

Influencia de los factores agroclimáticos en la productividad de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en una zona árida de Baja California Sur, México

Agroclimatic factor influences in the basil productivity (*Ocimum basilicum* L.) in an arid area of Baja California Sur, Mexico

Francisco Higinio Ruiz Espinoza¹, Pablo Marrero Labrador², Orestes Cruz La Paz²,
Bernardo Murillo Amador¹ y José Luis García Hernández¹

RESUMEN. En la Universidad Autónoma de Baja California Sur situada al sur del Estado de Baja California Sur, México, se desarrolló un experimento durante 3 años (2002 – 2004). Evaluándose los datos climáticos en la zona, a partir de la información proporcionada por la Comisión Nacional del Agua. Las variables climáticas evaluadas fueron temperatura (T), humedad relativa (HR), evaporación (E), promediados por décadas para el período correspondiente al desarrollo de la investigación, mientras que las variables biológicas fueron rendimiento, área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF), tasa relativa de crecimiento (TRC), tasa de asimilación neta (TAN) y masa seca. Se aplicó un análisis estadístico descriptivo y multivariado, las medias se compararon por Tukey al 5 % de probabilidad, con análisis factorial, empleando el programa STATISTICA 6.0. Los resultados mostraron la relación de la temperatura y la humedad relativa con el rendimiento, lo que establece que para el máximo rendimiento de albahaca en las condiciones en que se condujo el experimento la temperatura de 32 °C y la humedad relativa de 58 % fueron las mejores.

Palabras clave: temperatura, humedad relativa, evaporación, estadístico y multivariado.

ABSTRACT. In the Autonomous University of South Baja California located to the south of the State of South Baja California, Mexico, an experiment was carried out during 3 years (2002–2004). The climatic data was evaluated using the information provided by the National Commission of the Water. The climatic variables evaluated were temperature (T), relative humidity (HR), evaporation (E) the averaged for the period corresponding to the development of the investigation, while the biological variables were yield, foliage area (FA) the index area of foliage (IAF), growth rate indices (TRC), rate of net assimilation (SO) and dry mass. An analysis statistical descriptive and multiple variants was applied, the stockings were compared by Turkey (5 %) probability, with factorial analysis, using the STATISTICA 6.0 program. The results showed the temperature and relative humidity in regards to the yield, which resulted a maximum basil yield in respect to the temperature 32 °C and the relative humidity of 58 %.

Keywords: temperature, relative humidity, evaporation, statistical and multiple variants.

Recibido 07/07/07, aprobado 12/11/07, trabajo 09/08, investigación.

¹ MSc., Ing. Prof., Universidad Autónoma de Baja California Sur, E-✉: fruib@uabcs.mx

² Dr., Profesor Titular. Universidad Agraria de La Habana, Departamento de Fitotecnia.

Agradecimiento (Acknowledgement): al Dr. Eduardo Jeréz Mompies, Investigador Titular del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas por la colaboración en esta investigación.

INTRODUCCIÓN

La productividad de los cultivos está gobernada por complejas interacciones entre el clima y los procesos ecofisiológicos que estos conllevan. El éxito productivo no solo depende de la intensidad de los estímulos climáticos sino también de la secuencia temporal de estos durante el ciclo de la vida de los cultivos. La temperatura, la radiación solar y el agua en el suelo son los tres principales factores meteorológicos que regulan los procesos ecofisiológicos y metabólicos en las plantas. Los sistemas productivos cada vez más se reducen a los dos primeros (Santivañez, 2001). Murata, 2003 estableció que estos factores son limitantes para el rendimiento de los cultivos en especial durante en el período comprendido entre la distribución foliar y la producción de semillas. La ocurrencia de bajas y altas temperaturas, la variación entre la humedad relativa y evaporación, son la principal limitante para el cultivo. Uno de los aspectos más importantes en la producción de plantas medicinales es alcanzar altos rendimientos de material vegetal y elevados contenidos de principios activos, lo que depende de factores internos de la planta, como son aquellos relacionados con el adecuado crecimiento de la especie en cuestión, los referidos a la recolección y también las condiciones climáticas, pues como seres vivos las plantas están en constante interacción con el medio que las rodea; esencialmente el clima influye en un momento determinado en su crecimiento y desarrollo, en especial en la producción de sus metabolitos secundarios.

Para la producción de plantas medicinales es fundamental contar con prácticas de manejo del cultivo y del clima capaces de modificarlos acorde a sus requerimientos, lo que implica la adopción de técnicas y métodos que posibiliten rendimientos con alta calidad.

Principios agrícolas básicos, en primera instancia, que la manipulación de su siembra o plantación estén condicionada a que las plantas crezcan y germinen adecuadamente; que se adopten sistemas de producción agrícola basados en rotaciones y policultivos, también que se realice la cosecha en el momento apropiado, en dependencia de sus requerimientos climatológicos.

