

ANÁLISIS NUMÉRICO DE VARIABLES CLIMÁTICAS EN EL CULTIVO ORGÁNICO DE FRESA (*Fragaria spp.*) EN EL CASTILLITO, LAS SABANAS, MADRIZ

NUMERICAL ANALYSIS OF CLIMATIC VARIABLES IN ORGANIC FARMING OF STRAWBERRY (*Fragaria spp.*) AT EL CASTILLITO, LAS SABANAS, MADRIZ

Benavides-González Álvaro, Cisne-Contreras José, Duarte-Canales Henry, Morán-Centeno Juan Carlos

Docentes investigadores de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. km 12 ½ Carretera Norte.

E-mail: alvaro.benavides@una.edu.ni, Teléfono (505) 2263-2609, Extensión 377



RESUMEN

La importancia que el cultivo de fresa (*Fragaria spp.*) tiene para los pequeños productores de El Castillito, municipio Las Sabanas del departamento de Madriz, orienta la implementación de técnicas agrícolas que incrementen sus rendimientos. Asimismo, el conocimiento de las condiciones climáticas es esencial para la producción de este rubro. En base a lo anterior se llevó a cabo el presente estudio con el objetivo de describir las características y las condiciones climáticas adecuadas para el establecimiento de este cultivo. Para el análisis se utilizó una estación experimental Kestrel 4 000 Pocket de la cual se tomaron los registros. Se obtuvieron 9 263 observaciones de 11 variables climáticas y fueron objeto de análisis univariado y multivariado. Mediante la información se determinó la evapotranspiración del sitio de estudio. Los rendimientos promedios históricos fueron analizados y contrastados con los meses en los cuales se estableció el cultivo. Las variables climáticas en los meses del año difieren de manera significativa en El Castillito, algunas características son propias de algunos meses. El grupo compuesto por los meses de diciembre a abril, se diferencian del grupo compuesto por los meses de junio a septiembre. Las condiciones de El Castillito son apropiadas para la producción de fresa, siempre y cuando ésta sea establecida durante los meses de junio a agosto. La evapotranspiración del cultivo osciló entre 2.5 a 5 mm día⁻¹, y mediante esto se propone utilizar láminas de riego entre uno y 1.5 litros por planta por día.

Palabras clave: *Fragaria*, análisis univariado y multivariado.

ABSTRACT

The importance of cultivation of strawberry (*Fragaria spp.*) has for small producers of El Castillito, La Sabana municipality of Madriz department guides the implementation of farming techniques to increase yields. Furthermore, knowledge of weather conditions is essential for production of this crop. This study was carried out with the purpose of describe the climatic characteristics and climatic conditions suitable for the establishment of this crop. For analysis we used a Kestrel 4 000 Pocket experimental station where records were taken. Nine thousand two hundred sixty three (9 263) observations were obtained from 11 climate variables, which were subjected to univariate and multivariate analysis. Through the information, evapotranspiration from the study site was determined. The historical average yields were analyzed and compared with the months in which the crop is established. Climatic variables in the months of the year differ significantly in el Castillito, some characteristics are specific for some months of the year. The group of months from December to April differs from the group from the months that include June to September. The El Castillito conditions are suitable for production of strawberries, provided it is established during the months from June to August. Crop evapotranspiration ranged from 2.5 to 5 mm day⁻¹, and so, we propose to use irrigation flows ranged from one to 1.5 liter per plan per day.

Keywords: *Fragaria*, univariate and multivariate analysis.

La Universidad Nacional Agraria y los productores de fresa de la comunidad de El Castillito Las Sabanas, departamento de Madriz desde el año 2005 han realizado investigaciones encaminadas a dar repuesta a algunos problemas que actualmente limitan la producción de fresa en dicha zona. Las investigaciones se han centrado en diagnóstico de enfermedades, utilización de compuestos no convencionales para el manejo de plagas y enfermedades, evaluación de variedades, distancias de siembra, fertilización orgánica (humus de lombriz, biofertilizantes y abonos verdes) y reproducción del material de siembra. Los rendimientos de estos experimentos estuvieron afectados por los tratamientos aplicados, así como las condiciones climáticas de la zona.

