

Zonificación agroclimática del tomate (*Solanum lycopersicum*) en condiciones de campo, municipio Contramaestre.

Agroclimatic tomato (*Solanum lycopersicum*) under field conditions, Contramaestre municipality.

Autores: Dasnay Martínez-López, Dr C. Vicente Rodríguez-Oquendo.

Organismo: Centro Meteorológico Provincial de Santiago, Cuba, Facultad Agroforestal de Montaña. Universidad de Guantánamo, Cuba.

E-mail: dasnaymartinez@scu.insmet.cu, vicente@fam.cug.co.cu

Resumen.

Desarrolla la zonificación agroclimática del tomate en zonas productivas de Contramaestre, con el objetivo de delimitar cartográficamente capacidad de las áreas del territorio, obtener producciones de tomate con buenos rendimientos, utilizando para ello, los requerimientos edafoclimáticos del cultivo, determinando los rangos de adaptabilidad para variables climáticas: temperatura máxima media, temperatura mínima media y temperatura media, la humedad relativa y la precipitación, selección de las áreas con mejores condiciones para el establecimiento del cultivo; a partir de estos elementos definir las categorías para la zonificación del tomate, los resultados sugieren que en las zonas óptimas el rendimiento potencial es de 34 t.ha⁻¹ significa que la mejor zona es Contramaestre; las adecuadas con 17,3 t.ha⁻¹ se reflejan en Baire, Los Pasos, Romana Siete y parte de Contramaestre. Las malas: Laguna Blanca y La Otilia con 10,5 t.ha⁻¹ y las catalogadas como pésimas: Los Negros, la Torcaza y Laguna Blanca con 7 t.ha⁻¹.

Palabras clave: clima; suelo; tomate; zonificación

Abstract.

Developing agroclimatic tomato production areas Petty Township, with the objective of capacity cartographic delimitation of the various areas of territory, to obtain tomato production in good yields, utilizing, edafoclimatic cultivation requirements, determining the range of adaptability to temperature climate variables average maximum average minimum temperature and average temperature, relative humidity and precipitation selection areas with better conditions for the establishment of the crop from these elements define categories for zoning tomato, the results suggest that in areas optimal yield potential is 34 t.ha⁻¹ means that the best area is the Contramaestre; adequate with 17,3 t.ha⁻¹ are reflected in Baire, Steps, Roman and part of Contramaestre Seven. The bad: Laguna Blanca and Otilia with 10,5 t.ha⁻¹ and labeled as bad: Blacks, the dove and Laguna Blanca with 7 t.ha⁻¹.

Keywords: climate; soil; tomato; zoning.

Introducción.

El tomate (*Solanum lycopersicon* L.) es uno de los cultivos hortícolas de mayor significación comercial en el mundo; de alta demanda y gran importancia en la dieta de la población, tanto en el consumo fresco, como en conservas (Prohens y Nuez, 2008). Su rendimiento es bajo en la mayoría de los países tropicales, debido al efecto negativo que ejercen los factores climáticos; fundamentalmente las altas temperaturas, lluvias y humedad relativa elevada, así como la incidencia de plagas y enfermedades causantes de severos daños a las plantas (FAOSTAD, 2006).

Actualmente la agricultura cubana (Valdés y Rosalva, 2010) adolece de no tener a su disposición estudios que le permitan tener en cuenta las particularidades descritas anteriormente, luego, al no existir una zonificación agroclimática en las unidades productivas agrícolas no se realiza un adecuado aprovechamiento de las diferentes variables climática.

Sin embargo, para lograr un adecuado crecimiento y producción de los cultivos, es imprescindible tener en cuenta las condiciones agroecológicas de la región que se trate. Silva (1994), señaló que la zonificación agroecológica es una de las principales herramientas para disminuir los riesgos a los que está sometida la agricultura.

Desarrollo.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en siete (7) entidades de producción agrícola del municipio Contramaestre, provincia Santiago de Cuba durante los años 2000 - 2010.