Un rendimiento significativo de los cultivos, con poca inversión de capital se puede lograr cuando la siembra o plantación se realice en época oportuna y se utilicen adecuadas densidades y espaciamientos.

Respecto a la época, su manejo depende, tanto de factores climáticos como fisiológicos de la planta; se conoce que determinados rangos de temperatura, luz y precipitaciones intervienen directamente en la germinación, crecimiento y desarrollo de las plantas, además estos factores no se comportan por igual para todas, ni durante todo su ciclo de vida.

Los estudios agrometeorológicos contribuyen al conocimiento cuali-cuantitativo de la relación tiempo-producción agrícola y aportan información detallada de los elementos agroclimáticos en su magnitud, frecuencia y variabilidad.

El objetivo de este trabajo fue analizar la relación entre indicadores agroclimáticos vinculados con el rendimiento de albahaca (*Ocimum Basilicum* L.) en las condiciones ambientales del municipio de La Paz, BCS.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Universidad Autónoma de Baja California Sur, perteneciente al municipio de La Paz, situada en las coordenadas 24° 10' latitud norte y 110° 19' longitud oeste, al sur del Estado de Baja California Sur, México, se desarrolló un experimento durante 3 años (2002 – 2004) sobre un suelo Yermosol Háptico (FAO-UNESCO, 1999; Fenech, 2003; Beltrán 2006), según la clasificación de suelos. Con moderada a baja capacidad de intercambio catiónico y considerable nivel de salinidad, problema que se ha acrecentado por la desmedida explotación del manto freático y la consecuente intrusión de aguas del mar en el mismo.

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por (García, 1981) para nuestro país, la ciudad de La Paz, que presenta un clima BW(h') HW(e), es decir, seco desértico, cálido. La temperatura promedio anual es de 29,6° C, siendo las máximas de 36,0° C y las mínimas de 18,1° C, los valores máximos ocurren en el mes de julio y los mínimos en el mes de enero. Recibe una precipitación total anual de solo 184,8 mm. La evaporación potencial excede ampliamente la precipitación, resultando un déficit de agua alrededor de 2 472 mm anuales y una humedad relativa promedio de 62 % mensual, mientras que la insolación diaria es de 8,5 horas.. Donde los parámetros agronómicos evaluados fueron: rendimiento, área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF), tasa relativa de crecimiento (TRC), tasa de asimilación neta (TAN) y masa seca. Los factores climáticos se evaluaron en la zona mediante datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2006), la temperatura (T), humedad relativa (HR), evaporación (E) fueron promediados en décadas para el período correspondiente al desarrollo de la investigación, mientras que los resultados obtenidos fueron objeto de un análisis estadístico descriptivo y multi variante, las medias se compararon por Tukey al 5 % de probabilidad, la técnica utilizada ha sido el análisis factorial, empleando el programa STATISTICA 6.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tanto los años como las variables climáticas influyeron significativamente sobre los rendimientos. Por su parte la diferencia que mostró el tercer año, presentó el mayor rendimiento, fue de 8,3 t ha⁻¹ con respecto al primer año que fue de 6,1 t ha⁻¹.

El análisis de componentes principales mostró que uno de ellos explica el 33,04 % de la variación total (Cuadro 1), aunque el aporte del componente uno es relativamente mayor que el componente dos, que a vez este tiende a tener una menor influencia sobre los parámetros que en él se conjugan. También se pudo establecer que en el componente principal uno, las variables de mayor peso fueron en su orden, tasa de asimilación neta, tasa relativa de crecimiento, masa seca y

área foliar, las cuales establecen el componente del rendimiento del cultivo, mientras en el componente principal dos, fueron las variables de humedad relativa, evaporación e índice de área foliar que a su vez conforman la caracterización climática para la producción (Cuadro 2).

CUADRO 1. Autovalores de los componentes principales

CP	Autovalores			
	Extracción: componentes principales			
	Autovalores	% Varianza total	Autovalores Acumulado	% Acumulado
1	2,973926	33,04362	2,973926	33,04362
2	1,382647	25,36275	4,356573	58,40637

CUADRO 2. PCA variable loadings

Relación entre cada variable Extracción: componentes principales (<i>Marked loadings are >700 000</i>)		
	Factor	Factor
HR	0,530802	0,554427
T	0,222832	0,260533
E	0,105517	-0,689011
IAF	-0,268290	-0,630757
TAN	-0,840931	0,081054
TRC	-0,880479	0,103806
Masa seca	-0,763271	0,337393
Af	-0,591691	0,059429
Rendimiento	-0,379896	-0,008887
Expl.Var	2,973926	1,382647
Prp.Totl	0,330436	0,153627