El cultivo de fresa constituye un nuevo rubro para la economía nacional; no obstante representa un reto para su adecuada producción. En Nicaragua se cuenta con muy poca información sobre este cultivo; y por ello los productores enfrentan dificultades en la producción en aspectos de fertilización, enfermedades, plagas, manejo post-cosecha y comercialización.

El presente escrito tiene como objetivo describir las características climáticas a través de análisis numérico y definir las condiciones de establecimiento del cultivo de fresa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El cultivo de fresa en El Castillito, Las Sabanas, Madriz.

El municipio de Las Sabanas se ubica en un territorio de topografía irregular, con elevaciones que oscilan entre los 1 000 y los 1 735 msnm. El clima cambia en función de la altitud: tipo tropical seco en las zonas bajas, y tropical húmedo en las partes más elevadas y montañosas; la temperatura varía entre los 26 y 30 °C y el nivel de las precipitaciones medias anuales oscilan entre 1 200 y 1 400 mm.

Variables evaluadas. En los experimentos se evaluaron variables de desarrollo, y específicamente el rendimiento de los ensayos, y las variables climáticas fueron registradas en una estación experimental Kestrel Pocket 4000, y la información fue retomada con el programa CROPWAT 8.0.

En cuanto al análisis numérico, se tomaron como referencia variables como velocidad del viento (Vvie), humedad del aire (Haire), altitud (Alt) en m, densidad de altitud (DAlt), índice de calor (Indcal), Bulbo húmedo (BHum), temperatura (Temp), humedad relativa (HR), presión de rocío (PR) y presión barométrica (PB). Dichas variables fueron tomadas cada hora por medio de la estación durante el año 2010 para un total de 9263 registros. Los registros fueron bajados a hojas electrónicas Excel y posteriormente procesados. Los datos de precipitación mensual total (Prec) fue tomada por los productores por medio de un pluviómetro.

La evapotranspiración se determinó mediante registros de datos climáticos, integrando además las características

propias de cada cultivo. La FAO (s.f) recomienda el método de Penman-Monteith para estimar la evapotranspiración de referencia (ETr), a partir de datos climatológicos, estos automatizados con información de temperatura, humedad, radiación y velocidad del viento.

Para la determinación de la evapotranspiración del cultivo ETc se utilizó la evapotranspiración de referencia (ETr) y el coeficiente de cultivo Kc, y se calculó mediante: $ETc = Kc (ETr)$.

Se utilizó 0.70 como el coeficiente Kc óptimo que alcanza el cultivo de fresa, este valor no varía debido a la afectación de la profundidad radicular de la planta.

El coeficiente de rendimiento (Ky) de un cultivo está determinado principalmente por sus características genéticas, factores climáticos como la temperatura, radiación solar, etapa vegetativa total del cultivo de fresa. Esta variable se determinó con datos climáticos de la zona, mediante el cálculo de la evotranspiración media diaria por medio de Penman Monteith, haciendo uso del sistema computarizado cropwap, producción potencial y producción esperada del cultivo de fresa y láminas de aguas aplicadas con el riego más la suma de las precipitaciones durante el periodo vegetativo del cultivo.

$$Ky = \frac{pe}{P_p \left(1 - \frac{R + Pp \text{ anual}}{Evp \text{ max}} \right)}$$

Ky = Coeficiente del cultivo

Pp = Producción potencial

Pe = Producción esperada

R = Riego

Evp max = Evo transpiración máxima

Pp anual = precipitación anual

Actividades agrícolas en experimentos. La preparación de semillero, cantero y nivelado de suelo, tendido y trenzado de plástico, resiembra, control de malezas, poda sanitaria, control de plagas y enfermedades, entre otras actividades pueden consultarse en el Manual de Fresa (DEPARTIR, 2012). Asimismo, se puede complementar con artículos de Benavides *et al.*, (2007, 2009), Cisne y Laguna *et al.*, (2007, 2009).