Las unidades de muestreos fueron las siguientes:

Empresa azucarera. Empresa Cultivos Varios Baire. Empresa Cultivos Varios Laguna Blanca
Empresa Cítrico América Libre. Empresa Café Contramaestre. Procesadora Café
Empresa Pecuaria Grito de Baire y la Empresa Cultivos Varios "Renier Pérez".

Los parámetros evaluados fueron

Caracterización climática del área de estudio

Se llevó a cabo el análisis climático del territorio, según la (Clasificación de Köppen modificada, 1936 citado por Lorente Mercedes *et al.* (2009). Utilizando los datos de la Estación Meteorológica de Contramaestre, la cual fue definida por la O.M.M. como la 363 del bloque 78 y se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas: latitud: 20°17'42" N y longitud: 76°15'59" W, a una altura de 99,79 metros sobre el nivel medio del mar (Historia de la Estación Meteorológica de Contramaestre, 2011).

Las variables meteorológicas fueron agrupadas y representadas para su mejor descripción, siendo las mismas:

Temperatura del aire media, máxima media y mínima media (°C). Humedad Relativa media, máxima media y mínima media (%). Precipitaciones: acumulado total mensual y lluvia por períodos (mm). Horas luz promedio mensual.

Se realizó además una correlación entre los datos tomados de las observaciones reportadas por la estación meteorológica de referencia durante el período comprendido 1977–2010 y los estudios representados gráficamente en el Atlas Santiago de Cuba (Viña *et al.*, 1991).

Clasificación de los suelos respecto al área de estudio

Para el diagnóstico y la clasificación de los suelos, se utilizó la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba del Instituto de Suelos (Hernández *et al.*, 1999).

Análisis estadístico espacio temporal de los rendimientos productivos mensuales con los datos meteorológicos

Se realizó el análisis estadístico espacio temporal de los rendimientos productivos de cada una de las unidades productivas con los datos meteorológicos de cada año de estudio donde se determinó las variables que más influyen. Para esto se utilizó el SPSS Versión 13,0 (Análisis multivariable), la base de datos que incluye las variables meteorológicas: temperatura (media, máxima media y mínima media del aire, máxima y mínima del suelo), humedad relativa y acumulado de precipitación, conformada a su vez por datos de rendimientos productivos mensuales en t.ha⁻¹ de los años 2000-2010 de cada una de las entidades seleccionadas que producen tomate, ubicadas en el municipio de Contramaestre, los datos meteorológicos fueron obtenidos del archivo del Centro Meteorológico Provincial de Santiago de Cuba y los datos productivos de las UBPC seleccionados se obtuvieron del Departamento de Estadística de cada una de ellas.

Propuesta metodológica para la zonificación agroclimática

Para la determinación de las zonas de alta potencialidad para el cultivo se utilizó el procedimiento de Zonificación Agroecológica propuesto por la FAO (1981).

La metodología utilizada en esta investigación se dividió en las siguientes etapas:

Primera etapa: se seleccionó los requerimientos bioclimáticos del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*) reportados por el siguiente sitio de Internet: <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate3.asp-59k> y por el manual del cultivo de tomate revisado por Corpeño (2004).

Segunda etapa: recopilación y depuración de la información meteorológica básica.

Tercera etapa: análisis de los datos básicos y/o elaboración de los derivados.

Las variables principales que se consideraron para determinar las zonas con alto potencial productivo en el cultivo de tomate fueron: clima y suelo por la relación directa que guardan con el rendimiento del cultivo; se utilizaron además los datos de la red del INRH provincial de Santiago de Cuba, para que la información sea más representativa, por ser la lluvia muy variable (2000 - 2010).

4) Cuarta etapa: Cartografiado, elaboración del mapa final. Para la preparación de la base cartográfica se utilizó el Sistema de Información Geográfica MAPINFO Versión 10,0.

Resultados y discusión

Análisis estadístico espacio temporal de los rendimientos productivos mensuales con los datos climáticos en las empresas productivas evaluadas en la investigación.

