

CARACTERIZACIÓN DEL PERÍODO DE CRECIMIENTO AGROCLIMÁTICO DEL MAÍZ (*Zea maíz*) EN LA PROVINCIA LOS RÍOS

CHARACTERIZATION OF THE AGROCLIMATIC GROWTH PERIOD OF MAIZE (*Zea maize*) GROWING IN THE PROVINCE LOS RIOS

Cesar Varas Maenza y Mario Herrera Soler*

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Quevedo. Provincia Los Ríos, Quevedo, Ecuador

RESUMEN

La evaluación de las condiciones agroclimáticas del cultivo del maíz (*Zea mays*) en la provincia Los Ríos, Ecuador, es un paso decisivo hacia el uso sostenible de los servicios agroecológicos que permite la racionalización de los recursos hídricos. La caracterización del Período de Crecimiento Agroclimático (PCA) del cultivo del maíz en su período de crecimiento, enmarcado entre las siembras de septiembre y diciembre, arrojó resultados que favorecen a las regiones de Quevedo, Buena Fe, Valencia, Guasaranda y Guasaranda-N, que alcanzan 150 días. Con alguna afectación en julio se encuentran Pichilingue, Quinsaloma, La Catorce y Puerto Ila, que alcanzan valores de 140 días. Las áreas con mayores afectaciones resultaron I. María, Babahoyo, Balzar, Baba, Vinces, Palenque, Urdaneta y Montalvo, con valores entre 10 y 80 días. En estas últimas zonas no son recomendable las siembras entre mayo y julio.

Palabras clave: Maíz; condiciones agroclimáticas; precipitación; evapotranspiración

ABSTRACT

Evaluating agro-climatic conditions for maize (*Zea mays*) growing in the province of Los Ríos, Ecuador, is a decisive step towards sustainable agro-ecological service use, allowing water resource rationalization. The results of the Agroclimatic Grow Period for the cultivation of maize during its growing season, extending from March sowings to July reached 150 days at Quevedo, Buena Fe, Valencia, Guasaranda and Guasaranda-N. Pichilingue, Quinsaloma, La Catorce and Puerto Ila reaching values of 140 days. The most affected areas were I. Maria, Babahoyo, Balzar, Baba, Vinces, Palenque, Urdaneta and Montalvo, with values between 10 and 80 days. In these areas, the sowing conditions are not good in May and July.

Key words: Maize, agroclimatic conditions, precipitation, evapotranspiration

INTRODUCCIÓN

Las reservas de agua en muchos lugares del globo terráqueo pasan por un momento de crisis y las perspectivas se tornan cada vez más agrestes, porque el daño sobre el agua también incluye la pérdida de su calidad por las sucesivas agresiones a que se ven sometidas las fuentes del preciado líquido. La agricultura es el sector que más agua consume para

ejercer sus acciones, por lo que su racionalización tiene una repercusión significativa sobre las reservas de este recurso.

En su cuarto reporte, el Panel de Cambio Climático concluye que existe una fuerte evidencia de la modificación del clima producto de las actividades humanas (IPCC, 2007). Este mismo panel, pero en etapa posterior concluyó que entre 1951 y el 2010 el aumento de la temperatura promedio fluctuó entre 0.5 a 1.3 °C (IPCC, 2014).

Existen evidencias a nivel mundial y nacional que muestran que la temperatura promedio sube. Como consecuencia del incremento en la concentración en la atmósfera de gases contaminantes como el dióxido de carbono, procedentes de actividades humanas.

Uno de los sectores más sensibles al cambio climático es la agricultura, y resulta muy útil el uso de índices para la evaluación del balance de humedad, por lo que representa una forma viable de estimar la vulnerabilidad a los riesgos que se derivan de los impactos globales (Ospina, 2017; Smith and Skinner, 2002). Sin embargo, existen reportes que aseveran que los daños del cambio climático pueden ser reducidos y en numerosas ocasiones estas condiciones pueden generar oportunidades en el sector de la agricultura (Carbone et al., 2003; Gbetibouo and Hassan 2005; Challinor et al., 2007a; Salinger et al., 2000).

