



Seasonal variation of transpiration of Nance (*Byrsonima crassifolia* L.) HBK selections under subtropical conditions climate: basic study

Variación estacional de la transpiración de selecciones de Nanche (*Byrsonima crassifolia* L.) HBK en condiciones de clima subtropical: estudio básico

Medina-Torres, R.^{1*}, Salazar-García, S.², Ibarra-Estrada, M. E.².

¹Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura, Km. 9 Carretera Tepic-Compostela, Xalisco, Nayarit, C.P. 63780, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Apdo. Postal 100, Santiago Ixcuintla, Nayarit, C.P. 63300, México.

Cite this paper/Como citar este artículo: Medina-Torres, R., Salazar-García, S., Ibarra-Estrada, M.E. (2018). Seasonal variation of transpiration of Nance (*Byrsonima crassifolia* L.) H. B. K.) selections under subtropical conditions climate: basic study. *Revista Bio Ciencias* 5(1), e320. doi: [10.15741/revbio.05.01.08](https://doi.org/10.15741/revbio.05.01.08)



ABSTRACT

The objective of this study was to determine the variation of transpiration (E) during the drought stress period and its relation with the phenological phases of nance [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.]. Seven measurements of E were made in four nanche selections from March 12th to June 24th 2013 (drought season), plus an additional measurement in the rainy season (September 03rd 2013). The four nanche selections showed a similar distribution pattern of E during the evaluation period. These selections showed a the decrease of E parallel to the soil moisture deficit until full spring ($1.15 \text{ mmol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$); however, E gradually increased even under severe drought stress, which occurred at the end of spring. Afterwards, E increased to reach a maximum during the rainy season ($3.64 \text{ mmol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$), when the soil was saturated with moisture to finally decline at the end of winter ($2.44 \text{ mmol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$). The phenological phases of the nanche occurred at the same dates and with similar intensity to those previously reported by the authors of the present study and not altered by water stress therefore ratifying *B. crassifolia* as tolerant to water stress.

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: March 26th 2017.

Accepted/Aceptado: October 3rd 2017.

Available on line/Publicado: October 9th 2018.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la variación de la transpiración (E) durante el periodo de estrés por sequía y su relación con las fases fenológicas del nanche [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.]. Se realizaron siete mediciones de E en cuatro selecciones de nanche desde el 12 de marzo al 24 de junio 2013 (época de sequía), más una medición adicional en el periodo de lluvias (03 de septiembre 2013). Las cuatro selecciones de nanche presentaron un patrón similar de distribución de E durante el periodo de evaluación. Dichas selecciones mostraron el descenso de E paralelo al déficit de humedad del suelo hasta plena primavera ($1.15 \text{ mmol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$); sin embargo, E se incrementó gradualmente aún bajo estrés severo por sequía, el cual ocurrió al final de la primavera. Posteriormente, E se incrementó hasta alcanzar un máximo en pleno periodo de lluvias ($3.64 \text{ mmol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$), cuando el suelo estuvo saturado de humedad para finalmente descender al final del invierno ($2.44 \text{ mmol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Las fases fenológicas del nanche ocurrieron en las mismas fechas y con intensidad similar a las reportadas previamente por los autores de este estudio y no fueron alteradas por el estrés hídrico, ratificando a *B. crassifolia* como tolerante al estrés hídrico.

*Corresponding Author:

Raul Medina-Torres, Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura, Km. 9 Carretera Tepic-Compostela, Xalisco, Nayarit, C.P. 63780, México. Phone: +52(311)211 1163. E-mail: raulmetorr@yahoo.com.mx

KEY WORDS

Byrsonima crassifolia, drought stress, phenology.

Introduction

Nance [*Byrsonima crassifolia* (L.) HBK] belongs to the Malpighiaceae family; it is a species of importance as a regional fruit in Mexico and South America. In Mexico, 1,517.75 ha of nance are reported, with an average yield of 4.94 t ha⁻¹; the main state producers are Guerrero (666 ha), Michoacan (235.5), Nayarit (222 ha), and Veracruz (127 ha) (SIAP, 2017). In Nayarit, nance plantations are located in the warm climate zones where savannah-type vegetation predominates, mainly in the municipalities of Ruiz, Huajicori, Tepic, Santiago Ixcuintla, and Compostela. The main harvest is from July to October, although in irrigated orchards, it is harvested most of the year (Medina-Torres *et al.*, 2004). In Nayarit, three floral flushes are present during the year, known as fall flush, spring flush, and summer flush. These flowerings produce harvest of fruit in spring, summer, and winter, respectively, although the greater volume of harvest is obtained in summer (Medina-Torres *et al.*, 2012).

In Mexico, nance is associated to the deciduous rain forest, sub-deciduous, sub-adequate and perennial; xerophilous brushwood and with forests of pine and oak (León, 2000). It tolerates different types of soils, preferably regosol, vertisol, cambisol, and rendzina (Martínez *et al.*, 2008). In its natural habitat, it can endure soils with a rapid drainage or with deficient drainage that become flooded in humid seasons and dried in dry seasons (CNF, 2005). The tree has a tolerance to drought of a magnitude between medium and high; also, it adapts to a wide range of environments, like poor soils, shallow, compact, and stony (Geilfus, 1994).

Goldstein *et al.*, (1989) compared the exchange of gases in two species of evergreen trees (*B. crassifolia* and *Curatella americana*) and two deciduous species (*Genipa caruto* and *Cochlospermum vitifolium*) and observed that the evergreen species showed greater rates of water loss through transpiration than deciduous; differences in the transpiration rates were found, and that the minimum potentials of water were not significantly different in both groups of species, suggesting a high efficiency of water transport in the evergreen species.

PALABRAS CLAVE

Byrsonima crassifolia, estrés de sequía, fenología.

Introducción

El nanche [*Byrsonima crassifolia* (L.) HBK] pertenece a la familia Malpighiaceae, una especie de importancia como fruto regional en México y Sudamérica. En México, se reportan 1,517.75 ha de nanche, con un rendimiento promedio de 4.94 t ha⁻¹; los principales estados productores son Guerrero (666 ha), Michoacán (235.5 ha), Nayarit (222 ha) y Veracruz (127 ha) (SIAP, 2017). En Nayarit, las plantaciones de nanche se localizan en la zona de clima cálido donde predomina la vegetación tipo sabana, principalmente en los municipios de Ruiz, Huajicori, Tepic, Santiago Ixcuintla y Compostela. La cosecha principal es de julio a octubre, aunque en huertos con riego se cosecha la mayor parte del año (Medina-Torres *et al.*, 2004). En Nayarit, se presentan tres flujos florales durante el año, denominados de otoño, primavera y verano. Estas floraciones producen cosecha de fruto en primavera, verano e invierno, respectivamente, aunque el mayor volumen de cosecha se obtiene en el verano (Medina-Torres *et al.*, 2012).

En México, el nanche se encuentra asociado con la selva tropical caducifolia, subcaducifolia, subperennifolia y perenne; matorral xerófilo y con bosques de encino y pino (León, 2000). Tolera diversos tipos de suelos, preferentemente los regosoles, vertisoles, luvisoles, cambisoles y rendzinas (Martínez *et al.*, 2008). En su hábitat natural puede soportar suelos con drenaje excesivamente rápido o con drenaje deficiente que se inunda en la época húmeda y se seca en el periodo de sequía (CNF, 2005). El árbol posee tolerancia a sequía de una magnitud entre media y alta; además se adapta a un rango amplio de ambientes, como suelos pobres (degradados), someros, compactados y pedregosos (Geilfus, 1994).

Goldstein *et al.*, (1989) compararon el intercambio de gases en dos especies de árboles siempreverdes (*B. crassifolia* y *Curatella americana*) y dos especies deciduas (*Genipa caruto* y *Cochlospermum vitifolium*) y observaron que las especies siempreverdes mostraron mayores tasas de pérdida de agua por transpiración que las deciduas; encontraron diferencias en las tasas de transpiración

Solar radiation, temperature, atmospheric precipitation, humidity, and atmospheric CO₂ are key environmental factors that act over the processes that occur in the ecosystems. From these, changes in temperature, water availability, and atmospheric CO₂ levels will be fixed to changes in the next 100 years due to climate change (Watson *et al.*, 1996).