Se hizo un análisis estadístico donde fueron analizadas en cada una de las áreas productivas escogidas la correlación existente entre las variables climáticas y los rendimientos productivos en el período 2000 - 2010.

La tabla 1 muestra la correlación entre producción y variables climáticas en cada una de las áreas productivas escogidas, en el período 2000 – 2010, donde resultó que en la Empresa Azucarera (01), la variable temperatura máxima media del aire es la que más impacto tiene en los rendimientos productivos en comparación con el resto de las variables (β estandarizado 1,777), actúan en correspondencia, es decir, a medida que es mayor el valor la temperatura máxima media mayor será el impacto ocasionado a la producción del tomate en dicha entidad, queda explicado en un 82,20% ($R^2= 0,822$).

Teniendo en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos, lo que demuestra que esos valores de temperatura son perjudiciales para la producción de tomate en el municipio Contramaestre.

Lo anterior se relaciona con el proceso de fructificación del tomate, las temperaturas inciden sobre el desarrollo de los frutos, acelerándose la maduración a medida que se incrementan las temperaturas. No obstante, por encima de los 30 °C (o por debajo de los 10 °C) los frutos adquieren tonalidades amarillentas (MINAGRI, 2000).

Según Corpeño (2004) las oscilaciones elevadas de temperaturas por encima de los 30 °C, limitan el cuajado del fruto, aunque puede haber diferencias entre cultivares, ya que las casas productoras de semillas, año con año, mejoran estos aspectos a nivel genético, por lo que hoy en día se pueden encontrar variedades que cuajan perfectamente a temperaturas altas.

En la empresa de Cultivos Varios Baire (02), la variable que más influye en relación con las demás es la variación de la temperatura mínima media del aire con valor de β estandarizado 0,695, de hecho la correlación entre estos es significativa ($R^2= 0,744$), es decir el resultado indica que en el aumento o disminución de la producción de esta empresa es importante y puede estar influenciada en un 74,4%.

Estos resultados son similares a lo encontrado por Gómez *et al.*, (2000), quien afirma que en la fase de crecimiento la temperatura nocturna juega un papel fundamental debiendo encontrarse su valor alrededor de 15 °C.

En la correlación múltiple entre la variable producción (de interés o dependiente) y las variables meteorológicas de la Empresa de Cultivos Varios de Laguna Blanca (03), hubo variación significativa ($R^2= 0,807$); expresando mayor impacto la humedad relativa y en segundo lugar la precipitación, siendo las que más variabilidad experimentan con relación al resto de las variables analizadas.

Resultados similares obtuvo Pompa *et al.* (2008), al determinar que las precipitaciones y la humedad relativa son las variables que más variabilidad experimentan con relación a su media, en el municipio Contramaestre.

Las variables que más influyen en la Empresa Cítrico América Libre (04), coincide con las de mayor significación en la Empresa de Cultivos Varios Laguna Blanca (03), siendo estas en primer lugar la humedad relativa y en segundo la precipitación, que aunque ambas con signos negativos de β estandarizado, (-0,670) y (-0,478) indican que cuando la humedad relativa aumenta y la precipitación es más abundante la producción disminuye y viceversa.

Se muestra que la relación en la Empresa de Café (05) es fuerte, hay diferencia significativa del 72,6% ($R^2= 0,726$); siendo las variables con más impacto la humedad relativa y la temperatura máxima media del aire con valor de β estandarizado (-0,572) y (0,570); en el primer caso el signo menos indica que la correlación es negativa.

Para el caso de la temperatura máxima media del aire, el valor es positivo ocurre lo contrario, a mayores valores de la temperatura se observarán mayores valores de la producción. Aunque es necesario considerar otros aspectos como las atenciones culturales al cultivo.

Estos resultados son similares a los estudios efectuados por Gómez *et al.* (2000), quienes reconocieron que las temperaturas elevadas retardan la formación de los racimos, reducen el número de flores por racimo y el tamaño de las flores. La calidad del polen se afecta igualmente. En el estado de floración, la temperatura óptima es de 13-17 °C durante la noche y 23 °C durante el día.