Las condiciones térmicas derivadas del aumento de la temperatura determinan modificaciones significativas en los patrones de comportamiento de las precipitaciones y de la evapotranspiración de los cultivos, los que pueden resultar en déficits o elevaciones de los balances hídricos, los que influyen directamente en el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

En el caso específico del cultivo del maíz, se requieren de 500 a 800 mm de agua, lo que depende de la variedad y del clima. Los períodos críticos por déficits de agua son la germinación, ubicada en las primeras tres semanas de desarrollo y el período comprendido entre 15 días antes hasta 30 días después de la floración. Se ha encontrado que si hay un estrés por falta de agua, el rendimiento final disminuye de 6 a 13% por día en el periodo alrededor de la floración y de 3 a 4% por día en los otros periodos (Patricia Zarazúa-Villaseñor et al., 2011).

Los estudios agroclimáticos relacionados con la caracterización del potencial hídrico pueden contribuir a la racionalización del agua en los diferentes territorios y a la

*Autor para correspondencia: Mario Herrera Soler
Correo electrónico: mariohscu@gmail.com

Recibido: 07 de noviembre de 2017

Aceptado: 15 de abril de 2018

conservación del entorno (Herrera, 2000). La evaluación del Período de Crecimiento Agrícola (PCA) evalúa los períodos en que la precipitación satisface o no las necesidades hídricas de los cultivos, información de utilidad para el ordenamiento sostenible de los sistemas agrícolas.

Cuando se riega y el suelo se encuentra con suficiente agua, se intensifica la erosión de la corteza vegetal del suelo o cuando no se riega y el cultivo no cuenta con suficientes reservas se afectan los rendimientos. El conocimiento de las necesidades hídricas de los cultivos en cada territorio y su potencial satisfacción por las precipitaciones es imprescindible para la planificación del riego y el drenaje, acciones que ayudan a la sostenibilidad de la producción agrícola y a ordenar los cultivos según el potencial de satisfacción de las necesidades hídricas, lo que resulta básico para lograr un ordenamiento territorial en función del medio ambiente.

Existe una amplia variedad de investigaciones que incursionan sobre el efecto de la variabilidad del clima sobre los cultivos (Phillips et al., 1998; Podestá et al., 1999; Rubas et al., 2006) así como el impacto del cambio climático sobre los rendimientos de los cultivos (Rosenzweig and Parry 1994; Riha et al., 1996; Reilly et al., 2003; Parry et al., 2004).

La producción agrícola en la provincia Los Ríos tiene un gran significado para la seguridad alimentaria del país en general y los estudios que se realicen para racionalizar los insumos agrícolas de cualquier índole, adquieren connotación por los grandes volúmenes que se ven comprometidos en cada campaña. La caracterización agroclimática de la provincia Los Ríos dirigida a la evaluación del Período de Crecimiento Agroclimático (PCA) de un cultivo constituye un paso muy importante hacia el ordenamiento territorial sostenible. El trabajo tiene como objetivo caracterizar el PCA en la provincia Los Ríos para el cultivo del Maíz (*Zea maíz*).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se fundamenta en la evaluación del PCA del cultivo del Maíz en diferentes fechas de siembra (primeras decenas de marzo hasta julio). La investigación se apoya en la aplicación del software Agroclim-Map (Herrera, 2000; Herrera, M. y González, C., 2007; González et al., 2012; Frere y Popov, 1986), que presenta resultados en forma de tablas, gráficos y mapas del comportamiento de la suma de precipitaciones y de evapotranspiración de referencia en el período de crecimiento del cultivo del maíz. Se evalúa en cada decena la frecuencia con que las precipitaciones superan la mitad de la evapotranspiración del cultivo ($P > E_{Tc}/2$) para un 75% de probabilidades.

El trabajo se desarrolló en la provincia Los Ríos, Ecuador, que ocupa un territorio de unos 6,254 Km², siendo la décimo quinta provincia del país por extensión. Limita al norte con Santo Domingo de los Tsachilas, por el este con Cotopaxi y Bolívar, al noroccidente con Manabí y al oeste y al sur con Guayas (Figura 1). La investigación se realiza sobre el cultivo del Maíz (*Zea mayz*), simulándose las siembras desde la primera década del mes de marzo hasta la primera década del mes de julio, con un intervalo mensual entre cada

