeno.

Atendiendo a su intensidad (entendida como niveles de severidad por la presencia de estrés hídrico en un período temporal determinado y

antecedente), la Sequía Agrícola fue conceptualizada por [Solano et al. \(2003c\)](#) de la siguiente forma:

*Muy ligera* (1): Se corresponde con un período de tiempo seco en el cual la suma de las décadas muy secas o severamente secas que lo componen no llega a alcanzar 20% de la longitud total de un período seco de al menos 12 décadas de duración. Se incluyen también los períodos de tiempo seco corto y moderado.

*Ligera* (2): Se presenta cuando en un período seco, la suma de las décadas muy secas o severamente secas supera o iguala 20%, pero no llega a alcanzar 40% de la longitud de un período seco de al menos 12 décadas de duración. Se incluyen también los períodos de tiempo seco con 4 ó 5 décadas evaluadas como muy secas o severamente secas.

*Moderada* (3): Se corresponde con un período de tiempo seco en el cual la suma de las décadas muy secas o severamente secas supera o iguala 40%, pero no llega a alcanzar 60% de la longitud de un período seco de al menos 12 décadas de duración. Se incluyen también los períodos de tiempo seco con 6, 7 y 8 décadas clasificadas de muy secas o severamente secas.

*Severa* (4): Se presenta cuando en un período de tiempo seco, la suma de las décadas muy secas o severamente secas supera o iguala 60%, pero no llega a alcanzar 80% de la longitud de un período seco de al menos 12 décadas de duración. Se incluyen también los períodos de tiempo seco con 9, 10 y 11 décadas evaluadas de muy secas o severamente secas.

*Muy severa* (5): Se corresponde con un período de tiempo seco en el cual la suma de las décadas secas o severamente secas supera o iguala 80% de la longitud de un período seco de al menos 12 décadas de duración.

El ICSA es la suma de puntuaciones otorgadas al clasificar los ESA y la intensidad. Con el propósito de componer el ICSA se reclasifica en cuatro niveles el ESA de la siguiente manera:

*Ausencia de sequía agrícola* (0): agrupa las categorías 5 y 6.

*Sequía agrícola baja* (1): agrupa las categorías 1 y 2.

*Sequía agrícola moderada* (2): se toma en cuenta la categoría 3 o inicio de la SA que comprende aquel período seco que ha mantenido sometida a la vegetación en estrés hídrico moderado o severo con una duración de hasta cinco décadas posteriores al inicio del agotamiento del agua del suelo.

*Sequía agrícola alta* (3): se asume que la categoría 4 es la más importante ya que indica el establecimiento de la sequía agrícola, es decir se ha mantenido sometida a la vegetación en estrés hídrico moderado o severo, por un período mayor o igual a seis décadas posteriores al inicio del agotamiento del agua del suelo.

La [Figura 3](#) muestra la matriz de puntuación para la propuesta de análisis en el caso de la sequía agrícola. La evaluación se realizará para cada década en cada cuadrícula mediante la suma algebraica del valor que denomina la cualidad tanto del estado de la sequía agrícola como de la intensidad. Esto nos ofrece una matriz de resultados con un recorrido desde del 2 al 8. La categoría ausencia no se analiza, pues se asume que no hay presencia de estrés hídrico.

En un análisis diagonal de la tabla propuesta, salta a la vista el hecho de que si los valores de suma se incrementan, la severidad o peligrosidad del fenómeno estudiado aumenta. El peligro de la presencia de la sequía agrícola se expresaría al efectuar el cálculo de los terciles para dividir el recorrido de las puntuaciones en tres grupos ([Tabla 1](#)).

La representación en base a tres categorías es para propósitos; primero de mayor visión general del fenómeno y segundo para enlazar con el análisis conjunto a las sequías Meteorológicas e Hidráulica a pedido del Grupo Nacional de Evaluación de Riesgo (GNER) de la Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Esta agrupación representa por la complejidad del índice analizado, una expresión del peligro que naturalmente el fenómeno expresa.