En la Empresa Procesadora de Café (06), se muestra que la relación es fuerte, lo que se explica mediante el valor ($R^2= 0,811$) porque siempre y cuando R^2 sea mayor que 0,65 existe variación en la producción de dicha empresa, explicada por los cambios en las variables climáticas analizadas que más influyen, en este caso se refleja que la precipitación tiene una elevada influencia en la variable dependiente (producción) con coeficiente de β estandarizado (-0,680), lo que significa que precipitaciones excesivas pueden provocar disminución en la producción de tomate.

La producción de la Empresa Pecuaria Grito de Baire (07) está muy influenciada por la variación de la humedad relativa y la temperatura máxima media del aire, son las variables que expresan su impacto en dicha variable dependiente teniendo en cuenta que hay diferencia significativa ($R^2= 0,913$) y que el valor de β estandarizado (-1,373) para la humedad relativa media del aire es negativo, incide mediante su aumento en la disminución de los rendimientos del tomate y en caso de bajar su valor aumenta entonces la producción de dicho cultivo, no siendo así para el caso de la temperatura máxima media del aire, que si el coeficiente β estandarizado (1,366) es positivo quiere decir a medida que aumenta el dato meteorológico aumenta en el rango la producción.

El comportamiento de la relación funcional múltiple en la empresa, reflejó que en este tipo de modelo se analizan las variables independientes (climáticas) que más influyen en la variable dependiente (producción de tomate); lo que queda explicado por la variación de ($R^2= 0,62$) y coincidiendo con que la humedad relativa media del aire es una de las variables analizadas que más se destaca en dicha relación.

Propuesta metodológica para la zonificación agroclimática

Mapa final

Las zonas: se definieron por las potencialidades de desarrollo del cultivo en relación con la agroproductividad $t.ha^{-1}$, la lluvia anual en mm y la temperatura media en °C, se dividen en cuatro zonas.

Zona 1 evaluada de **óptimas**.- categoría agroproductiva I, lluvia anual de 1800 a 2200 mm y temperatura media de 23 a 30°C. Bajo estas condiciones se pueden obtener rendimientos mayores de 34 $t.ha^{-1}$.

Zona 2.- evaluada de suelos **adecuados**.- categoría agroproductiva II, lluvia anual de 1500 a 1800 mm (límite inferior) y 2200 a 2600 mm (límite superior) con temperatura media de 23 a 30°C. Bajo estas condiciones se pueden obtener rendimientos de 17,3 $t.ha^{-1}$.

Zona 3 evaluada de **malas**.- categoría agroproductiva III, lluvia anual de 1200 a 1500 mm (límite inferior) y de 2600 a 3000 mm (límite superior) con temperatura media de 23 a 30°C. Bajo estas condiciones se pueden obtener rendimientos de 10,5 $t.ha^{-1}$.

Zona 4 evaluada de **pésimas**.- categoría agroproductiva IV, lluvia anual menor de 1200 y mayor de 3000 mm con temperatura media de 23 a 30°C. Bajo estas condiciones se obtienen rendimientos menores de 7 $t.ha^{-1}$.

En la Figura 1, se aprecian las áreas óptimas para el desarrollo del tomate: Contraamaestre (Empresa Café, Cítrico y Cultivos Varios), de acuerdo con los suelos, se encuentra el tipo aluvial por su clasificación agroproductiva, relacionados con la lluvia anual en mm y la temperatura media en °C; representa el 5% del área total, además serían los suelos en los que se obtendrían mayores rendimientos unitarios 34 $t.ha^{-1}$ y totales 123318 t.