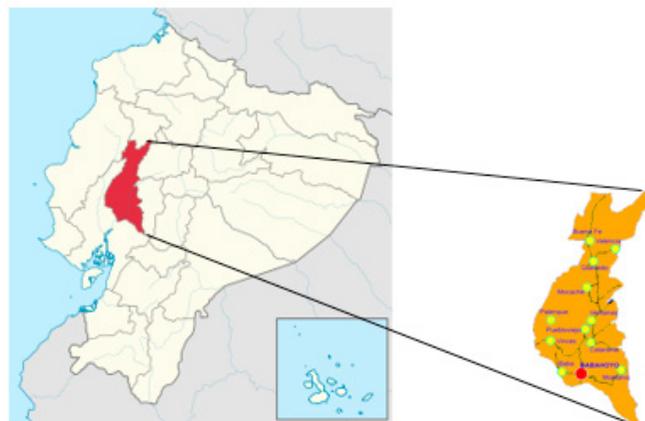


Figura 1. Mapa de la provincia Los Ríos y su ubicación en el territorio ecuatoriano.

Figure 1. Location of the study area and position in Equatorian territory.

siembra. Se consideraron las observaciones de las precipitaciones por décadas de 30 estaciones: 14 estaciones de la red meteorológica y 16 estaciones virtuales, que se obtuvieron por el método del inverso de la distancia y que aparecen distribuidas a lo largo de toda la provincia y hacia el exterior de ésta. Del total de estaciones se consideraron para la evaluación sólo aquellas que se localizaban en la provincia Los Ríos. Se calculó la evapotranspiración de referencia por Penman-Monteith en todas las estaciones de la provincia. Se considera la Capacidad de Agua Disponible y Fácilmente Utilizable para cada grupo de suelos, el cual se elaboró desde mapas de 1:25000.

Para la elaboración de los datos se utilizó el software Agroclim-Map (Herrera y González, 2007), calculándose el PCA para un período de 30 años. Los resultados se muestran a través de tablas de los valores del PCA, mapas e histogramas que indican los valores del PCA en las abscisas y del porcentaje del área en las ordenadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Período de Crecimiento Agroclimático para $P > E_{Tc}/2$ para las siembras de las primeras decenas de marzo hasta julio

Las siembras analizadas resultaron en valores mayores para los meses de marzo y abril, los que fueron disminuyendo hasta el mes de julio. Estos valores fluctuaron entre 10 días para el mes de julio en Babahoyo y 150 días para los meses de marzo, abril y mayo, hacia el Noreste de la provincia. Con mayor especificación se mostrarán los resultados posteriormente.

En la siembra de marzo el PCA fluctuó entre 130 días y 150 días, lo que representa en porcentaje de la duración del Período de Crecimiento (PC) del cultivo del maíz (150 días) un rango entre 86,5% y 100% de satisfacción de las necesidades hídricas del cultivo, localizándose las zonas con los más bajos valores en Balzar y Palenque (130 días) y Babahoyo (140 días), el resto de la provincia alcanza los 150 días (Tabla 1).

La siembra del mes de abril resultó con valores entre 110 (73.3%) y 150 días (100%). En la zona de Vinces y Balzar

Tabla 1. Comportamiento del PCA (P>ETC/2) del Maíz (*Zea maíz*) para la siembra de la primera decena de marzo.

Table 1. Behavior of PCA (P> ETC / 2) of Maize (*Zea maize*) for the sowing of the first ten of March.

LUGAR	PCA (días)	% del período de crecimiento cultivo	LUGAR	PCA (días)	% del período de crecimiento cultivo	LUGAR	PCA (días)	% del período de crecimiento cultivo
Babahoyo	140	93.3	Ventanas	150	100	Buena Fe	150	100
Balzar	130	86.5	Urdaneta	150	100	La Catorce	150	100
I.Maria	140	93.3	Montalvo	150	100	Guasaganda	150	100
Pichilingue	150	100	Montalvo-S	150	100	Guasaganda-N	150	100
Puerto Ila	150	100	Quinsaloma	150	100	Baba	150	100
Vinces	150	100	Quevedo	150	100	Mocache	150	100
Palenque	130	100	Valencia	150	100	P.Viejo	150	100

se encuentran los menores valores, con 120 (80%) y 110 días, respectivamente. Las zonas de Montalvo y Babahoyo alcanzan los 140 días (93.3%), mientras que el resto obtienen 150 días (Tabla 2).