Pudiera sumarse al análisis la existencia de sequía agrícola en condiciones precedentes al episodio de sequía que se esté diagnosticando y esto podría modificar la puntuación final de la escala de la siguiente forma:

Sumar un punto adicional sí y sólo sí:

- La sequía de corto período estacional precedente sucedió en el período lluvioso

|                |   | Fin de SA    | PSC         | ISA             | PSA         |
|----------------|---|--------------|-------------|-----------------|-------------|
| Intensidad/ESA |   | Ausencia (0) | SA baja (1) | SA moderada (2) | SA alta (3) |
|                |   |              | 1           | 2               | 3           |
| Muy Ligera (1) | 1 |              | 1           | 2               | 3           |
| Ligera (2)     | 2 |              | 2           | 4               | 6           |
| Moderada (3)   | 3 |              | 3           | 6               | 9           |
| Severa (4)     | 4 |              | 4           | 8               | 12          |
| Muy Severa (5) | 5 |              | 5           | 10              | 15          |

**Figura 3.** Matriz de puntuación para la propuesta de compilación de del ICSA según el análisis de la sequía agrícola y la intensidad.

**Tabla 1.** Categorías del ICSA de acuerdo a su gravedad y expresadas en tres categorías de peligro.

| Categorías ICSA  | Nomenclatura                            |
|------------------|-----------------------------------------|
|                  | Ausencia (0)                            |
| ICSA = 2 ó 3     | Bajo Peligro de Sequía agrícola (1)     |
| ICSA = 4 ó 5     | Moderado Peligro de Sequía agrícola (2) |
| ICSA = 6 ó 7 ú 8 | Alto Peligro de Sequía agrícola (3)     |

- La sequía de largo período precedente sólo llegó a abarcar un período lluvioso.

Sumar dos puntos adicionales si y sólo si:

- La sequía de largo período precedente llegó a abarcar dos períodos lluviosos.
- La sequía precedente fue evaluada como sequía hiperanual.

La suma total no podrá exceder nunca el valor de 8.

### **El peligro de la Sequía Agrícola, su frecuencia y representación espacio-temporal**

Dada la existencia de una extensa base de datos de las categorías de la Sequía Agrícola e intensidad, es posible obtener los valores del ICSA y a su vez las probabilidades de la presencia de dicho fenómeno mediante el análisis de la frecuencia de ocurrencia.

Una vez establecida la frecuencia de ocurrencia de cada categoría del ICSA y para cada cuadrícula y década, es posible calcular el porcentaje a cada categoría de peligro.

El GNER demanda la obtención de la información expresada en tres categorías de peligro, en períodos estacionales lluvioso y poco lluvioso y agrupamientos municipales.

La información procesada esta referida a cuadrículas y décadas, sin embargo, para ofrecer esta información de acuerdo a las exigencias del GNER es necesario dar un único valor de peligro y aunque diferentes métodos existen, se propone aplicar el método de las medias ponderadas para expresar el peligro por sequía agrícola y de este modo se podrá posteriormente ser conjugado con la sequía meteorológica.

En la [Figura 4](#) perteneciente a una cuadrícula “x”, se muestran los valores de los períodos lluvioso y poco lluvioso de un año promedio de las condiciones de vegetación (CV), sequía agrícola (SA) e intensidad (Int). El ICSA se obtuvo aplicando la suma  $Int + SA_{en4}$  (reclasificación de los valores de SA) y se expresa en tres categorías de acuerdo al cruce mostrado en la [Figura 3](#).