En las zonas catalogadas como adecuadas: Baire (Empresa Pecuaria, Cultivos Varios), Los Pasos, Romana Siete y Contraamaestre (Procesadora de Café), ocupando un 33% del área, se encuentran los fersialíticos y los pardos sialíticos en dependencia del subtipo entre adecuado y malo para un 7% del área, siendo estos los más extensos se pueden lograr rendimientos unitarios de 17,5 $t.ha^{-1}$ según los resultados es factible utilizar estas zonas para el desarrollo del tomate, teniendo en cuenta las atenciones culturales, el manejo del cultivo y los propios requerimientos edafoclimáticas; se pueden obtener mayor volumen total de producción en toneladas que en los suelos aluviales catalogados como óptimos.

Los suelos vérticos y los húmicos sialítico típicos, están catalogados entre malos: Laguna Blanca (Empresa Cultivos Varios) y La Otilia y pésimos: Los Negros, la Torcaza y El Ruiseñor.

(39%), aparecen con bajos rendimientos por hectárea y una elevada producción total en toneladas, es decir que teniendo en cuenta la extensión de estos suelos y aplicando las atenciones debida al tomate pudiera obtenerse mayores resultados en la producción en el municipio Contraamaestre.



Figura 1. Clasificación de los suelos. Aptitud agroproductiva en el municipio Contramaestre.

Conclusiones.

1. Las mejores zonas para la producción de tomate (*S. lycopersicum*) se encuentran en Contramaestre; las adecuadas Baire, Los Pasos, Romana Siete y Contramaestre.
2. La zonificación del cultivo del tomate (*S. lycopersicum*) en condiciones de campo en el municipio Contramaestre indica que es posible un rendimiento superior al promedio actual.
3. La variabilidad espacial y temporal de los diferentes parámetros utilizados durante el proceso, tales como suelo y clima es introducida dentro del estudio mediante el uso del sistema de información geográfico y ello permitió lograr un análisis espacio/temporal que produce unos resultados más cercanos a la realidad.

Bibliografía.

- A., R. (2000). *Manual Técnico de Organopónicos y Huertos Intensivos*. La Habana.
- autores, C. d. (2011). *Historia de la Estación Meteorológica de Contramaestre*. Santiago de Cuba.
- B., C. (2004). *Manual Técnico del Cultivo de Tomate*. El Salvador.
- Gómez, O. e. a. (2000). *Situación de la producción mundial de tomate. Documento Interno*. La Habana, Cuba.
- Hernández, M. S. S. (1999). *Impacto de los sistemas Silvopastoriles en la calidad del suelo. I Taller Internacional sobre Innovación Tecnológica, Socioeconomía y Gestión Agropecuaria*.
- Lorente Mercedes y Domínguez, L. (Cartographer). (2009). *Actualización del Mapa Climático de la Porción Sur de la Provincia de Santiago de Cuba*.
- Lorente, M. M., D. (2011). *Estudio climático*. Contramaestre, Santiago de Cuba.
- María, P. (2001). *Modificación de la productividad del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) fuera del período óptimo utilizando el maíz como sombra natural*.

Unpublished Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, La Habana.

MINAGRI. 2000. Guía Técnica para el cultivo del tomate. IIH "Liliana Dimitrova". Asociación Nacional de Cultivos varios. La Habana, Cuba.

Nations, F. F. a. A. O. o. t. U. (1981). *Methodology and results for Africa. World soils report* Report on the Agro-ecological zones project.

Pompa, C. M., Ásela; Martínez, Dasnay; Venero, E.; Álvarez, Teresa. . (2008). *Zonificación bioclimática de zonas vulnerables y factores de riesgo para la producción de plátano.*

Prohens, J. y. N., F. (2008). Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae and Umbelliferae. *Vegetables*, 2, 365.

Silva, S. C. e. a. (1994). Zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no estado de Goiás, Brasilia *Centro de Pesquisa Agropecuaria dos Cerrados*, 1(43).

Valdés, M. A. y. R. (2010). Impacto social en la agricultura cañera de la zonificación agroclimática Universidad de Pinar del Río, Disponible en <http://www.buscagro.com/www.buscagro.com/biblioteca/Maria-Adela-Valdes/Agricultura-en-Cuba.pdf>

Fecha de recibido: 9 ene. 2013

Fecha de aprobado: 21 mar. 2013