For the above, the objective was to determine the behavior of transpiration rate (**E**) in nance selections cultivated without irrigation, with measurements of **E** in contrasting conditions of soil moisture, particularly during the period of soil water deficit, and in different phenological phases of this fruit tree.

Materials and Methods

Experimental conditions. The study was performed in an orchard of nance selections, located in Xalisco, Nayarit, at 21° 26' NL and 104° 55' WL, at an altitude of 960 meters above sea level, with a semi-warm climate (sub-tropical sub-humid), the warmest of the mild weathers (García-Amaro, 1988), with annual pluvial precipitation greater than 1,300 mm, whose month of maximum rain is July (370 to 380 mm) and minimum rain is May (lower than 30mm). The medium annual thermic regime varies from 20 to 29 °C. The warmest months occur between June and September with an average of 24 °C, and the coldest months occur between December and January with an average of 16 °C.

The trees from the nance selections were originated from seeds and were planted to 5 by 3 m between lines and between plants, respectively; which, according to their characteristics of color and flavor, they are locally called "Amarillo Dulce", "Amarillo Acido", "Ácido Chico" and "Mejorado".

Evaluated variables. Transpiration measurements were done in four trees by selection, when these were five years old. In each tree, four equidistant shoots were randomly marked. A diffusion porometer LI-1600 (LI.COR, Lincoln NE, USA) was used; it measures the stomatal conductance as an opening and ending index of the stomas, and determines the flow of gases or the diffusion done through them. In the marked leaves, the transpiration rate (**E**, mmol H₂O m⁻² s⁻¹), temperature of the leaf (LT, °C), relative humidity of air close to the leaf (LRH, %), stomatic conductance (*g_s*, cm⁻¹ s⁻¹), active photosynthetic radiation (PAR, μmol m⁻² s⁻¹) and resistance to diffusion (*r*, s⁻¹

y que los potenciales mínimos de agua no fueron significativamente diferentes en ambos grupos de especies, sugiriéndose una alta eficiencia del transporte de agua en las especies siempreverdes.

La radiación solar, temperatura, precipitación, humedad del aire y el CO₂ atmosférico son factores ambientales claves que actúan sobre los procesos que ocurren en los ecosistemas. De estos, los cambios en la temperatura, la disponibilidad de agua y los niveles de CO₂ atmosférico estarán sujetos a cambios en los próximos 100 años debido al cambio climático (Watson *et al.*, 1996).

Por lo anterior, el objetivo fue determinar el comportamiento de la tasa de transpiración (**E**) en selecciones de nance cultivadas sin riego, con mediciones de **E** en condiciones contrastantes de humedad en el suelo, particularmente durante el periodo de déficit de agua edáfica, y en diferentes fases fenológicas de este frutal.

Materiales y Métodos

Condiciones experimentales. El estudio se hizo en un huerto de selecciones de nance ubicado en Xalisco, Nayarit, a 21° 26' LN y 104° 55' LO, a una altitud de 960 m, con un clima semicálido (subtropical subhúmedo), el más cálido de los templados (García-Amaro, 1988), con precipitación pluvial anual mayor a los 1,300 mm, cuyo mes de máxima lluvia es julio (370 a 380 mm) y el de menor lluvia es mayo (menos de 30 mm). El régimen térmico medio anual varía de 20 a 29 °C. Los meses más cálidos ocurren entre junio y septiembre con una media de 24 °C y los meses más fríos en diciembre y enero con una media de 16 °C.

Los árboles de las selecciones de nance fueron originados por semilla y fueron plantados a 5 x 3 m entre filas y entre plantas, respectivamente; las cuales de acuerdo a sus características de color y sabor, localmente son llamadas Amarillo Dulce, Amarillo Ácido, Ácido Chico y Mejorado.

Variables evaluadas. Las mediciones de transpiración se hicieron en cuatro árboles por selección, cuando estos tenían cinco años de edad. En cada árbol se marcaron al azar cuatro brotes equidistantes. Se empleó un porómetro de difusión LI-1600 (LI-COR, Lincoln NE, USA), que mide la conductividad estomática como un índice de apertura y cierre de los estomas, y determina el flujo de gases o la difusión que se realiza a través de ellos. En las hojas

cm^{-1}) were determined. The rate of **E** and the environmental climatological variables were related to the phenological state of nance on each date of porometry measurements.

The measurements were done on the fifth and sixth leaf completely expanded from the last seasonal vegetative growth of fall 2012. Eight measurements of **E** were done in the year 2013, seven during the period of deficit of water in the experimental site: one at the end of winter (March 12th), two at the beginning of spring (April 9th and 30th), two in mid-spring (May 14th and 28th), one at the end of spring (June 11th), one at the beginning of summer (June 24th), and one more in mid-summer (September 3rd) when rain period has already been established, with the objective of observing the rate of **E** on saturated leaf. All the measurements were done at 10:00 am on the same marked leaf. On each one of the dates above, and on each selection of nance, a total humidity determination of soil was done (HS in %) through the gravimetric method (Aguilera and Martínez, 1990) at two depths: 0 to 30 cm and 30 to 60 cm, taking the samples at one meter of distance from the trunk to the tree. Only **E** and the variables associated to it were analyzed within three dates of measurements, taken as representatives of each season during the period of measurements: end of winter (March 12th), mid-spring (May 14th) and start of summer (June 24th). The environmental data of temperature, relative humidity, evaporation, and pluvial precipitation were obtained from the meteorological station located in Tepic, Nayarit (21° 31' NL and 104° 53' WL) (Table 1). As an additional data, the density of the stomas per mm^2 was determined through the impression technique described by Larque-Saavedra and Trejo (1990).

Statistical analysis. A completely random design was used for analysis of variance and means test. The statistical analysis was done in three sections: 1) Analysis of variance and means test (Tukey, $p \leq 0.05$) on the transpiration rate occurred during the period of measurements; 2) analysis of variance and means test (Tukey, $p \leq 0.05$) on the transpiration rate and its associated variables (PAR, *gs*, *r*, TH, HRH) among the nance selections, but only on the measurements at the end of winter (March 12th), middle of spring (May 14th) and start of summer (June 24th); and 3) test of multiple lineal correlation of the variables of porometry with the original data of all the dates of measurements. The statistical analyses were done using the statistical package SAS (SAS Institute Inc., 1999).

marcadas se determinó la tasa de transpiración (**E**, $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), temperatura de la hoja (LT, °C), humedad relativa del aire cercano a la hoja (LRH, %), conductancia estomática (*gs*, $\text{cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$), radiación fotosintéticamente activa (PAR, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y resistencia a la difusión (*r*, $\text{s}^{-1} \text{ cm}^{-1}$). La tasa de **E** y las variables climatológicas ambientales fueron relacionadas con los estados fenológicos del nanche en cada fecha de medición de porometría.

Las mediciones se hicieron sobre la 5ª y 6ª hoja completamente expandidas del último crecimiento vegetativo estacional de otoño 2012. Se hicieron ocho mediciones de **E** en el año 2013, siete durante el periodo de déficit de agua del suelo en el sitio experimental: una al final de invierno (12 marzo), dos al inicio de primavera (09 y 30 abril), dos en plena primavera (14 y 28 de mayo), una al final de primavera (11 junio), una al inicio del verano (24 de junio), y una adicional en pleno verano (03 septiembre) cuando el periodo de lluvias ya se había establecido, con el objetivo de observar la tasa de **E** en hoja saturada. Todas las mediciones se hicieron a las 10:00 h sobre la misma hoja marcada. En cada una de las fechas anteriores y en cada selección de nanche se hizo una determinación de humedad total del suelo (HS en %) por el método gravimétrico (Aguilera y Martínez, 1990) a dos profundidades: 0 a 30 cm y 30 a 60 cm, tomándose las muestras a un metro de distancia del tronco del árbol. Sólo **E** y las variables asociadas se analizaron en tres fechas de medición, tomadas como representativas de cada estación durante el periodo de mediciones: fin de invierno (12 de marzo), plena primavera (14 de mayo) e inicio de verano (24 junio). Los registros ambientales de temperatura, humedad relativa, evaporación y precipitación pluvial fueron obtenidos de la estación meteorológica ubicada en Tepic, Nayarit (21° 31' LN y 104° 53' LO) (Tabla 1). Como dato adicional se determinó la densidad de estomas por mm^2 por la técnica de impresión descrita por Larqué-Saavedra y Trejo (1990).