A continuación se cuentan los casos en cada una de las categorías para cada período, se multiplica por el valor de la categoría según corresponda, se suman y el valor ponderado final será la división del total de casos entre la suma del total ponderado.

$$\Sigma ICSA * n / \Sigma \text{años}$$

donde:

n es el número de la categoría (0, 1, 2 y 3)

Se aprecia que para el período lluvioso el valor es 0.33 y para el período poco lluvioso el valor es 2.22. Estos valores se mueven en un recorrido continuo entre 0 y 3, si se calculan los cuartiles obtenemos cuatro zonas representativas de las categorías. Por ejemplo entre 0 y 0.75 Ausencia, entre 0.76 y 1.5 Peligro bajo, entre 1.51 y 2.25 Peligro moderado y finalmente entre 2.26 y 3 Peligro alto.

Del mismo modo se procedería para obtener un único valor de peligro por municipios. En tal caso se cuentan los casos dentro de las áreas municipales y se ponderan.

Para realizar el estudio se utilizará una rejilla de resolución de 16 km<sup>2</sup> (contativa de 7626 puntos para el país), empleada por los Centros del Clima y de Meteorología Agrícola del Instituto de Meteorología y elaborada conjuntamente con el Instituto Nacional de recursos Hidráulicos, la cual deberá ser complementada con los datos certificados del período 1991 al 2007. Norma existente actualmente: 1961-1990 (por décadas).

### **Programa de cálculo**

Para la obtener el índice de sequía agrícola, se utiliza una combinación de herramientas disponibles en diversos programas, tales como: los tabuladores electrónicos (EXCEL), y los Sistemas de Información Geográficas (SURFER 7.0, Mapinfo 6.5 y Vertical Mapper 3.0).

## **RESULTADOS**

La serie en disposición en estos momentos es la referida al período 1961-2008. A la misma se han aplicado los algoritmos correspondientes y el resultado es una base de datos del ICSA para cada década de los 30 años y para cada una de las 7626 cuadrículas. A continuación se muestran una serie de mapas resultado de dicho proceso.