La siembra del mes de mayo alcanzó valores entre 100 y 150 días. Los valores menores se alcanzan en Balzar (100 días) y Babahoyo (110 días). Valores intermedios en Urdaneta y Montalvo (130 días) y Ventanas, Montalvo-S, La Catorce y Puerto Ila (140 días) y el resto de las estaciones alrededor de 150 días (Tabla 3).

El análisis espacial en el mes de marzo presenta un comportamiento similar del PCA que alcanza valores menores hacia las regiones medias de la provincia y hacia el Oeste (130 días), lo que se refleja en el mapa con coloraciones tenues. Lo anterior se repite hacia el Sur, aunque con valores algo superiores alrededor de 140 días. El resto del mapa indica valores mayores por su coloración más oscura, que alcanza valores alrededor de 150 días. En el histograma adjunto se refleja en el 91.07% del área para valores mayores de 140 días. Para el mes de abril disminuye el PCA, evidente en la expansión del

Tabla 2. Comportamiento del PCA del Maíz (*Zea maíz*) para la siembra de la primera decena de abril.

Table 2. Behavior of PCA (P> ETC / 2) of Maize (*Zea maize*) for the sowing of the first ten of April.

LUGAR	PCA (días)	% del período de crecimiento cultivo	LUGAR	PCA (días)	% del período de crecimiento cultivo	LUGAR	PCA (días)	% del período de crecimiento cultivo
Babahoyo	140	86.5	Ventanas	150	100	Buena Fe	150	100
Balzar	120	80	Urdaneta	140	93.3	La Catorce	150	100
I.Maria	140	93.3	Montalvo	140	93.3	Guasaganda	150	100
Pichilingue	150	100	Montalvo-S	150	100	Guasaganda-N	150	100
Puerto Ila	150	100	Quinsaloma	150	100	Baba	130	86.5
Vinces	130	86.5	Quevedo	150	100	Mocache	150	100
Palenque	150	93.3	Valencia	150	100	P.Viejo	150	100

Tabla 3. Comportamiento del PCA del Maíz (*Zea maíz*) para la siembra de la primera decena de mayo.

Table 3. Behavior of PCA (P> ETC / 2) of Maize (*Zea maize*) for the sowing of the first ten of May.

LUGAR	PCA (días)	% del período de crecimiento cultivo	LUGAR	PCA (días)	% del período de crecimiento cultivo	LUGAR	PCA (días)	% del período de crecimiento cultivo
Babahoyo	110	73.3	Ventanas	140	93.3	Buena Fe	150	100
Balzar	100	66.6	Urdaneta	130	86.5	La Catorce	140	93.3
I.Maria	110	73.3	Montalvo	130	86.5	Guasaganda	150	100
Pichilingue	150	100	Montalvo-S	140	100	Guasaganda-N	150	100
Puerto Ila	130	86.5	Quinsaloma	150	100	Baba	120	80
Vinces	120	80	Quevedo	150	100	Mocache	130	86.5
Palenque	120	80	Valencia	150	100	P.Viejo	120	80

color tenue hacia el Sur, abarcando una mayor área, de forma que se mantienen los valores, pero en una mayor extensión. Lo anterior se evidencia en que se mantienen las barras, pero con una reducción de los mayores valores del PCA (alrededor del 4%) y un aumento de los menores (alrededor del 3%). En el mes de mayo prosigue la reducción del PCA, reflejado en los colores amarillentos en que se mostraban los menores valores en los meses anteriores. Esto queda evidenciado en la nueva barra con valores menores de 120 días (Figura 2).

Para la siembra del mes de junio los valores del PCA fluctuaron entre 90 (60%) y 150 días. Los valores mayores se alcanzan en Pichilingue, Quinsaloma, Quevedo, Valencia y Guasaganda-N, la estación de Babahoyo resultó con el míni-

mo PCA igual a 90 días, el resto de las estaciones alcanzaron valores entre 100 y 140 días (Tabla 4).

Para la siembra del mes de julio los valores del PCA fluctuaron entre 10 (6.6%) y 150 días. Los valores mayores se alcanzan en Valencia, Buena Fe, Guasaganda y Guasaganda-N, la estación de I. María resultó con el mínimo PCA igual a 10 días, mientras que Balzar, Babahoyo, Vincés, Palenque, Urdaneta, Montalvo, Baba y P. Viejo logran valores entre 40 y 60 días, el resto de las estaciones alcanzaron valores entre 100 y 150 días (Tabla 5).