Análisis estadístico. Se usó un diseño completamente al azar para análisis de varianza y prueba de medias. El análisis estadístico se realizó en tres secciones: 1) análisis de varianza y prueba de medias (Tukey, $p \leq 0.05$) de la tasa de transpiración ocurrida durante el periodo de mediciones, 2) análisis de varianza y prueba de medias (Tukey, $p \leq 0.05$) de la tasa de transpiración y las variables asociadas a ésta (PAR, *gs*, *r*, TH, HRH) entre las selecciones de nanche, pero sólo en las mediciones de fin de invierno (12 de marzo), plena primavera (14 de mayo) e inicio de verano (24 junio) y, 3) prueba de correlación lineal múltiple de las variables de porometría con los datos originales de todas las fechas de medición. Los análisis estadísticos fueron realizados con el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 1999).

Results and Discussion

Seasonal variation of the transpiration rate (E). In general, the average transpiration rate among the nance selections were $2.3 \text{ mmol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ($p \leq 0.01$, $R^2 = 0.98$, $CV = 7.11 \%$) during the period of measurements, and it followed a kinetic corresponding to a sinusoidal curve which reached its highest values ($3.91 \text{ mmol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) in winter and summer, and the lowest ($1.1 \text{ mmol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) in spring (Figure 1).

On the seasonal variation of **E** in all of the nance selections (Table 1), the lowest rates were observed in spring during the period from April 9th to June 11th, season of progressive deficit of humidity in soil to a depth of 0 to 30cm (11.51 to 6.86 %) and 30 to 60 cm (15.08 to 10.77 %), relative humidity of the environment from 72 to 80 %, and warmer environmental temperature (22.2 to 23.9 °C) having fluctuations of the evaporation from 6.08 to 6.35 mm and 0 pluvial precipitation (Table 2). In this season, phenological phases of flowering and growth of the nance fruit presented simultaneously.

The highest rate of **E** was present at the end of summer (September 3rd) ($3.91 \text{ mmol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) when the relative humidity and environmental temperature were

Resultados y Discusión

Variación estacional de la tasa de transpiración (E). En general la tasa promedio de transpiración en las selecciones de nanche fue de $2.3 \text{ mmol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ($p \leq 0.01$, $R^2 = 0.98$, $CV = 7.11 \%$) durante el periodo de mediciones y siguió una cinética correspondiente a una curva senoidal que alcanzó sus valores más altos ($3.91 \text{ mmol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en invierno y verano, y los más bajos ($1.1 \text{ mmol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en primavera (Figura 1).

En la variación estacional de **E** en todas las selecciones de nanche (Tabla 1), las tasas más bajas fueron observadas en primavera durante el periodo comprendido del 09 abril al 11 junio, época de déficit progresivo de humedad en el suelo a profundidad de 0-30 cm (11.51 a 6.86 %) y de 30-60 cm (15.08 a 10.77 %), humedad relativa del ambiente de 72 a 80 %, y temperatura del ambiente más cálida (22.5 a 23.9 °C) con fluctuaciones de la evaporación de 6.08 a 6.35 mm y cero precipitación pluvial (Tabla 2). En esta época se presentaron simultáneamente las fases fenológicas de floración y crecimiento del fruto del nanche.

La mayor tasa de **E** se presentó al final del verano (03 septiembre) ($3.91 \text{ mmol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) cuando la humedad relativa y la temperatura ambiental fueron altas (87 % y 23.9 °C, respectivamente). En esta época por lo general se presenta la cosecha más abundante de las tres. Lo anterior permite inferir que **E** fue más influenciada por las fases fenológicas, las

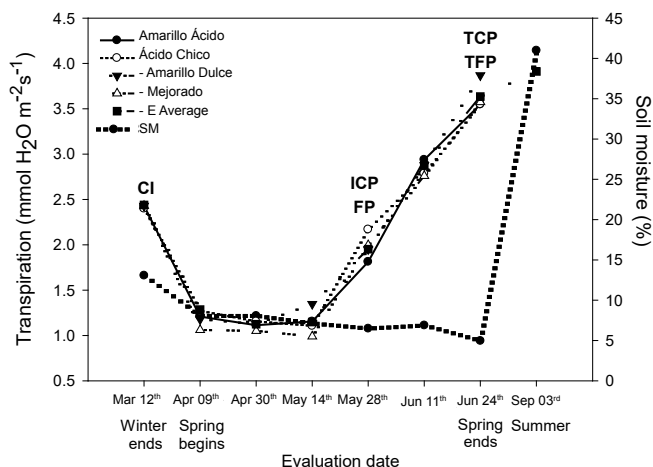


Figure 1. Transpiration rate (E) of the Nance and soil moisture (SM, 30-60 cm) for 2013. CI = Winter harvest; ICP = start Spring harvest; FP = flower Spring flush; TCP = ends Spring harvest; TFP = ends Spring floral flush.

Figura 1. Tasa de transpiración (E) del nanche y humedad del suelo (SM, 30-60 cm) durante 2013.

CI = Cosecha de invierno; ICP = Inicia cosecha de primavera; FP = Floración de primavera; TCP = Termina cosecha de primavera; TFP = Termina floración de primavera.

Table 1.
Seasonal variation of transpiration ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) of nance selections during the water stress period and the rainy season (middle of the summer), 2013.

Tabla 1.
Variación estacional de la transpiración ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en las selecciones de nanche durante el periodo de déficit hídrico y la estación de lluvias (pleno verano), 2013.

Selection	End of winter	Beginning of spring		End of spring		Beginning of summer	Middle of summer	
	March 12 th	April 9 th	April 30 th	May 14 th	May 28 th	June 11 th	June 24 th	September 3 rd
Amarillo Dulce	2.49 ^a	1.60 ^a	1.18 ^a	1.35 ^a	1.83 ^c	3.03 ^a	3.88 ^a	3.97 ^{ab}
Amarillo Ácido	2.43 ^a	1.21 ^{bc}	1.11 ^a	1.15 ^b	1.81 ^c	2.94 ^{ab}	3.55 ^b	3.85 ^{bc}
Ácido Chico	2.40 ^a	1.27 ^b	1.15 ^a	1.11 ^{bc}	2.17 ^a	2.78 ^{bc}	3.55 ^b	3.75 ^c
Mejorado	2.48 ^a	1.15 ^c	1.05 ^a	1.00 ^c	2.00 ^b	2.76 ^c	3.57 ^b	4.07 ^a

Means with the same letter in columns are not statistically different (Tukey, 0.05).

Medias con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

high (87 % and 23.9 °C), respectively). In this season, generally, the most abundant crop shows up. The aforementioned allows to infer that **E** was influenced the most by the phenological phases, the characteristics of the leave and the climate changes, than by the edaphic humidity among the nance selections.

Rate of E at the end of winter. Significant differences were not found among the nance selections for **E** on the measure from March 12th in none of the variables of porometry associated to **E**. A rate of transpiration was observed among the nance selections from 2.43 $\text{mmol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, while the relative humidity of the leave was 48.07 % and its temperature was 30.35 °C (Table 3).

The four nance selections followed the same transpiration pattern (Figure 1); in the same dry season, when the average temperature during March was 19.6 °C, no rain, relative humidity at 85 %, soil humidity (30 a 60 cm) at 16.23 % and evaporation at 4.82 mm (Table 2). Statistical differences on the transpiration rate among the studied nance selections were not found at the end of winter (Table 3). The averages in transpiration ended up being low (2.40 to 2.49 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), in this season the measurement was done when the trees were at the beginning of winter harvest (WH) coming from the fall flush of flowering (Figure 1).