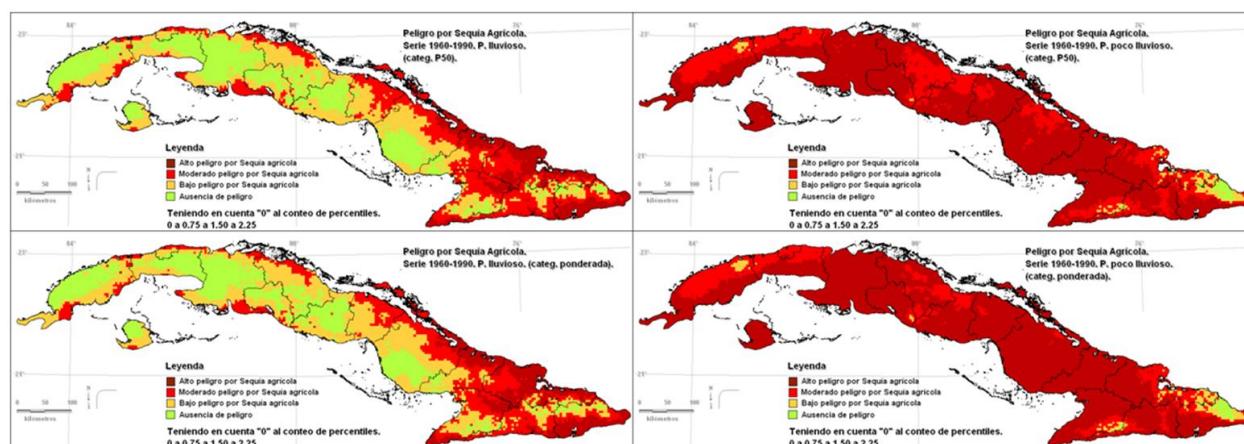
| Décadas | CV | SA | Int | SAen4 | ICSA |  |                         |      |
|---------|----|----|-----|-------|------|--|-------------------------|------|
| 13      | 2  | 4  | 5   | 3     | 3    |  | <b>P. lluvioso</b>      |      |
| 14      | 2  | 4  | 5   | 3     | 3    |  | 0                       | 16   |
| 15      | 4  | 5  | 5   | 0     | 0    |  | 1                       | 0    |
| 16      | 4  | 6  | 5   | 0     | 0    |  | 2                       | 0    |
| 17      | 4  | 0  | 4   | 0     | 0    |  | 3                       | 2    |
| 18      | 3  | 0  | 4   | 0     | 0    |  | Suma casos              | 18   |
| 19      | 3  | 0  | 3   | 0     | 0    |  | 0                       | 0    |
| 20      | 3  | 0  | 3   | 0     | 0    |  | 1                       | 0    |
| 21      | 4  | 0  | 3   | 0     | 0    |  | 2                       | 0    |
| 22      | 4  | 0  | 2   | 0     | 0    |  | 3                       | 6    |
| 23      | 4  | 0  | 2   | 0     | 0    |  | Suma ponderados         | 6    |
| 24      | 4  | 0  | 1   | 0     | 0    |  | SA único valor PII      | 0.33 |
| 25      | 4  | 0  | 1   | 0     | 0    |  | <b>P. poco lluvioso</b> |      |
| 26      | 4  | 0  | 1   | 0     | 0    |  | 0                       | 3    |
| 27      | 5  | 0  | 1   | 0     | 0    |  | 1                       | 2    |
| 28      | 4  | 0  | 1   | 0     | 0    |  | 2                       | 1    |
| 29      | 4  | 0  | 1   | 0     | 0    |  | 3                       | 12   |
| 30      | 3  | 0  | 1   | 0     | 0    |  | Suma casos              | 18   |
| 31      | 3  | 0  | 1   | 0     | 0    |  | 0                       | 0    |
| 32      | 3  | 0  | 1   | 0     | 0    |  | 1                       | 2    |
| 33      | 2  | 0  | 1   | 0     | 0    |  | 2                       | 2    |
| 34      | 2  | 1  | 1   | 1     | 1    |  | 3                       | 36   |
| 35      | 2  | 2  | 2   | 1     | 1    |  | Suma ponderados         | 40   |
| 36      | 2  | 3  | 2   | 2     | 2    |  | SA único valor PpII     | 2.22 |
| 1       | 2  | 4  | 3   | 3     | 3    |  |                         |      |
| 2       | 2  | 4  | 3   | 3     | 3    |  |                         |      |
| 3       | 2  | 4  | 3   | 3     | 3    |  |                         |      |
| 4       | 2  | 4  | 4   | 3     | 3    |  |                         |      |
| 5       | 2  | 4  | 4   | 3     | 3    |  |                         |      |
| 6       | 2  | 4  | 5   | 3     | 3    |  |                         |      |
| 7       | 2  | 4  | 5   | 3     | 3    |  |                         |      |
| 8       | 2  | 4  | 5   | 3     | 3    |  |                         |      |
| 9       | 2  | 4  | 5   | 3     | 3    |  |                         |      |
| 10      | 2  | 4  | 5   | 3     | 3    |  |                         |      |
| 11      | 2  | 4  | 5   | 3     | 3    |  |                         |      |
| 12      | 2  | 4  | 5   | 3     | 3    |  |                         |      |

**Figura 4.** Ejemplo para la obtención del único valor de peligro por períodos estacionales lluvioso y poco lluvioso de una cuadrícula “x” y para un año promedio.