Análisis estadístico. Las variables climáticas más importantes fueron procesadas en hojas electrónicas y analizadas con programas estadísticos (SAS, InfoStat, SPSS). Se utilizaron estadísticos descriptivos y gráficos, análisis de correlación y análisis univariados (ANDEVA y LSD) y multivariados (componentes principales y agrupamiento) en variables climáticas. De igual manera, se analizaron los rendimientos de ensayos provenientes de experimentos establecidos durante los meses de julio, agosto y septiembre en el período 2007-2010, a los cuales se aplicó un modelo lineal apropiado con una categorización LSD ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del clima de El Castillito. Los meses más lluviosos en El Castillito ocurrieron durante el período de abril a julio, y posteriormente durante los meses de octubre a noviembre. Las temperaturas promedio oscilaron en 19.21 ± 3.94 °C, y la humedad relativa presentó rangos de 51.91 \pm 44.74 %, con mínimas de 0% y máximas del 100%.

De manera general, el Índice Pluviométrico de Lang determinó al clima como húmedo (Lang=71.66). Las temperaturas promedio máximas (max), medias (med) y mínimas (min), así como las precipitaciones (Prec.) mensuales (figura 1). Por otro lado, el Índice de Aridez Mensual de Gausson caracterizó los meses de enero, febrero y marzo como seco; y húmedos (Prec>T), los meses restantes.

Según Bielinski y Obregón (2012), la fresa es un cultivo que se adapta muy bien a muchos tipos de climas. Los valores óptimos para un fructificación adecuado están entre 15 °C y 20 °C de media anual. De igual manera, la condición inferior de 12 horas de luz, es otro factor determinante para producción de fresa. Estas condiciones son muy parecidas a las de El Castillito (figura 1). Asimismo, indica que la pluviometría mínima requerida en verano es alrededor de los 600 mm, y las condiciones aptas para la fresa están entre los 1 300 y 2 000 m.

Creus y Beorlegui (2012), afirman que entre los factores ambientales, los valores climáticos son sin duda lo más importante, especialmente la precipitación y la temperatura por el decisivo papel que ejercen, siendo ambas variables unas de las empleadas para explicar determinados procesos bióticos y abióticos.

Tabla 1. Estadísticos de variables climáticas 2010. El Castillito, Las Sabanas. N=9263

Variable	Temp (°C)	HR (%)	Indcal (%)	Prec (mm mes ⁻¹)
DE \pm Media				
Ene	4.52 \pm 17.27 d	42.81 \pm 33.63 bc	6.06 \pm 15.44 c	0.0 \pm 0.0 c
Feb	4.61 \pm 19.36 acd	42.31 \pm 39.61 bc	6.42 \pm 17.82 c	0.0 \pm 0.0 c
Mar	5.12 \pm 19.74 abc	40.81 \pm 42.97 bc	6.64 \pm 18.45 c	1.54 \pm 42.0 bc
Abr	4.42 \pm 20.47 a	40.14 \pm 54.90 b	5.44 \pm 19.64 c	2.63 \pm 3.0 abc
May	3.30 \pm 19.64 abc	15.31 \pm 88.82 a	3.25 \pm 20.32 c	4.45 \pm 321.0 a
Jun	3.02 \pm 19.57 abc	11.90 \pm 92.62 a	23.72 \pm 49.22 ab	3.02 \pm 289.0 ab
Jul	2.17 \pm 18.55 bcd	28.12 \pm 91.05 a	5.02 \pm 66.36 a	3.46 \pm 201.0 abc
Ago	2.76 \pm 18.95 acd	47.48 \pm 47.73 bc	8.80 \pm 63.48 a	1.11 \pm 69.0 abc
Sep	3.58 \pm 20.03 ab	44.95 \pm 41.07 bc	10.75 \pm 65.26 a	1.44 \pm 87.0 abc
Oct	3.55 \pm 19.47 acd	43.99 \pm 32.41 bc	22.31 \pm 31.16 bc	2.14 \pm 120.0 abc
Nov	3.47 \pm 18.55 bcd	41.68 \pm 26.06 c	23.89 \pm 42.35 abc	1.79 \pm 109.0 abc
Dic	3.98 \pm 17.91 cd	42.30 \pm 30.93 bc	11.96 \pm 18.66 c	1.05 \pm 65.0 abc
Pr (Sem)	0.426	0.580	0.765	0.013
Pr (Mes)	0.001	0.001	0.001	0.001
R2	0.67	0.85	0.81	0.62
CV	4.12	21.99	32.88	57.62