En la Figura 1 se puede apreciar que las variables climáticas (T, HR y E) tienen una relación positiva con el componente principal, mientras que mantienen una relación negativa con el rendimiento agrícola y con las variables de crecimiento, como son IAF, AF, masa seca, TRC, estas relaciones indican que a medida que incrementan las condiciones climáticas disminuye el rendimiento agrícola, por lo que se puede establecer que la temperatura influye directamente en el crecimiento y longitud de la planta durante su ciclo vegetativo, por lo tanto, la alternancia de temperaturas nocturnas y diurnas, por lo general, representan una ganancia neta de material fotosintetizado consecuentemente, con mejor desarrollo del cultivo e incremento del rendimiento agrícola, lo que pone de manifiesto los resultados señalados por Sivakumar *et al.*, 2000; Parry, Rosenzweig y Livermore, 2005; Rosenzweig y Hillel, 2005.

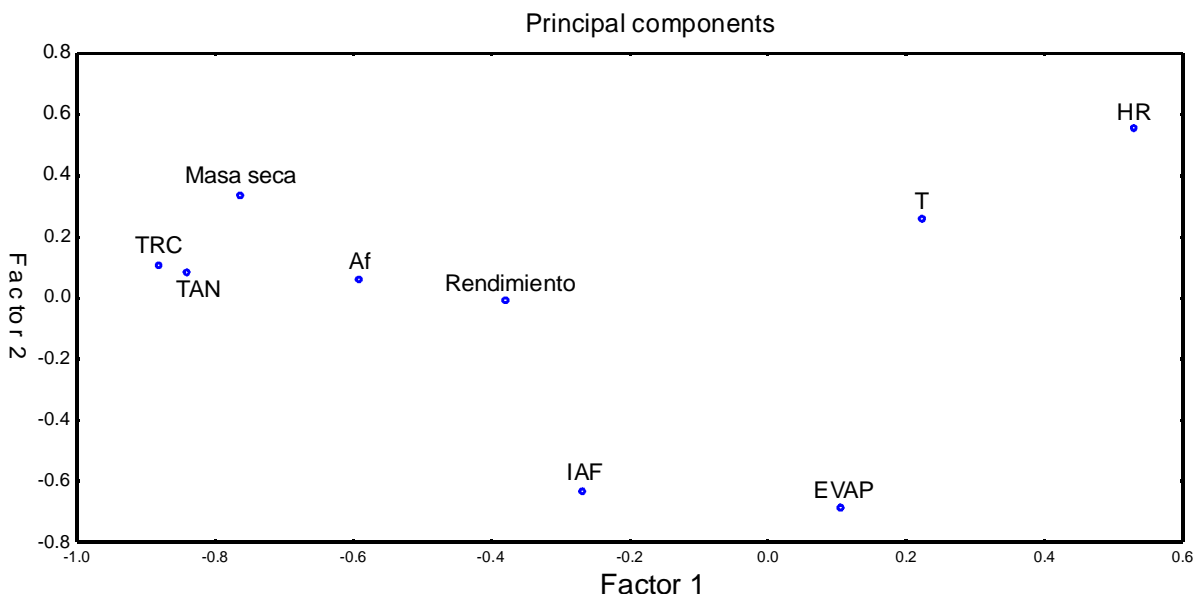


FIGURA 1. Muestra el agrupamiento de las variables en los componentes principales

Analizando las variables climáticas entre los años del estudio y las décadas del experimento se puede observar en la Figura 2 que la temperatura (°C) y la humedad relativa (%) tienen relación con el rendimiento, lo que establece que para el máximo rendimiento de albahaca en las condiciones en que se condujo el experimento la temperatura donde obtuvo mejor comportamiento y alcanzó el máximo rendimiento fue de 32 °C y de la misma manera la humedad relativa fue de 58 %.

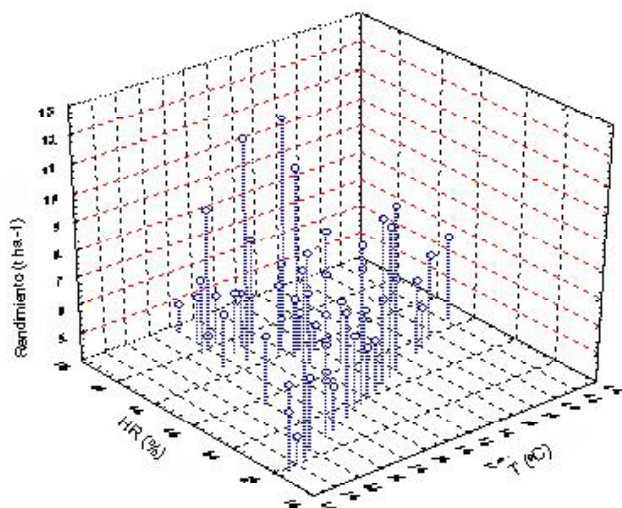


FIGURA 2. Relación de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y la humedad relativa (%) con el rendimiento agrícola de albahaca, obtenido bajo las condiciones de Baja California Sur, México, 2002-2004.