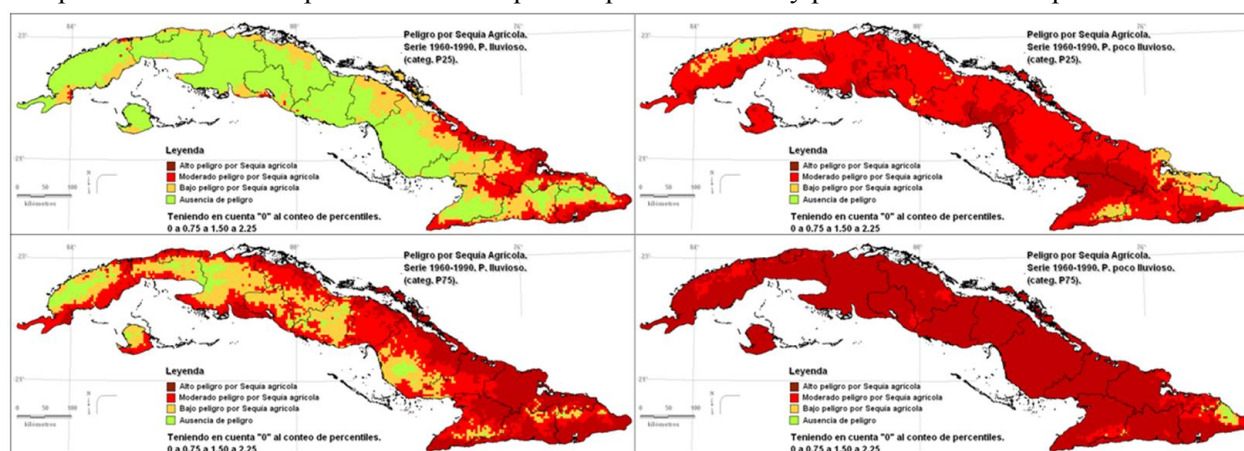
La [Figura 5](#), es la expresión cartográfica del valor central por cuadrículas del peligro por sequía agrícola, calculada para la serie disponible por dos métodos diferentes. El primer método expuesto en los mapas de la parte superior, es la mediana, ya que se dispone de 30 años se organizó la información y se calcularon los percentiles para cada punto. El segundo método (mapas inferiores) es el de la media ponderada explicado anteriormente. Al comparar ambas rejillas la diferencia no parece ser significativa ya que en el caso del período lluvioso el 89% de los casos la diferencia es menor al  $\pm 0.1$  y en el caso del período poco lluvioso es del 86%.

La [Figura 6](#) son los mapas calculados para percentil 25 (parte superior) y 75 (parte inferior) de ambos períodos estacionales (izquierda lluvioso, derecha poco lluvioso). En el caso de los mapas para percentil 25 es importante pues nos muestra la posibilidad al 75% de probabilidad de un punto pueda presentar una la categoría determina del peligro por sequía agrícola.

Teniendo en cuenta la necesidad de expresar la información del peligro por municipalidades, se ha generado un mapa municipal ([Figura 7](#)), a partir del mapa procesado con mediana de la [Figura 5](#). A la agrupación de cuadrículas contenidas en el área municipal se le aplicó la media aritmética.



**Figura 5.** Peligro por sequía agrícola para periodos estacionales lluvioso y poco lluvioso, valor promedio de la serie por dos métodos: parte superior mediana y parte inferior media ponderada.



**Figura 6.** Peligro por sequía agrícola para periodos estacionales lluvioso y poco lluvioso, a diferentes probabilidades: parte superior 75% y parte inferior 25%.