DE=Desviación estándar, CV=Coficiente de variación, R²=Coficiente de determinación
Promedios con letras en común no difieren estadísticamente según LSD ($\alpha=0.05$).

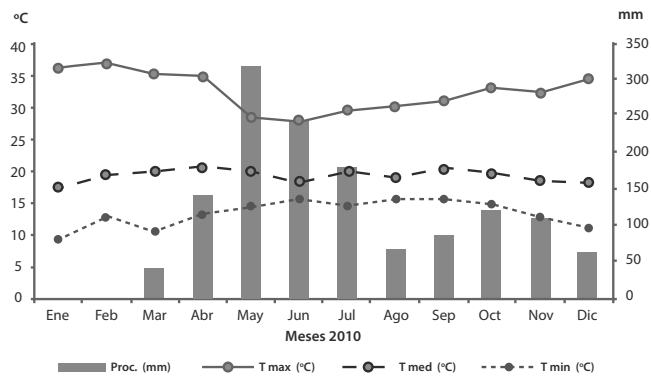


Figura 1. Climograma de la comunidad El Castillito, Las Sabanas.

Los meses de enero y diciembre son meses con temperatura inferior a 18 °C, y abril y septiembre con promedios de temperatura de 20 °C. En cuanto a la humedad relativa, los valores cercanos al punto de saturación se midieron en junio y julio, así como en mayo, dicha variable se correlacionó de manera significativa con la precipitación ($r = 0.394$, $Pr = 0.034$). Cabe señalar que se midieron valores de humedad relativa de 0% como de 100% en algún momento del día y mes del año (figura 2).

La combinación de la temperatura y la humedad del aire da una apariencia de cómo la temperatura se aprecia, y no representa la temperatura real del aire. Esto es lo que se conoce como índice de calor. En los registros de El Castillito, masa de datos, el índice de calor está relacionado con la temperatura ($r = 0.300$, $Pr=0.001$), con la humedad del aire ($r = 0.990$, $Pr = 0.001$), y por tanto con la humedad relativa ($r = 0.300$, $Pr = 0.001$) y el punto de rocío ($r = 0.523$, $Pr = 0.001$). En la práctica el índice de calor es menor en los primeros cinco meses del año (A), y mayor en los meses posteriores (B). Esta separación de la época de verano e invierno se aprecia en la figura 2 y tabla 1. Aunque el índice de calor, velocidad del viento y precipitación no se relacionaron; la velocidad del viento y la precipitación fueron significativas e inversamente proporcionales ($r = -0.421$, $Pr = 0.002$).

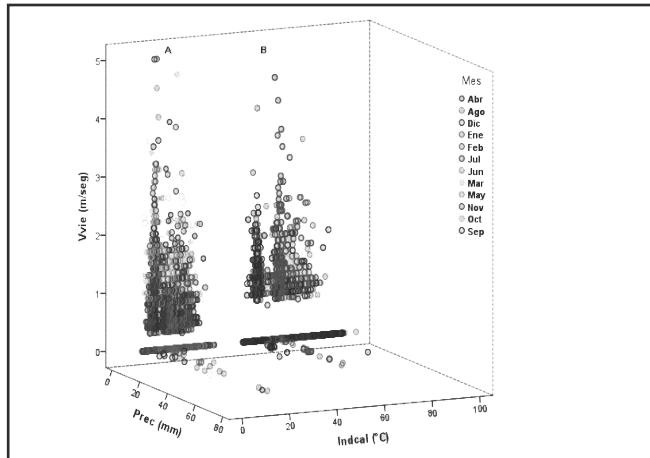


Figura 2. Relación de la velocidad del viento (Vvie), precipitación (Prec) e índice de calor (Indcal) en El Castillito, Las Sabanas. N=9 263.