E rate during spring season. This period included five dates of measurement (April 9th and 30th, May 14th and 28th, and June 11th), where the lower transpiration rates presented (Table 1). Starting from the measurement on May 14th, a noticeable increase on the transpiration rate was observed until the beginning of summer, nonetheless, the low percentage of soil humidity down

características de la hoja y los cambios climáticos, que por la humedad edáfica entre las selecciones de nanche.

Tasa de E al final del invierno. No se encontraron diferencias significativas entre selecciones de nanche para **E** en la medición del 12 marzo en ninguna de las variables de porometría asociadas a **E**. Se observó una tasa de transpiración entre las selecciones de nanche de 2.43 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, cuando la humedad relativa de la hoja fue de 48.07 % y la temperatura de la hoja de 30.35 °C (Tabla 3).

Las cuatro selecciones de nanche siguieron el mismo patrón de transpiración (Figura 1); en el período de sequía, cuando la temperatura media durante marzo fue de 19.6 °C, sin lluvia, humedad relativa de 85 %, humedad del suelo (30-60 cm) de 16.23 % y evaporación de 4.82 mm (Tabla 2). Al final del invierno no se encontraron diferencias estadísticas en la tasa de transpiración entre las selecciones de nanche estudiadas (Tabla 3). Los promedios en transpiración resultaron bajos (2.40 a 2.49 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), en ésta época la medición se realizó cuando los árboles estaban al inicio de la cosecha de invierno (WH) proveniente del flujo de floración de otoño (Figura 1).

Tasa de E durante la estación de primavera. Este periodo comprendió cinco fechas de medición (09 y 30 de abril, 14 y 28 de mayo, 11 de junio), donde se presentaron las menores tasas de transpiración (Tabla 1). A partir de la medición del 14 de mayo, se observó un incremento notable en la tasa de transpiración hasta el inicio del verano, no obstante el bajo porcentaje de humedad del suelo a profundidad de 0-30 cm y de 30-60 cm, que ocurrieron cuando se presentó el máximo déficit de humedad (24 de junio) (Tabla 2).

En plena primavera (14 de mayo) se observó una tasa de transpiración promedio de las selecciones de nanche de 1.14 mmol

Table 2.
Mean transpiration rate (E), soil moisture (SM), environmental temperature (ET), relative humidity (RH), evaporation (EV), and rainfall (PP), according to measurement day, 2013.

Tabla 2.
Medias de la tasa de transpiración (E), porcentaje de humedad del suelo (SM), temperatura ambiental (ET), humedad relativa del ambiente (RH), evaporación (EV) y precipitación pluvial (PP), según el día de las mediciones, 2013.

Date	E ($\mu\text{mol cm}^{-2} \text{s}^{-1}$)	SM (0-30 cm)	HS (30-60 cm)	ET ² (°C)	RH (%)	EV (mm)	PP (mm)
Mar 12 th	2.44	13.05	16.23	19.6	85	4.82	0
Apr 09 th	1.29	11.51	15.08	22.5	72	6.08	0
Apr 30 th	1.12	8.05	13.90	22.5	47	7.99	0
May 14 th	1.15	7.10	12.18	24.4	51	8.76	0
May 28 th	1.95	6.47	11.49	23.9	76	6.68	0
June 11 th	2.88	6.86	10.77	23.0	80	6.35	0
June 24 th	3.64	4.98	10.02	25.2	82	5.44	0
Sept 03 rd	3.91	40.97	52.80	23.9	87	6.31	39.6

²Source: Comisión Nacional del Agua, Estación Tepic, Nayarit.

²Fuente: Comisión Nacional del Agua, Estación Tepic, Nayarit.

to a depth of 0 to 30 cm and 30 to 60 cm, which occurred when the maximum deficit of humidity presented (June 24th) (Table 2).

In full spring (May 14th), an average transpiration rate of the selections of nanche of 1.14 mmol H₂O m⁻²s⁻¹ was observed, when the average relative humidity of the leaf was at 25.51 %, and the temperature of the leaf was 31.76 °C. The selections Amarillo Dulce and Amarillo Acido showed the highest transpiration rates. In relation to the variables associated to E, it was observed that at low E rates resistance to diffusion (*r*) decreased, the stomatic conductance (*g_s*) increased and the humidity of the leaf decreased (Table 4).

E rate dropped since the beginning of spring (April 9th), then it kept on being stable until the middle of spring and then it increased starting on May 14th until the end of the maximum deficit of soil humidity (Table 1, Figure 1).

In the phenological observations of the nanche selections in study, between the 14th and 28th of May, the spring floral flush (FP) occurred and the beginning of spring harvest (ICP) (Figure 1), and on the last stage of production of the fruit of winter flowering flush. The four nanche selections followed the same pattern of transpiration (Figure 1) when the environmental average recorded during May was 24.4 °C, 0 pluvial precipitation, relative humidity at

H₂O m⁻² s⁻¹, cuando la humedad relativa promedio de la hoja fue de 25.51 %, y la temperatura de la hoja de 31.76 °C. Las selecciones Amarillo Dulce y Amarillo Ácido mostraron las más altas tasas de transpiración. Respecto a las variables asociadas a E, se observó que a bajas tasas de E se redujo la resistencia a la difusión (*r*), se incrementó la conductancia estomática (*g_s*) y disminuyó la humedad relativa de la hoja (Tabla 4).

La tasa de E descendió desde el inicio de la primavera (09 abril), luego permaneció estable hasta plena primavera y después se incrementó a partir del 14 de mayo hasta el término del máximo déficit de humedad del suelo (Tabla 1, Figura 1).

En las observaciones fenológicas de las selecciones de nanche en estudio entre el 14 al 28 de mayo, ocurrió el flujo floral de primavera (FP) y el inicio de la cosecha de primavera (ICP) (Figura 1), y en la última etapa de la producción de fruto del flujo de floración de invierno. Las cuatro selecciones de nanche siguieron el mismo patrón de transpiración (Figura 1) cuando la temperatura media ambiental registrada durante mayo fue 24.4 °C, cero precipitación pluvial, humedad relativa de 51 %, porcentaje promedio de humedad del suelo (30-60 cm) de 12.18 % y evaporación de 8.76 mm (Tabla 2).

Tasa de E durante el inicio de verano. Las cuatro selecciones mostraron el mismo patrón de transpiración, cuando la temperatura media del mes de junio fue 25.2 °C, precipitación pluvial 0.0 mm, porcentaje de humedad del suelo (30-60 cm)

Table 3.
Photosynthetic active radiation (PAR), leaf relative humidity (LRH), leaf temperature (LT), stomatal conductance (gs), transpiration rate (E), and resistance to vapor diffusion (r) of Nance selections in the end of winter measurement (March 12th 2013).

Tabla 3.
Radiación fotosintéticamente activa (PAR), humedad relativa de la hoja (LRH), temperatura de la hoja (LT), conductancia estomática (gs), tasa de transpiración (E) y resistencia a la difusión de vapor (r) de selecciones de nanche en la medición de fin de invierno (12 de marzo de 2013).

Selection	PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	LRH (%)	LT ($^{\circ}\text{C}$)	gs ($\text{cm}^{-1} \text{s}^{-1}$)	E ($\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	r ($\text{s}^{-1} \text{cm}^{-1}$)
Amarillo Dulce	1769.4 ^a	51.27 ^a	31.38 ^a	0.02156 ^a	2.49 ^a	47.575 ^a
Amarillo Ácido	1816.3 ^a	49.55 ^a	29.46 ^a	0.02180 ^a	2.43 ^a	46.063 ^a
Ácido Chico	1819.4 ^a	48.04 ^a	30.47 ^a	0.02240 ^a	2.40 ^a	45.169 ^a
Mejorado	1773.1 ^a	47.43 ^a	30.11 ^a	0.02224 ^a	2.44 ^a	45.100 ^a
Average	1794.5	48.07	30.35	0.022	2.4396	45.98
Pr>F	0.1578	0.2238	0.0006	0.7509	0.6959	0.4721
CV (%)	4.48	11.42	4.05	11.11	8.99	10.87

Means with the same letter in columns are not statistically different (Tukey, 0.05). CV = Coefficient of variation.