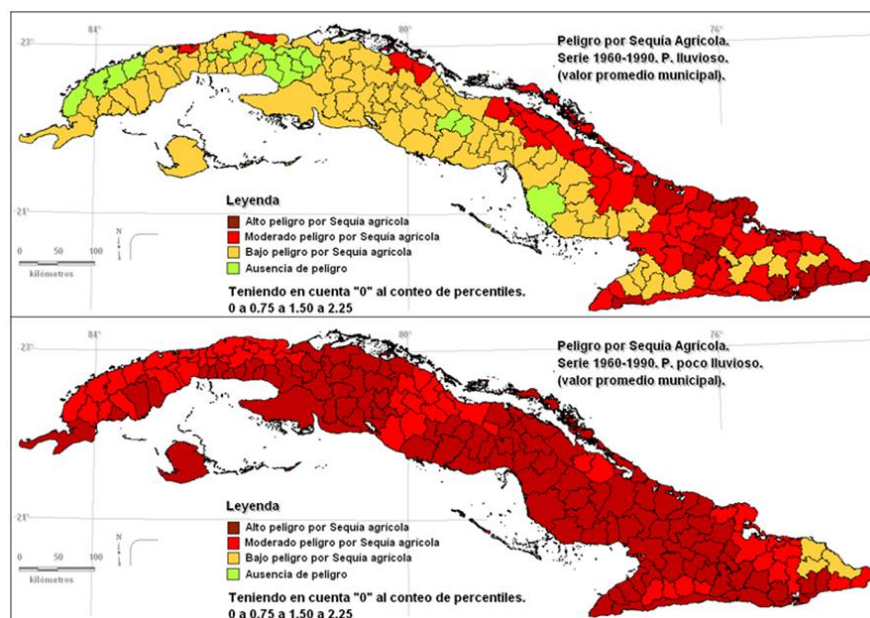
## Sequía agrícola para la provincia de La Habana

De acuerdo a la información mapeada de uso del suelo en la provincia La Habana aparecen varias categorías dedicadas básicamente a cultivos agrícolas y forestales por ejemplo: Caña de Azúcar (3%), Cítricos (1%), Café (10%), Arroz (0.4%), Frutales (2%), Granos, Tubérculos y Raíces (3%), Otros cultivos temporales (3%), Pastos y Forrajes (4%), Otros cultivos permanentes (5%), Áreas de producción agropecuaria (1%), Áreas de apoyo a la producción agropecuaria (1%) y Superficie de uso Forestal (20%), cuya suma total presenta un valor total 56%, es decir un poco más de mitad del territorio es de uso agrícola en contraposición al 44% del área dedicada fundamentalmente a: Hidrografía (4%), Asentamientos poblacionales

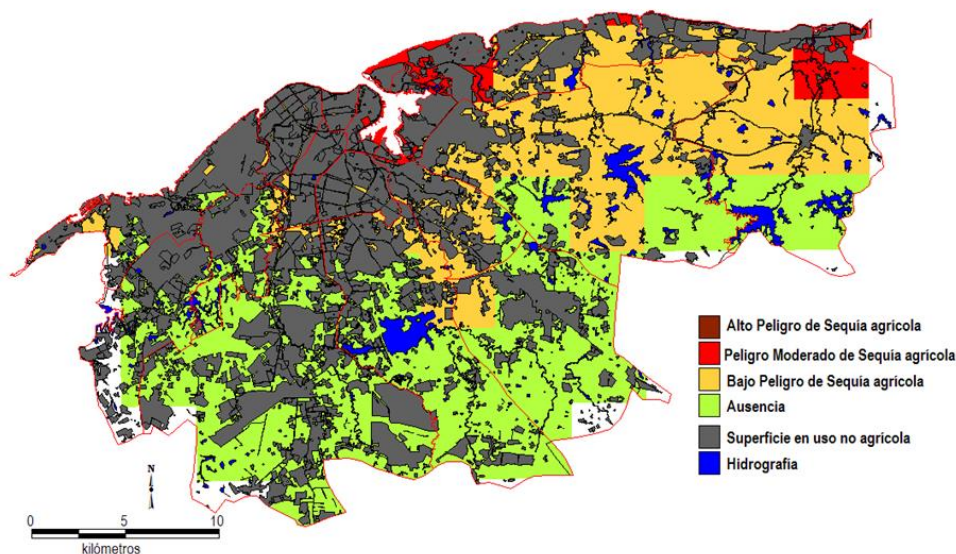
(23%), Otras instalaciones o inmuebles (10%), Viales e instalaciones del transporte (2%), Área industrial o en explotación minera (3%) y Superficie no apta para la agricultura (2%).

Las siguientes figuras son una representación ampliada para la provincia de La Habana con el valor de peligro por sequía agrícola teniendo en cuenta la localidad y para periodos poco lluvioso y lluvioso.