Análisis multivariado. La relación que guardan determinados procesos físicos y biológicos con los elementos del clima suele ser muy compleja, siendo múltiples las relaciones que existen entre una variable dependiente y un conjunto de variables climáticas independientes o predictores. Este conjunto de relaciones se considera un sistema multivariante, en el que un conjunto de variables climáticas tratan de explicar la variabilidad de una variable dependiente por medio de diversas técnicas de análisis multivariante (Creus y Beorlegui, 2012).

Gráfico de estrellas. Cada uno de los meses fue representado en un gráfico de estrellas y el radio a las variables. Realizando el gráfico multivariado (figura 3), los meses de junio y julio mostraron la mayor variación en las variables de mayor discriminación, y menor variación los meses de diciembre y enero en sus respectivos valores promedios de variables.

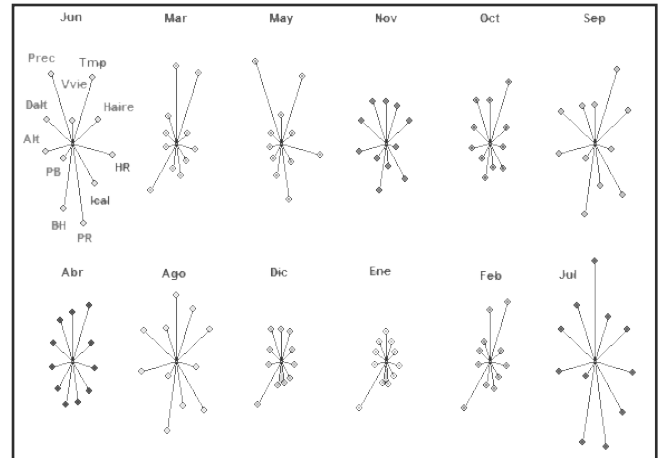


Figura 3. Variables climáticas y meses durante el año 2010 en El Castillito, Las Sabanas.

Componentes principales y cluster. El primer componente principal aisló el 58.9% de la variación total. Este componente estuvo integrado por 5 variables discriminatorias, en las que sobresalieron el índice de calor (Indcal, 15%) y el bulbo húmedo (BH, 16%). Dichas variables ayudaron a conformar el primer núcleo integrado por los meses de junio, julio, agosto y septiembre (figura 4). Los meses de mayo, octubre y noviembre presentaron valores intermedios en las variables, índice de calor y bulbo húmedo. El tercer núcleo conformado por los primeros meses del año (enero, febrero, marzo, abril) mostraron los menores valores promedios en las variables antes mencionadas.

El segundo componente principal determinó el 19.8% de variación, y se destacaron la precipitación (Prec, 27%) y la humedad relativa (HR, 27%). Estas variables tuvieron una alta correlación con el bulbo húmedo, con valores de $r = 0.697$ y $Pr = 0.001$, $r = 0.494$ y $Pr = 0.001$, respectivamente.