Medias con la misma literal en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). CV = Coeficiente de variación.

Table 4.
Photosynthetic active radiation (PAR), leaf relative humidity (LRH), leaf temperature (LT), stomatal conductance (gs), transpiration rate (E), and resistance to vapor diffusion (r) of Nance selections in the end full spring measurement (May 14th 2013).

Tabla 4.
Radiación fotosintéticamente activa (PAR), humedad relativa de la hoja (LRH), temperatura de la hoja (LT), conductancia estomática (gs), tasa de transpiración (E) y resistencia a la difusión de vapor (r) de selecciones de nanche en la medición de plena primavera (14 de mayo de 2013).

Selection	PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	LRH (%)	LT ($^{\circ}\text{C}$)	gs ($\text{cm}^{-1} \text{s}^{-1}$)	E ($\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	r ($\text{s}^{-1} \text{cm}^{-1}$)
Amarillo Dulce	1354.4 ^b	30.78 ^a	30.24 ^b	0.03877 ^c	1.3472 ^a	26.363 ^a
Amarillo Ácido	1455.0 ^{ab}	24.83 ^b	31.90 ^a	0.04542 ^{bc}	1.1542 ^b	22.494 ^b
Ácido Chico	1463.1 ^a	24.89 ^b	32.38 ^a	0.04832 ^{ab}	1.1056 ^{bc}	21.388 ^{bc}
Mejorado	1541.9 ^a	21.56 ^b	32.52 ^a	0.05363 ^a	0.9889 ^c	18.988 ^c
Media	1453.6	25.51	31.76	0.0465	1.1490	22.310
Pr>F	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
CV (%)	7.63	17.76	3.78	16.35	14.90	15.51

Means with the same letter in columns are not statistically different (Tukey, 0.05). CV = Coefficient of variation.

Medias con la misma literal en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). CV = Coeficiente de variación.

51 %, average percentage of soil humidity (30 to 60 cm) at 12.18 % and evaporation of 8.76 mm (Table 2).

E rate during the beginning of summer. The four nance selections showed the same transpiration pattern, when the average temperature of June was at 25.2 $^{\circ}\text{C}$, 0 mm of pluvial precipitation, percentage of

(Figura 1) de 10.02 % y 5.44 mm de evaporación. En esta época hubo diferencias notables entre las selecciones de nanche en la tasa de transpiración (Tabla 5). Se observó una tasa de transpiración global entre las selecciones de nanche de 3.64 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$. La selección Amarillo Dulce mostró las más alta E en esta fecha de medición (24 junio) (Figura 1) con 3.9 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Las selecciones Amarillo Ácido,

soil humidity (30 to 60 cm) (Figure 1) at 10.02 % and 5.44 mm of evaporation. In this season, noticeable differences among the nance selections were present on the transpiration rate (Table 5). A global transpiration rate was observed among the nance selections of 3.64 mmol H₂O m⁻² s⁻¹. The Amarillo dulce one showed the highest E on this measure date (June 24th) (Figure 1) with 3.9 mmol H₂O m⁻² s⁻¹. The selections of Amarillo Acido, Ácido Chico and Mejorado behaved statistically the same, whose averages fluctuated from 3.55 to 3.57 mmol H₂O m⁻² s⁻¹. The selections Amarillo Acido one showed the lowest transpiration rate.

On the 24th, the highest transpiration rate during dry season was observed, where the severest deficit of soil humidity was detected to a depth of 30 to 60 cm (10.77 %). Phenologically, the nance selections were at stage II of fruit development (10 to 12 mm of ecuatorial diameter), coming from the flush of flowering in spring. The growth process of the inflorescence had finished in the first week of June, and in the first week of September, the beginning of fruit maturity was registered and full harvest occurred at the end of this month. It is emphasized that this is the most abundant crop out of the one that occurred during the year.

Correlation among evaluated variables on nance selections. In general terms, the transpiration rate (E)

Ácido Chico y Mejorado se comportaron estadísticamente iguales, cuyos promedios fluctuaron de 3.55 a 3.57 mmol H₂O m⁻² s⁻¹. La selección Amarillo Ácido presentó la menor tasa de transpiración.

En la medición del 24 de junio se observó la más alta tasa de transpiración de todo el periodo de sequía, donde se detectó el más severo déficit de humedad del suelo a la profundidad de 30-60 cm (10.77 %). Fenológicamente las selecciones de nanche estaban en el estadio II de crecimiento de fruto (10-12 mm de diámetro ecuatorial), proveniente del flujo de floración de primavera. El proceso de crecimiento de la inflorescencia había terminado la primera semana de junio, y en la primera semana de septiembre se registró el inicio de la madurez de fruto y la plena cosecha ocurrió al final de septiembre. Se enfatiza que esta es la cosecha más abundante de las tres que ocurren durante el año.

Correlación entre las variables evaluadas en las selecciones de nanche. En términos generales la tasa de transpiración (E) correlacionó positivamente ($p \leq 0.01$) con la resistencia a la difusión (r), con la humedad relativa cercana a la hoja (LRH), con la conductancia estomática (g_s) y en menor grado con la radiación fotosintéticamente activa (PAR); y en forma negativa con la temperatura de la hoja (LT). La conductancia estomática correlacionó negativamente ($p \leq 0.01$) con r , LRH y PAR. La resistencia a la difusión correlacionó positivamente ($p \leq 0.01$) con

Table 5.
Photosynthetic active radiation (PAR), leaf relative humidity (LRH), leaf temperature (LT), stomatal conductance (g_s), transpiration rate (E), and resistance to vapor diffusion (r) of Nance selections in the beginning of summer measurement (June 24th 2013).

Tabla 5.
Radiación fotosintéticamente activa (PAR), humedad relativa de la hoja (LRH), temperatura de la hoja (LT), conductancia estomática (g_s), tasa de transpiración (E) y resistencia a la difusión de vapor (r) de selecciones de nanche en la medición de inicio de verano (24 junio 2013).

Selection	PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	LRH (%)	LT (°C)	g_s ($\text{cm}^{-1} \text{s}^{-1}$)	E ($\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	r ($\text{s}^{-1} \text{cm}^{-1}$)
Amarillo Dulce	1785.0 ^a	74.15 ^a	30.33 ^b	0.01413 ^b	3.8764 ^a	70.888 ^a
Amarillo Ácido	1781.3 ^a	67.08 ^b	29.55 ^b	0.01549 ^a	3.5476 ^b	64.688 ^b
Ácido Chico	1578.6 ^b	66.61 ^b	29.69 ^b	0.01549 ^a	3.5500 ^b	64.625 ^b
Mejorado	1521.8 ^b	66.83 ^b	31.44 ^a	0.01537 ^a	3.5736 ^b	65.125 ^b
Media	1666.7	68.66	30.25	0.0151	3.6368	66.33
Pr>F	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
CV (%)	12.46	4.64	3.02	4.25	4.32	4.27

Means with the same letter in columns are not statistically different (Tukey, 0.05). CV = Coefficient of variation.

Promedios con la misma literal en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). CV = Coeficiente de variación.

correlated positively ($p \leq 0.01$) with resistance to diffusion (r), with relative humidity closed to the leaf (LRH), with stomatic conductance (g_s), and to a lesser degree with the active photosynthetic radiation (PAR); and in a negative form with the temperature of the leaf. Stomatic conductance correlated negatively ($p \leq 0.01$) with r , LRH and PAR. Resistance to diffusion correlated positively ($p \leq 0.01$) with LRH and negatively with LT. It was observed that a proportional decrease of the LRH as LT increased.