La distribución espacial del PCA en el mes de junio es complejo por la diversidad de zonas con comportamientos diferentes en comparación con los anteriores escenarios. Por

Figura 2. Mapas e histogramas de distribución del PCA para las siembras del maíz en las primeras decenas de marzo, abril y mayo.

Figure 2. PCA distribution maps and histograms for maize planting in the first tens of March, April and May.

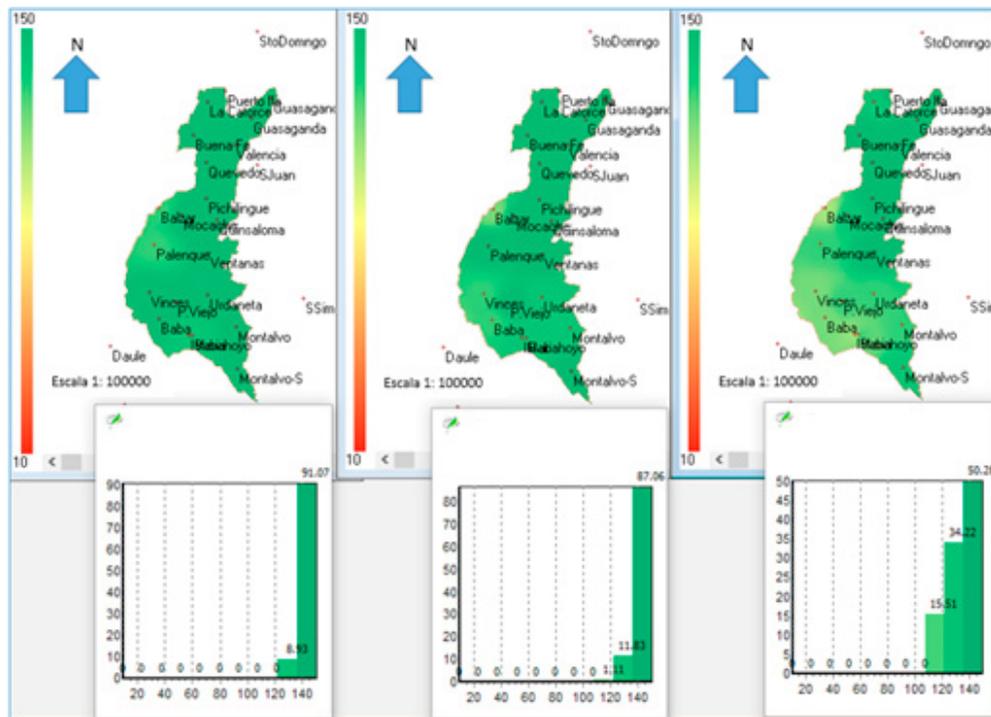


Tabla 4. Comportamiento del PCA del Maíz (*Zea maíz*) para la siembra de la primera decena de junio.

Table 4. Behavior of PCA ($P > ETC / 2$) of Maize (*Zea maíz*) for the sowing of the first ten of June.

LUGAR	PCA (días)	% del período de crecimiento cultivo	LUGAR	PCA (días)	% del período de crecimiento cultivo	LUGAR	PCA (días)	% del período de crecimiento cultivo
Babahoyo	90	73.3	Ventanas	120	93.3	Buena Fe	140	100
Balzar	100	66.6	Urdaneta	110	86.5	La Catorce	120	93.3
I.María	100	73.3	Montalvo	110	86.5	Guasaganda	140	100
Pichilingue	150	100	Montalvo-S	120	100	Guasaganda-N	150	100
Puerto Ila	120	86.5	Quinsaloma	150	100	Baba	100	80
Vincés	100	80	Quevedo	150	100	Mocache	120	86.5
Palenque	110	80	Valencia	150	100	P.Viejo	110	80

Tabla 5. Comportamiento del PCA del Maíz (*Zea mays*) para la siembra de la primera decena de julio.

Table 5. Behavior of PCA (P> Etc / 2) of Maize (*Zea mays*) for the sowing of the first ten of July.