A su vez en los resultados obtenidos se mostró una relación positiva del IAF ($r=0,49$) con el rendimiento agrícola obtenido, de la misma manera también se encontró una relación significativa entre el AF y el IAF ($r=0,76$), lo que es lógico, debido a que estos parámetros de crecimiento están íntimamente relacionados entre sí. Esto se puede deber, en lo fundamental, a que medida que se incrementa el área foliar se incrementa la producción de materia seca, por lo que cabe destacar que bajo las condiciones ecológicas y edafoclimáticas en que se desarrolló el presente estudio, el cultivo de la albahaca alcanzó su plena capacidad productiva, esto presupone que por la zona de estudio se puede expresar que la albahaca expuesta a mayor intensidad de radiación solar muestra una menor razón fuente-sumidero, lo cual indica que existió una tendencia a un mayor incremento del rendimiento agrícola. Al respecto (Maddoni *et al.*, 2000) establecen que el

IAF es un indicador del desarrollo del cultivo, el uso del agua y la productividad, a lo que se puede agregar que a medida que se conoce el comportamiento del desarrollo foliar y la capacidad que tiene el cultivo para tener una superficie fotosintética y un aumento en la masa seca, se pueden inferir los rendimientos. Asimismo esto corrobora lo señalado por varios autores (Ferreira y Abreu, 2001 y Ramalho *et al.*, 2000) donde mencionan que la capacidad con que un vegetal puede interceptar la radiación solar está altamente correlacionada con el crecimiento, las prácticas de cultivo y asimilación de nitrógeno, su relación con la fotosíntesis y por lo tanto con las condiciones climáticas de la zona de estudio.

CONCLUSIONES

- En nuestro camino hacia una mayor producción, la comunidad científica que se dedica a la investigación en agricultura se enfrenta con el desafío de equilibrar la continua necesidad de aumento en la productividad con los nuevos y crecientes problemas de la sostenibilidad de los sistemas de producción y la degradación del medioambiente. Esto señala el fundamental y nuevo papel de la agrometeorología en el mundo. Dentro de las áreas prioritarias a considerar está el estudio de las interacciones entre clima, gestión de recursos en cultivos perennes y tecnología agrícola para desarrollar indicadores climáticos y agroclimáticos que permitan vincular el efecto de las condiciones climáticas sobre la respuesta del cultivo. Particularmente, de la relación entre fenología y rendimientos, con los objetivos de predicción de cosecha, reducción de riesgos, mitigación de los efectos de la variabilidad climática y disminución de impactos sobre el ambiente. Visto de esta manera la agroclimatología puede ayudar a la industria agrícola a mejorar la producción, reduciendo gastos y riesgos sin necesidad de recurrir a insumos adicionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERREIRA, A.S. and G. ABREU: "Description of development, Light interception and growth of sunflower at two sowing dates and two densities", *ELSIEVIER, Mathematics and Computers Simulation* 56: 369-384, 2001.
- MADDONNI G.A; E. OTEGUI and G. CIRILO: "Plant population density, row spacing and Irbid effects on maize Canopo architecture and Light attenuation", *Field Crops Research*, 71:183-193, 2001.
- MURATA, Y.: "Estimation and simulation of rice from climatic factors", *Agricultural Meeorology*, vol. 4(3):117- 131, 2001.
- PARRY, M.; C. ROSENZWEIG, and M. LIVERMORE: "Climate change, global food supply and risk of hunger". *Phil. Trans. Royal. Soc., B Biol. Sci.* 360, 2125-2138, doi:10.1098/rstb. 1751. 2005.
- RAMALHO, J. C.; L. PONS; W. GROENEVELD; G. AZINHEIRA and M.A NUNES: "Photosynthetic acclimation to high light conditions in mature leaves *Coffea Arabica* L: Role of xanthophylls, quenching mechanisms and nitrogen nutrition", *Australian Journal of Plant Physiology*, vol. 27(1):43-51, 2000.
- ROSENZWEIG, C. and D. HILLEL: *Global warming and agriculture*, pp. 183-209. In *Perspectives in World Food and Agriculture*, Volume 2 (J.A. Miranowski and C.G. Scanes, Eds.), Blackwell publishing, Ames, Iowa, 2005.
- SANTIVÁÑEZ, F.Q.: "El modelado del crecimiento, desarrollo y producción del maíz sobre bases ecofisiológicas mediante el modelo simproc", *Rev. Arg. De Agrometeorología*, vol.1(1):7-16, 2001.