La [Fig. 8](#), nos presenta el Peligro por sequía agrícola para periodo estacional lluvioso, sobre la base del cálculo para cada cuadrícula. Prácticamente toda la zona centro sur de la provincia no posee peligro durante esta época del año, sin embargo del centro al norte existe una alta probabilidad de presentar déficits en la humedad de los suelos que no permitan a los cultivos en condiciones de secano vegetar correctamente sobre



**Figura 7.** Peligro por sequía agrícola para periodos estacionales lluvioso y poco lluvioso, valor promedio municipal.



**Figura 8.** Peligro por sequía agrícola para periodo estacional lluvioso.

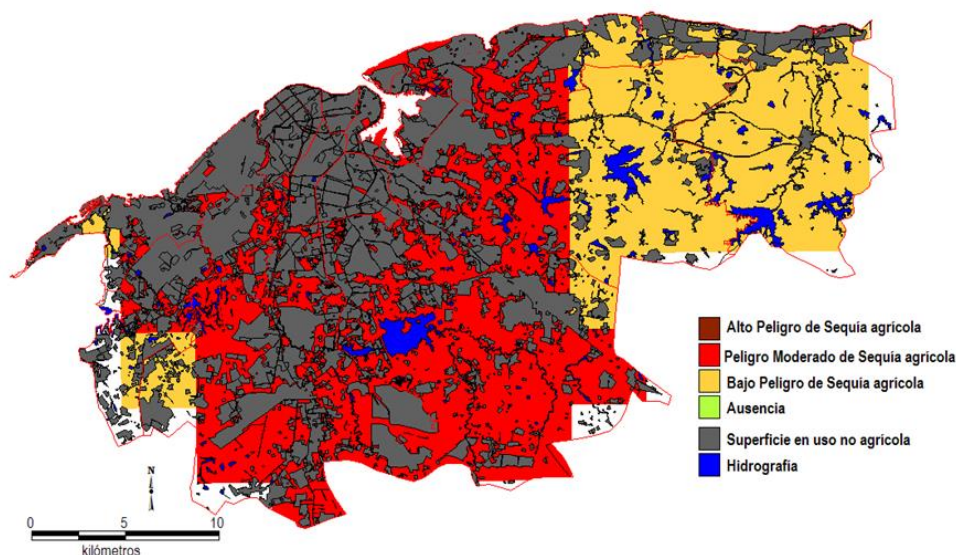
todo en la franja costera norte, por lo que los agricultores de esa zona deberán prestar atención a este resultado.

Es importante considerar que este peligro en posteriores pasos de la metodología se une al peligro por sequía meteorológica, generando un índice integrado y este a su vez se analiza por los

especialistas de conjunto con los otros índices como el de peligro hidráulico y la vulnerabilidad.

En la [Fig. 9](#), se presenta el Peligro por sequía agrícola para periodo estacional poco lluvioso, sobre la base del cálculo para cada cuadrícula. Prácticamente toda la zona centro oeste de la provincia posee peligro durante esta época del año, sin embargo la centro este posee peligro moderado.





**Figura 9.** Peligro por sequía agrícola para periodo estacional poco lluvioso.

En general durante esta época los déficits hídricos son importantes por lo que aunque haya zonas moderadas la humedad de los suelos será deficitaria en condiciones de secano.

Una breve explicación de lo que supondría la categoría de peligro si condiciones de este tipo se mantuviera en el tiempo, desde el punto de vista práctico en cuanto al impacto ambiental y la planificación agropecuaria:

### **Peligro “3” ALTO.**

Agotamiento de la reserva de humedad productiva del suelo por tiempo muy prolongado producido por la ausencia de lluvia. Su efecto origina la pérdida total de la cosecha en cultivos agrícolas y pastizales que crecen y se desarrollan en condiciones de secano, una merma severa del peso del ganado por falta de agua y de alimentos que puede conducirlo hasta la muerte. Incrementa sensiblemente el agotamiento de las fuentes y la disminución de los niveles de agua en las fuentes superficiales y subterráneas disponibles para la irrigación de cultivos y el abastecimiento de agua para el ganado. Estas condiciones originan extremo peligro de ocurrencia de incendios rurales en cañaverales, pastizales, cultivos agrícolas, matorrales y bosques, causantes de incendios de grandes proporciones.