LUGAR	PCA (días)	% del período de crecimiento cultivo	LUGAR	PCA (días)	% del período de crecimiento cultivo	LUGAR	PCA (días)	% del período de crecimiento cultivo
Babahoyo	40	26.6	Ventanas	100	73.3	Buena Fe	150	100
Balzar	40	26.6	Urdaneta	50	33.3	La Catorce	100	73.3
I.Maria	10	6.6	Montalvo	50	33.3	Guasaganda	150	100
Pichilingue	120	86.5	Montalvo-S	80	53.3	Guasaganda-N	150	100
Puerto Ila	100	73.3	Quinsaloma	120	86.5	Baba	40	26.6
Vinces	50	33.3	Quevedo	140	100	Mocache	80	53.3
Palenque	50	33.3	Valencia	150	100	P.Viejo	60	40

debajo de Balzar y Quinsaloma el PCA es menor de 120 días con un mínimo alrededor de Babahoyo, alcanzándose los mayores valores hacia el Norte, donde se encuentran todavía valores de 150 días en varias estaciones. Con respecto al mes anterior, el área con PCA superiores a 140 días se redujo a la mitad (28.05%), mientras que respecto al mes de marzo es menos de la cuarta parte. El análisis del histograma refleja nuevas barras con representación de valores menores del PCA respecto al mes anterior, lo que significa una reducción de las áreas más favorecidas (Figura 3). En julio se evidencia una significativa extensión de área con coloración rojiza, indicativo de su pobre capacidad para satisfacer las necesidades hídricas del maíz. El área con PCA inferiores a 80 días (aproximadamente el 50% del período vegetativo del maíz) es de un 50%, aproximadamente. Las áreas idóneas se locali-

zan hacia el Norte más lejano con PCA de 150 días (Valencia, Buena Fe, Guasaranda y Guasaranda-N), aunque también hacia el Noroeste más lejano se localizan zonas con valores de 100 días en La Catorce y Puerto Ila.

CONCLUSIONES

Las áreas menos afectadas o sin afectación para cualquier tipo de siembra son las localizadas en Quevedo, Buena Fe, Valencia, Guasaranda y Guasaranda-N, que alcanzan 150 días, para una total satisfacción del período vegetativa del cultivo del Maíz para las siembras entre marzo y julio. Con alguna afectación en julio se encuentran Pichilingue, Quinsaloma, La Catorce y Puerto Ila, que alcanzan valores de 140 días. Las áreas con mayores afectaciones resultaron I. María, Babahoyo, Balzar, Baba, Vinces, Palenque, Urdaneta y Montalvo, con valores entre 10 y 80 días. En estas últimas zonas no son recomendable las siembras entre mayo y julio. La consideración de estos resultados es necesario para reducir los costos de la producción del maíz y el ahorro de significativos volúmenes de agua.

BIBLIOGRAFIA

Phillips, J., Cane M. and Rosenzweig, C. (1998) ENSO seasonal rainfall patterns, and simulated maize yield variability in Zimbabwe. *Agric For Meteorol* 90:39–50.

Podestá, G., Messina, C., Grondona, M. and Magrin, G. (1999) Associations between grain crop yields in central-eastern Argentina and El Niño-Southern Oscillation. *J Appl Meteorol* 38:1488–1498.

Rubas, D., Hill, H., Mjelde, J. (2006) Economics and climate applications: exploring the frontier. *Clim Res* 33:43–54.

Rosenzweig, C., Parry, M. (1994) Potential impact of climate change on world food supply. *Nature* 367:133–138.

Riha, S., Wilks, D., Simoens, P. (1996) Impact of temperature and precipitation variability on crop model predictions. *Clim Change* 32(3):293–311.

Reilly, J., Tubiello, F., McCarl, B., Abler, D., Darwin, R., Fuglie, K., Hollinger, S., Izaurralde, C., Jagtap, S., Jones, J., Mearns, L., Ojima, D., Paul, E., Paustian, K., Riha, S., Rosenberg, N., Rosenzweig, C. (2003) U.S. agriculture and climate change: new results. *Clim Change* 57(1):43–69.