Transpiration rate vs. relative humidity of the leaf (E vs. LRH). Transpiration rate of nance increased along with the increase of relative humidity of the leaf ($r = 0.93$). Lira-Saldivar (1994) indicates that transpiration is still produced in saturated air, because foliar temperature in the presence of light is usually greater than temperature in encircling air, therefore, the interior of the leaf will normally have a pressure of steam higher than the air surrounding it.

Transpiration rate vs. resistance to diffusion (E vs. r). Because of the restriction to water movement and carbon dioxide stomas present is due to stomatic resistance, a high negative correlation between r and E ($r = -0.93$) was observed. Also, because the outward flows of steam are proportional to the conductances (g_s), but inversely proportional to resistances (Coombs *et al.*, 1998), a negative correlation was obtained between g_s and r ($r = -0.93$). The stomatic resistance from the plants increases when soil loses water. In conditions of hydric deficit the cellular membranes become more impermeable, stomatic conductance decreases and a space between the root and the ground is produced, since the radical diameters decrease when the plant loses turgidity, hence forming an extra resistance (Lira-Saldivar, 1994). Even though the availability of water during the interphase ground-to-root can influence transpiration directly, it is more probable that a decline in hydric potential of soil causes a decline in the hydric potential of the leaf and that stomatic resistance is produced (Hernandez-Gil, 2001).

Goldstein *et al.*, (1989) observed in *B. crassifolia* an initial decrease of the hydric foliar potential and its further recovery during the last hours in the afternoon; which could be linked to the partial stomatic closures that occur during dry season. Meinzer *et al.*, (2001) observed that *B. crassifolia* did not show changes in hydric potential base nor in minimum hydric potential during dry season,

LRH and negativamente con LT. Se observó una disminución proporcional de la HRH conforme la LT aumentó.

Tasa de transpiración vs. humedad relativa de la hoja (E vs. LRH). La tasa de transpiración del nanche aumentó con el incremento de la humedad relativa de la hoja ($r = 0.93$). Lira-Saldivar (1994) indica que la transpiración se produce aún en el aire saturado, porque la temperatura foliar ante la luz solar es usualmente mayor que la temperatura del aire circundante, por lo tanto, el interior de la hoja tendrá normalmente una presión de vapor más alta que el aire que la rodea.

Tasa de transpiración vs. resistencia a la difusión (E vs. r). Como la restricción al movimiento del agua y el bióxido de carbono que presentan los estomas es debida a la resistencia estomática, se observó alta correlación negativa entre r y E ($r = -0.93$). Además, como los flujos de vapor de agua hacia fuera de la hoja son proporcionales a las conductancias (g_s), pero inversamente proporcionales a las resistencias (Coombs *et al.*, 1998), se obtuvo una correlación negativa entre g_s y r ($r = -0.93$). La resistencia estomática de las plantas se incrementa cuando el suelo pierde agua. En condiciones de déficit hídrico las membranas celulares se vuelven más impermeables, la conductancia estomática disminuye y se produce un espacio entre la raíz y el suelo, ya que los diámetros radicales decrecen cuando la planta pierde turgencia, formándose así una resistencia extra (Lira-Saldivar, 1994). Aunque la disponibilidad de agua en la interfase suelo-raíz pueda influenciar la transpiración directamente, es más probable que la disminución del potencial hídrico del suelo cause una disminución del potencial hídrico de la hoja y se produzca un aumento en la resistencia estomática (Hernández-Gil, 2001).

Goldstein *et al.*, (1989) observaron en *B. crassifolia* una disminución inicial del potencial hídrico foliar y su posterior recuperación en las últimas horas de la tarde; lo cual podría estar relacionado con los cierres estomáticos parciales que ocurren durante la estación seca. Por su parte, Meinzer *et al.*, (2001) observaron que *B. crassifolia* no exhibió cambios ni de potencial hídrico de base ni de potencial hídrico mínimo durante la estación seca; y que paradójicamente los potenciales de base más negativos lo alcanzó en la estación lluviosa, cuando la disponibilidad de agua en los horizontes del suelo fue mayor.

Conductancia estomática vs. humedad relativa de la hoja (g_s vs. LRH). La humedad relativa de la hoja mostró correlación negativa con la conductancia estomática ($r = -0.93$) debido a que mientras la g_s dentro de la hoja aumentó, la transpiración disminuyó en la misma proporción (-92.88%). Agbicodo *et al.*, (2009) señalaron que el mecanismo de tolerancia a la sequía

and that paradoxically the more negative base potential kept up during rainy seasons, when the availability of water in the horizons of soil was greater.

Stomatic conductance vs. relative humidity of the leaf (g_s vs. LRH). Relative humidity of the leaf showed a negative correlation with the stomatic conductance ($r = -0.93$) because while g_s inside the leaf increased, transpiration decreased in the same proportion (-92.88%). Agbicodo et al., (2009) pointed out that the mechanism of tolerance to dry implicated that plants can resist the water deficit in soil and it is explained by the maintenance of turgidity of the leaf through an osmotic adjustment, which involves accumulation of solutes, increase in elasticity and size reduction of cells; also, a size reduction of the protoplasmic resistance.

Resistance to diffusion vs. relative humidity of the leaf (r vs. LRH). In relation to the resistance capacity to diffusion of water steam in the leaf, it showed a high degree of association with relative humidity of leaf ($r = 0.99$) among nance selections during dry season. The hydric state of the leaf from fruit trees is strongly dependent to the steam demand in the atmosphere. This means that the state of water of the leaf varies diurnally a lot more than in the annual crops, and the stress caused by water in the leaf can occur under high demand of steam, even when water in soil is adequate. In fruit trees the strong dependence of water potential of the leaf over transpiration means that the water potential can be regulated by the very response of the stomas to humidity (Schulze et al., 1974).

Stomatic conductance vs. resistance to diffusion (g_s vs. r). Because resistance is reciprocal to conductance, a high negative correlation between both variables presented ($r = -0.93$). Even though the stomatic resistance has its base in a physical determinism, this represents the most important regulator of the transpiration, since it is located on the spot where the gradient in the potential of total of water is bigger; this is, between the air surrounding the plant and the guard cell (Azcon-Bieto and Talon, 1993; Heath et al., 2005). For these reasons, a high negative correlation between r and g_s was found, because resistance to the flow of water steam through the stomas is frequently expressed as its reciprocal value and it is called stomatic conductance (Coombs et al., 1998; Azcon-Bieto and Talon, 1993). It has been reported that the specific conductivity of the leaf (hydraulic conductivity by area

implica que las plantas puedan resistir el déficit de agua en el suelo y se explica por el mantenimiento de la turgencia de la hoja a través de un ajuste osmótico, que implica acumulación de solutos, aumento en la elasticidad y reducción del tamaño de las células; además, de la resistencia protoplasmática.

Resistencia a la difusión vs. humedad relativa de la hoja (r vs. LRH). Respecto a la capacidad de resistencia a la difusión de vapor de agua en la hoja, ésta mostró alto grado de asociación con la humedad relativa de la hoja ($r = 0.99$) entre las selecciones de nanche durante el periodo de sequía. El estado hídrico de la hoja de los frutales es fuertemente dependiente de la demanda evaporativa de la atmósfera. Esto significa que el estado del agua de la hoja variará mucho más diurnamente que en los cultivos anuales, y el estrés por agua en la hoja puede ocurrir bajo alta demanda evaporativa, incluso hasta cuando el agua del suelo es adecuada. En los árboles frutales la fuerte dependencia del potencial de agua de la hoja sobre la transpiración significa que el potencial de agua puede ser regulada por la propia respuesta de los estomas a la humedad (Schulze et al., 1974).