### **Peligro “2” Moderado.**

Agotamiento de la reserva de humedad productiva del suelo a intervalos por tiempo prolongado generado por la ausencia de lluvia. Su efecto causa grandes pérdidas de la cosecha en cultivos agrícolas y pastizales que crecen y se desarrollan en condiciones de secano, mermas notables del peso del ganado por falta de agua y de alimentos. Disminuyen sensiblemente los volúmenes de de agua en las fuentes superficiales y subterráneas disponibles para la irrigación de cultivos y el abastecimiento de agua para el ganado y se originan condiciones de alto peligro de ocurrencia de incendios rurales en cañaverales, pastizales, cultivos agrícolas matorrales y bosques.

### **Peligro “1”. Bajo.**

Agotamiento de la reserva de humedad productiva del suelo a intervalos frecuentes y en ocasiones prolongados generado por la ausencia de lluvia. Su efecto causa reducciones apreciables en la cosecha de cultivos agrícolas y la alimentación del ganado que crecen y se desarrollan en condiciones de secano, disminución del peso del peso del ganado por falta de agua y de alimentos. Disminuyen los volúmenes de de agua en las fuentes superficiales y subterráneas disponibles

para la irrigación de cultivos y el abastecimiento de agua para el ganado y se originan condiciones de moderado peligro de ocurrencia de incendios rurales en cañaverales, pastizales, cultivos agrícolas matorrales podrían llegar al bosque si los incendios no se combaten a tiempo.

## CONCLUSIONES

1. Para la determinación del peligro por Sequía Agrícola, se aplicó una matriz de doble entrada que combina los estados de la SA en un momento determinado y su intensidad, analizada en un período precedente de hasta 4 meses (12 décadas), con buenos resultados.
2. Se obtuvo información del ICSA para cada cuadrícula de una serie de 30 años (1961-1990).
3. Con la serie anterior se aplicaron diferentes métodos para obtener un valor central de la categoría del peligro, además con el cálculo de los percentiles fue posible construir mapas a una probabilidad determinada.
4. Los resultados finalmente se expresan mapas de períodos estacionales lluvioso y poco lluvioso de cada municipio, tal y como lo demanda el GNER.
5. Los resultados punto a punto y década a década, están en correspondencia con los resultados del análisis de la sequía meteorológica y quedan listos para su integración en un solo indicador de peligro que contenga ambos peligros, también de acuerdo a las exigencias del GNER.

## REFERENCIAS

- Centella A., B. Lapinel, O. Solano, R. Vázquez, C. Fonseca, V. Cutié, R. Báez, S. Gonzáles, J. Sillé, P. Rosario y L. Duarte. 2007. La sequía Meteorológica y agrícola en la República de Cuba y la República Dominicana. Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD) en Cuba. 174 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, 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. 2003c. "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, 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.
- Vázquez, R. y Solano O. 2009. "Índice de susceptibilidad de ocurrencia de incendios en la vegetación.". Disco compacto de las Memorias de la VII CONVENCION INTERNACIONAL SOBRE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO. La Habana 15 p.
- MsC. Ranses J. Vázquez-Montenegro. E-mail: [ranses.vazquez@insmet.cu](mailto:ranses.vazquez@insmet.cu)
- Dr. Oscar J. Solano-Ojeda. E-mail: [oscar.solano@insmet.cu](mailto:oscar.solano@insmet.cu)
- Lic. Ana Leydis Martínez-Boza. E-mail: [ana.martinez@insmet.cu](mailto:ana.martinez@insmet.cu)

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)