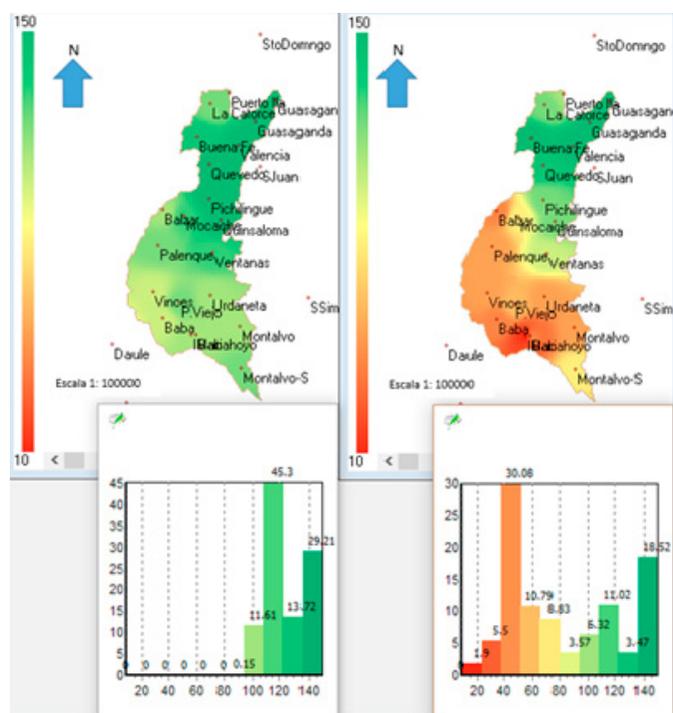


Figura 3. Mapas e histogramas de distribución del PCA para las siembras del maíz en las primeras decenas de junio y julio.

Figure 3. PCA distribution maps and histograms for maize planting in the first tens of June and July.

- Parry, M., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., Fisher, G. (2004) Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Glob Environ Change* 14:53–67.
- Zarazúa, P., Ruiz, J., González, D., Flores, H. y Ron, J. (2011). Impactos del cambio climático sobre la agroclimatología del maíz en ciénega de Chapala, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 2 1 de septiembre - 31 de octubre, 2011 p. 351-363.*
- Herrera, M. y González, C. (2007) *AgroClim: Un software para la ciencia y la docencia. Premio Relevante en Fórum Provincial, Ciudad Habana, Cuba.*
- Herrera, M. (2000) *Contribución metodológica a la zonificación agroclimática de la caña de azúcar: Caracterización agroclimática de las áreas cañeras de la provincia La Habana. Disertación PhD, Universidad Agraria de la Habana, La Habana.*
- González, C., Moutahir, H., Herrera, M., Zayas, L., Touhami, I. and Bellot, J. (2012) *Agroclim-Map, a GIS Application for Agroclimatic Systems Analysis. Proceedings of the International Conference of GIS Users, Taza GIS- Days, Morocco, 23-24 May 2012, 491-493.*
- Frere, M. and Popov, G. (1986). *Early agrometeorological crop yield assessment. Plant Production and Protection. Paper N. 73. FAO, Rome. 150 p.*
- Carbone, G., Kiechle, W., Locke, C., Mearns, L., McDaniel, L., Downton, M. (2003) *Response of soybean and Sorghum to varying spatial scales of climate change scenarios in the South-eastern United States. Clim Change* 60:73–98.
- Challinor, A., Wheeler, T., Craufurd, P., Ferro, C., Stephenson, D. (2007) *Adaptation of crops to climate change through genotypic responses to mean and extreme temperatures. Agric Ecosyst Environ* 119:190–204.
- Salinger, M., Stigter, C., Das, H. (2000) *Agro meteorological adaptation strategies to increasing climate variability and climate change. Agric For Meteorol* 103:167–184.
- Smith, B. and Skinner, M. (2002) *Adaptation options in agriculture to climate change: a topology. Mitig Adapt Strateg Glob Change* 7:85–114.
- IPCC (2007) *Climate Change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.*
- IPCC, 2014. *Climate change 2014. Nmental Panel on Climate Change, adaptation and vulnerability. Part A: Global and sectorial aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. and L. L. White, Eds.). Cambridge University Press, 1132 pp.*
- Ospina, J., Domínguez, C., Vega, E., Darghan, A. and Rodríguez, L. (2017). *Analysis of the water balance under regional scenarios of climate change for arid zones of Colombia. Atmósfera* 30(1): 63 – 76.