Conductancia estomática vs. resistencia a la difusión (g_s vs. r). Debido a que la resistencia es el recíproco de la conductancia, se presentó alta correlación negativa entre ambas variables ($r = -0.93$). Aunque la resistencia estomática se fundamenta en un determinismo físico, ésta representa el regulador más importante de la transpiración, pues se localiza en el punto en que el gradiente en el potencial de total de agua es más grande; esto es, entre el aire que rodea la planta y la célula guarda (Azcón-Bieto y Talón, 1993; Heath et al., 2005). Por estas razones se encontró alta correlación negativa entre r y g_s , debido a que la resistencia al flujo de vapor de agua a través de los estomas es expresado con frecuencia como su valor recíproco y es llamado conductancia estomática (Coombs et al., 1988; Azcón-Bieto y Talón, 1993). Se ha reportado que la conductividad específica de la hoja (conductividad hidráulica por área de superficie de la hoja) es más alta en la plantas siempreverdes; donde en *B. crassifolia* fue de $1.47 \mu\text{l}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{cm}^2$, sosteniéndose la hipótesis de que las resistencias al flujo de agua en la fase líquida es menor en las especies siempreverdes que en las deciduas (Goldstein et al., 1989).

Conductancia estomática vs. tasa de transpiración (g_s vs. E). Debido a que el flujo de vapor de agua depende en gran medida de la conductancia estomática (Heath et al., 2005), se observó alta correlación positiva entre g_s vs. E ($r = 0.9937$). Altos valores de conductancia estomática implican altos valores de transpiración potencial. *B. crassifolia* parece presentar cierta

of the surface of leaf) is higher in evergreen plants; where in *B. crassifolia* was $1.47 \mu\text{l}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{cm}^2$, supporting the hypothesis that resistance to the water flow in the liquid phase is lower than in evergreen species than in the deciduous (Goldstein *et al.*, 1989).

Stomatic conductance vs. transpiration rate (*gs* vs. *E*). Because the flow of water steam depends a great deal on the stomatic conductance (Heath *et al.*, 2005), a high positive correlation between *gs* vs. *E* ($r = 0.9937$). High values of stomatic conductance implicate high values of potential transpiration. *B. crassifolia* seems to present certain stomatic sensitivity in the presence of relative humidity of the environment, which allows it to partially control water losses during periods of high demand of steam (Goldstein *et al.*, 1989).

Stomatic conductance vs. temperature of the leaf (*gs* vs. *LT*). The temperature of the lead (*LT*) showed positive correlation with stomatic conductance (*gs*) ($r = 0.54$), because when increasing *LT* the *gs* increased significantly. Nonetheless, the *LT* showed positive correlation with *E* ($r = 0.54$) which meant that when increasing *LT* the *E* increased on the leaf. It has been found that *LT* is a system of analysis of the response of plants to hydric stress in plants; however, extreme differences among nance selections were not present, which could be due to the foliar temperature, which is affected with greater hydric stress. It is known that the stomatic closure at noon, seems to be controlled by external environment, mainly relative humidity in the air and, to a certain degree, by the temperature of the leaf (Azcon-Bieto and Talon, 1993).

In this work, the humidity content in soil as an indicator of availability of water for the roots of the nance selections studied was determined (Table 2). In tropical fruit trees, it has been determined that the abundance of roots and water deficiency in soil is found in the first 30 cm of the surface of the ground (Zekri *et al.*, 1999).

An effect on the variations of the contents of soil humidity over transpiration has been observed; in the same proportion as the first one decreases and approaches the permanent wilt point, the transpiration rate decreases for an increase in stomatic resistance (Hernández – Gil, 2001). Goldstein *et al.*, (1989) indicated that the fluctuations of soil humidity are muffled at greater depth, and suggests that the quantity of available water is adequate during dry season for woody species that have radical deep systems like *B. crassifolia*, which maintains the hydric potential constant during the year, plus hydraulic resistances. *B. crassifolia* has been classified as a species having intermediate strategies of

sensibilidad estomática frente a la humedad relativa del ambiente, que le permite controlar parcialmente las pérdidas de agua durante periodos de muy alta demanda evaporativa (Goldstein *et al.*, 1989).

Conductancia estomática vs. temperatura de la hoja (*gs* vs. *LT*). La temperatura de la hoja (*LT*) presentó correlación positiva con la conductancia estomática (*gs*) ($r = 0.54$), debido a que al aumentar *LT* la *gs* aumentó significativamente. Sin embargo, la *LT* mostró correlación positiva con *E* ($r = 0.54$) lo que significó que al aumentar la *LT* la *E* aumentó en la hoja. Se ha encontrado que la *LT* es un sistema de análisis de la respuesta de las plantas al estrés hídrico en las plantas; sin embargo, no se mostraron diferencias extremas entre las selecciones de nanche, lo cual pudo deberse a que la temperatura foliar es afectada con estrés hídrico mayor. Se sabe que el cierre estomático al mediodía, parece estar controlado por el ambiente externo, principalmente la humedad relativa del aire y, en cierto grado, por la temperatura de la hoja (Azcón-Bieto y Talón, 1993).

En este trabajo se determinó el contenido de humedad del suelo como un indicador de la disponibilidad de agua para las raíces de las selecciones de nanche estudiadas (Tabla 2). En los frutales tropicales se ha determinado que tanto la abundancia de raíces como la deficiencia de agua del suelo se encuentran en los primeros 30 cm de la superficie del suelo (Zekri *et al.*, 1999).

Se ha observado un efecto en las variaciones de los contenidos de humedad del suelo sobre la transpiración; a medida que decrece la primera y se aproxima al punto de marchitez permanente, la tasa de transpiración disminuye por un aumento de la resistencia estomática (Hernández- Gil, 2001). Por su parte, Goldstein *et al.*, (1989) indicaron que las fluctuaciones de humedad del suelo se amortiguan a mayor profundidad y sugieren que la cantidad de agua disponible es adecuada durante el periodo de sequía para las especies leñosas que poseen sistemas radicales profundos como *B. crassifolia*, que mantiene constantes el potencial hídrico durante el día y la madrugada, y que pueden mantenerse constantes durante el año, además de las resistencias hidráulicas. *B. crassifolia* ha sido clasificada como una especie que posee estrategias intermedias de resistencia a la sequía (Goldstein *et al.*, 1989). Los resultados de este trabajo presuponen que el estrés sufrido por el nanche durante el periodo de sequía, podría considerarse no perjudicial, debido a que la mayoría de las plantaciones en Nayarit se manejan sin riego, sin efectos negativos sobre la producción de fruto.

resistance to droughts (Goldstein *et al.*, 1989). The results of this work presuppose that the stress suffered by nance during dry season, could be considered as non-harming, due to the majority of the plantations in Nayarit, which are handle with no watering, without negative effects on the fruit production.

The low rates of transpiration among nance selections found in this research were linked to low contents of relative humidity of the leaf. Nevertheless, soil humidity was going downwards in the measurements on the 28th of May, 11th and 24th of June, the transpiration rate increased. In contrast, it shows an extra measurement of transpiration in rainy seasons, where relative humidity of the leaf was increased a 73.95 % (data not shown) and consequently, transpiration reached values of 3.91 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ (Table 2).

Nance is a dense-foliage tree, which is why the larger the foliar surface is, the higher the water usage will be. Also, it has a sclera-like leaf, a dense cover of trichomas in young leaf, low arithmetic mean in stomatic density (207.36 stomas per mm²), characteristics that possibly allowed it to tolerate hydric stress and escape to drought. The phenological phases of the four nance selections studied, were present in time and with similar intensity to the ones previously reported by Medina-Torees *et al.*, (2012).

Conclusions

The nance selections studied showed a similar pattern of distribution of the transpiration rate (**E**) during the period of measurements, corresponding to a sinusoidal curve. Said selections showed a decline in **E** para parallel to the humidity deficit of soil until mid-spring (1.15 mmol H₂O m⁻² s⁻¹); however, **E** increased gradually even at a severe low hydric stress, which occurred at the end of spring; it kept on increasing till reaching a maximum value in summer during rainy season when soil was saturated with humidity (3.64 mmol H₂O m⁻² s⁻¹), it finally decreased at the end of winter to 2.44 mmol H₂O m⁻² s⁻¹. The variables PAR, LRH, LT, *gs*, **E** and *r*, depended on the period of samplings and the nance selections. The phenological phase of this fruit tree were present in the times and with the same intensity than the ones previously reported, and they were not affected or interrupted by the hydric stress, classifying *B. crassifolia* as tolerant to hydric stress.