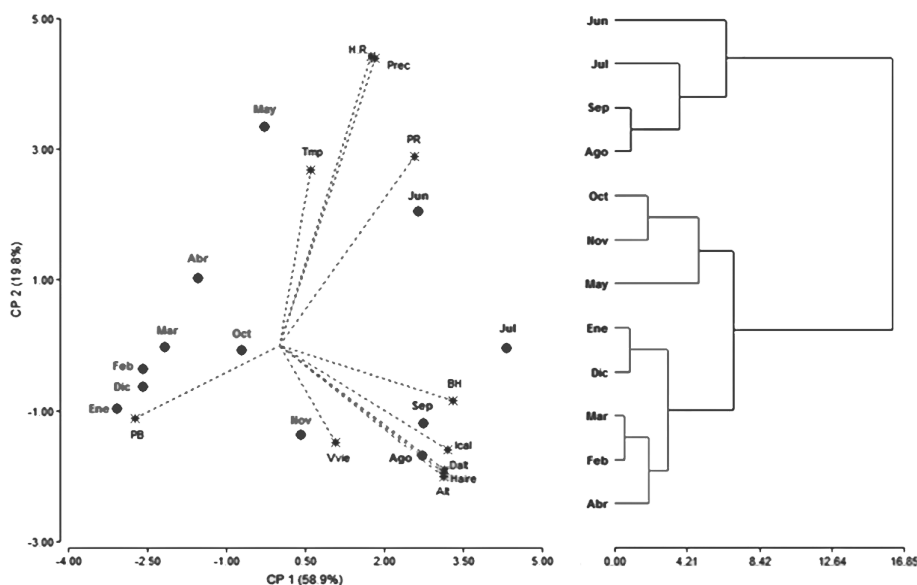


Figura 4. Relación de variables climáticas y meses durante el año 2010 en El Castillito, Las Sabanas. Método Ward y Distancia Euclídea.

Evapotranspiración en el cultivo de fresa. Según la FAO, la evapotranspiración combina dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por transpiración del cultivo. Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación a partir de estos parámetros.

La figura 5 refleja las precipitaciones acumuladas anuales y precipitaciones efectivas disponibles para el cultivo. Los valores de

evapotranspiración del cultivo oscilaron entre 2.5 a 5 mm día⁻¹. A través de estos valores, se determinó que la lámina de riego indicada fue de 1 a 1.5 l/planta/día. Dicha lámina será esencial para los meses de enero, febrero, marzo y abril, en los cuales es necesaria la utilización del riego para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo. De igual manera se puede auxiliar el cultivo mediante la aplicación de riego dirigido durante los meses de agosto a diciembre con la misma lámina, pero con menor frecuencia.

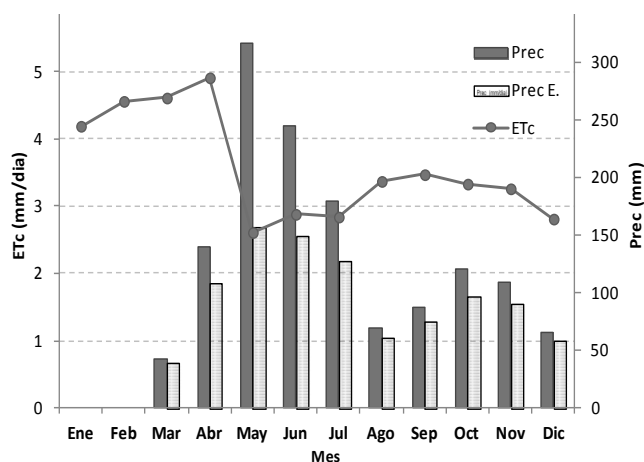


Figura 5. Evapotranspiración y precipitación en El Castillito, Las Sabanas.

Producción en El Castillito. Las características climáticas de una zona son las que determinan las adaptaciones de un cultivo tradicional o exótico, para esto se necesita saber el comportamiento de dichas variables.

Las temperaturas ocurridas durante los meses de junio a agosto son las mejores para la siembra; por lo que las mínimas de 10 °C ocurridas durante la madrugada de los meses de octubre a diciembre son idóneas para el desarrollo de frutos y la producción prevista para los primeros cuatro meses del año. Estas características se aprecian en la figura 1 y tabla 1.

Los rendimientos obtenidos durante el período 2007-2010 en algunos experimentos superaron los 8 000 kg ha⁻¹ y el mes de julio fue la época de siembra, ya que superó de manera significativa a los experimentos establecidos fuera de este período (figura 6). Con la siembra en julio se obtuvieron los más altos rendimiento y las cosechas durante los meses de diciembre a mayo; en cambio cuando la siembra se realizó posterior al mes de agosto, las cosechas se realizaron en enero a abril y los rendimientos disminuyeron.

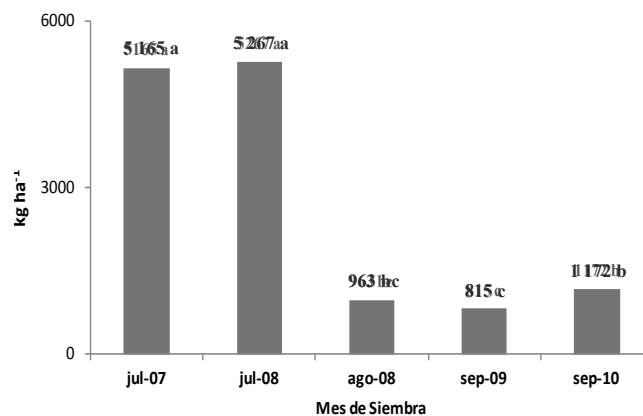


Figura 6. Rendimientos en fresa en las condiciones climáticas en El Castillito, Las Sabanas, 2007-2010.

De acuerdo a los rendimientos obtenidos en los experimentos se determinó que el mejor coeficiente de rendimiento del cultivo (Ky) fue de 90%, lo que indica que este valor porcentual representa la pérdida en la producción si las condiciones de humedad en el cultivo no se cumplen, por lo que el rendimiento potencial superaría en un 90% a los rendimientos reales obtenidos en los experimentos.

CONCLUSIONES

Las variables climáticas variaron de manera significativa en El Castillito, siendo las variables discriminantes el índice de calor, precipitación y humedad relativa, las cuales definieron tres grupos. El núcleo compuesto por los meses de diciembre a abril, el de junio a septiembre, y los restantes meses el tercer grupo.

Las condiciones de El Castillito son ideales para la producción de fresa. Las cosechas obtenidas en los experimentos, mostraron que la siembra en julio es la más indicada para obtener los más altos rendimientos. Asimismo, se recomienda utilizar láminas de riego entre 1 y 1.5 litros/planta/día en los meses de mayor déficit de agua en el cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benavides G, A; Laguna, R. Cisne C, J. 2009. Incorporación de abonos verdes y biofertilizante foliar en el cultivo, orgánico de fresa (*Fragaria spp.*) var. Britget en Las Sabanas, Madriz. Revista LA CALERA. Universidad Nacional Agraria. Año 9. No. 13-Noviembre-2009. p. 44-49.
- Benavides G, A; Cisne C, J; Laguna M, R. 2007. Fertilización orgánica sobre tres genotipos de fresa (*Fragaria spp.*) en Las Sabanas, Madriz. Revista LA CALERA. Universidad Nacional Agraria. Año 7. No. 8-Mayo-2007. p. 54-58.
- Bielinski M, S; Obregón, H. 2012. Prácticas culturales para la producción comercial de fresas en Florida. University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu>. 12 p.
- Cisne C, J; Benavides G, A; Laguna, R. 2009. Producción de hijas de estolones en dos variedades de fresa (*Fragaria spp.*) en El Castillito, Las Sabanas, Madriz. Revista LA CALERA. Universidad Nacional Agraria. Año 9. No. 12-Junio-2009. p. 41-45.
- Creus N, J; Beolergui Z, M. 2012. La multicolinealidad de los datos climáticos. La regresión en componentes principales. DEPARTIR (Desarrollo Participativo Integral Rural). 2012. Manual técnico 01: Fresa Orgánica en Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 20 p.
- Di Rienzo J, A; Casanoves, F; Balzarini M, G; González, L; Tablada, M; Robledo C, W. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO riego y drenaje No. 56. 322 p.
- IBM SPSS Statistics 19 Command, Syntax Reference. Copyright © SPSS Inc. 1989, 2010. IBM SPSS Statistics versión 19. 2483 p.
- Laguna R; Cisne C, J; Benavides G, A. 2007. Diagnóstico y comportamiento de enfermedades en tres genotipos de fresa (*Fragaria spp.*) en Las Sabanas, Madriz. Revista LA CALERA. Universidad Nacional Agraria. Año 7. No. 8-Mayo-2007. p. 27-32.
- SAS Institute Inc. 2008.SAS/STAT® 9.2. User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. Copyright © 2008, SAS Institute Inc., Cary, NC. 69 p.