References

- Agbicodo, E. M., Fatokun, C. A., Visser, R. G. F. and Linden Van der, C. G. (2009). Breeding drought tolerant cowpea: constraints, accomplishments, and future prospects. *Euphytica* (Holanda). 167: 353-370. doi: <https://doi.org/10.1007/s10681-009-9893-8>

Las bajas tasas de transpiración entre las selecciones de nance encontradas en la presente investigación estuvieron ligadas a bajos contenidos de humedad relativa de la hoja. No obstante, la humedad del suelo fue en descenso en las mediciones del 28 de mayo, 11 y 24 de junio, la tasa de transpiración se incrementó. En contraste, se muestra una medición extra de transpiración en plena época de lluvias, donde la humedad relativa de la hoja se incrementó hasta 73.95 % (datos no mostrados) y consecuentemente la transpiración alcanzó valores de 3.91 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ (Tabla 2).

El nance es un árbol de follaje denso, por lo que, cuanto más grande es la superficie foliar más alto será el uso de agua. Además, tiene hoja escleromórfica, una cubierta densa de tricomas en hoja joven, bajo promedio en densidad estomática (207.36 estomas por mm²), características que posiblemente le permiten tolerar el estrés hídrico y escapar a la sequía. Las fases fenológicas de las cuatro selecciones de nance estudiadas, se presentaron en el tiempo y con similar intensidad a las reportadas previamente por Medina-Torres *et al.*, (2012).

Conclusiones

Las selecciones de nance estudiadas presentaron similar patrón de distribución de la tasa de transpiración (**E**) durante el periodo de mediciones, correspondiente a una curva senoidal. Dichas selecciones mostraron descenso de **E** paralelo al déficit de humedad del suelo hasta plena primavera (1.15 mmol H₂O cm⁻² s⁻¹); sin embargo **E** se incrementó gradualmente aún bajo severo estrés hídrico, el cual ocurrió al final de la primavera; continuó incrementándose hasta alcanzar un pico máximo en verano durante el periodo de lluvias cuando el suelo estuvo saturado de humedad (3.64 mmol H₂O cm⁻² s⁻¹), finalmente descendió al final de invierno a 2.44 mmol H₂O cm⁻² s⁻¹. Las variable PAR, LRH, LT, *gs*, **E** y *r* dependieron de la época de muestreo y la selección de nance. Las fases fenológicas de este frutal se presentaron en los tiempos y con igual intensidad que las reportadas previamente y no se vieron afectadas o interrumpidas por el estrés hídrico, clasificándose al *B. crassifolia* como tolerante al estrés hídrico.

- Aguilera, C. M. and Martínez, E. R. (1990). Relaciones agua, suelo, planta, atmósfera. Departamento de enseñanza, investigación y servicio en irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 112-113.
- CNF. (Comisión Nacional Forestal). (2005). El nanche, dulce sabor tropical (*Byrsonima crassifolia*). Vegetación de México. México Forestal No. 84. *Revista Electrónica de la Comisión Nacional Forestal*. www.conabio.gob.mx/conocimiento/info. Last checked: february 14th 2016.
- Azcon-Bieto, J. and Talón, M. (1993). Fisiología y Bioquímica Vegetal. McGraw-Hill Interamérica de España. 581 p.
- Coombs, J., Hall, D. O., Long, S. P. and Scurlock, J. M. O. (1988). Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México, México. pp. 42-44.
- García-Amaro, E. (1988). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 'Climas' (clasificación de Köppen, modificado por García, E.). Escala 1:1 000 000 México. Shapefile.
- Geifus, F. (1994). El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural. Vol. 2. Guía de especies. CATIE/ENDA Caribe. Turrialba, Costa Rica. pp. 411-414.
- Goldstein, G., Rada, F., Rundel, P., Azocar, A. and Orozco, A. (1989). Gas exchange and water relations of evergreen and deciduous tropical savanna trees. In: Dreyer, G.E., Ausenac, M., Bonnet-Masimbert, M., Dizengremel, P., Favre, J.M., Garrec, J.P. Le Tacon F., Martin, F. (eds.). *Forest Tree Physiology. Annales des Sciences Forestières*, Elsevier/INRA. 46: 448-453. https://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/1989/05/AFS_0003-4312_1989_46_Suppl_ART0100.pdf
- Heath, R.L., Arpaia, M.L., and Mickelbart, M.V. (2005). Avocado tree – Understanding the basis of productivity. Proceeding California Avocado Research Symposium. University of California. pp. 87-119. http://www.avocadosource.com/ARAC/Symposium_2005/ARAC2005_PG_087-119.pdf.
- Hernández-Gil, R. (2001). Transpiración. Facultad de Ciencias Forestales y ambientales. Universidades-Mérida-Venezuela. Last checked: March 20th 2016. <http://www.redalyc.org/html/3477/347730349008/index.html>
- Larqué-Saavedra, A. and Trejo, L. C. (1990). El agua en las plantas. Manual de prácticas de fisiología vegetal. Editorial Trillas, S.A. de C.V. México, D.F. pp. 62.
- León, J. (2000). Botánica de los cultivos tropicales. Tercera edición revisada y aumentada. Colección Libros y Materiales Educativos No. 84. IICA, San José, Costa Rica. 522 p
- Lira-Saldivar, R. H. (1994). Fisiología Vegetal. Editorial Trillas, S.A, México, D.F. 237 p. Martínez, M. E., Santiaguillo, H. J. F. and Cuevas, S. J. A. (2008). Principales usos del nanche. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Estado de México, 51-57 p. <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000040609>
- Medina-Torres, R., Salazar-García, S. and Gómez-Aguilar, J.R. (2004). Fruit quality indices in eighth nance (*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K) *Selections. HortScience* 39(5): 1070-1073. <http://hortsci.ashspublications.org/content/39/5/1070.full.pdf>
- Medina-Torres, R., Salazar-García, S., Valdivia-Bernal, R. and Martínez-Moreno, E. (2012). Fenología de la floración y ciclos reproductivos del nanche [*Byrsonima crassifolia* (L.) HBK] en Nayarit. *Revista Universidad y Ciencia. México*, 28(3): 259-269. <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v28n3/v28n3a5.pdf>
- Meinzer, F.C., Clearwater, M.J. and Golstein, G. (2001). Water transport in trees: current perspectives, new insights and some controversies. *Environmental and Experimental Botany* 45: 239-262. doi: [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(01\)00074-0](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(01)00074-0)
- SAS Institute.(1999). SAS/STAT User's Guide: statistics version 9.3 for windows. Cary.
- SIAP. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2017). Cierre de la producción agrícola por cultivo. En línea: http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola Last checked: May 10th 2017.
- Schulze, E.D., Lange, O., Evenari, M., Kappen, L. and Buschbom, U. (1974). The role of air humidity and leaf temperature in controlling stomatal resistance of *Prunus armenica* L. under desert conditions. I. A simulation of the daily course of stomatal resistance. *Oecologia* (Berl.) 17: 159-170. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2FBF00346278.pdf>
- Watson, R.T., Zinyowera, M.C. and Moss, R.H. (1996). Climate changes 1995, impacts adaptations and mitigation of climate change: Scientific-Technical Analyses. Cambridge University Press. 879 pp. <http://www.repositorio.cenpat-conicet.gob.ar/bitstream/handle/123456789/577/climateChange1995ImpactsAdpatationsMitigation.pdf?sequence=1>

Zekri, M., Nuñez-Elisea, R., Schaffer, B., O'Hair, S.K. and Crane, J.H. (1999). Multi-sensor capacitance probes for monitoring soil water dynamics in the oolitic limestone soil of South Florida. *Proceedings of Florida State Horticultural Society* 112: 178-181. [https://fshs.org/proceedings-o/1999-vol-112/178-181%20\(ZEKRI\).pdf](https://fshs.org/proceedings-o/1999-vol-112/178-181%20(ZEKRI).pdf)