



Scientia Agropecuaria

Website: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>

Facultad de Ciencias
Agropecuarias

Universidad Nacional de
Trujillo

Relación entre parámetros edáficos y criterios de calidad postcosecha de frutos de *Prunus persica* (L.) Batsch por análisis multivariado

Relationship between edaphic parameters and postharvest quality criteria of *Prunus persica* (L.) Batsch fruits by multivariate analysis

Elizabeth García-Gallegos¹ ; Oscar Gumersindo Vázquez-Cuecuecha¹ ; José Antonio Chávez-Gómez¹ ; Elizabeth Hernández-Acosta^{2,*} ; Aline López-López¹ 

¹ Centro de Investigación en Genética y Ambiente, Universidad Autónoma de Tlaxcala. Aut. Texmelucan-Tlaxcala km 10.5, San Felipe Ixtacuixtla, Tlaxcala. México.

² Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos, Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, C.P. 56230 Texcoco, Estado de México. México.

Received June 23, 2020. Accepted October 30, 2020.

Resumen

Este estudio se llevó a cabo en la principal zona productora de durazno variedad Escarcha, Tlaxcala, México. Se evaluaron parámetros del suelo en parcelas con diferente manejo y algunos criterios de calidad en el fruto, para posteriormente relacionarlos a través de un Análisis de Componentes Principales (ACP). Los resultados de la caracterización del suelo evidenciaron un predominio de la fracción arena, baja concentración de materia orgánica y de N total, y pocos sitios de intercambio. Se obtuvieron rendimientos de 10,88 a 11,66 t ha⁻¹. A través de los ACP se observó que las variables predictoras en el caso del suelo, en el componente principal 1 (CP1) fueron materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno total y fósforo; en el CP2 la densidad aparente, porosidad, pH y el índice de humificación. En el caso del fruto, en el CP1 fue el peso, diámetro ecuatorial, índice de madurez y número de frutos y en CP2 acidez total titulable y firmeza. El ACP permitió identificar las variables del suelo que influyen en la calidad del fruto. Se recomienda al productor incrementar los contenidos de materia orgánica, N total y P para obtener mayor número de frutos por árbol y frutos con un índice de madurez, tamaño y peso adecuados en las parcelas evaluadas. Los criterios de calidad postcosecha mostraron que esta variedad es apta para su consumo en fresco, para la elaboración de conservas, compotas, mermeladas y jarabes; además de clasificarse como dulces, según el índice de madurez.

Palabras clave: Propiedades del suelo; fruticultura; durazno; postcosecha; calidad del fruto.

Abstract

This study was carried out in the main Escarcha variety peach producing area in the state of Tlaxcala, Mexico. Soil parameters were evaluated in plots with different management and some quality criteria in the fruit, to later relate them through a Principal Component Analysis (PCA). The results of the soil characterization evidenced a predominance of the sand fraction, low concentration of organic matter and total N, and few exchange sites. Yields of 10.88 to 11.66 t ha⁻¹ were obtained. Through the PCA it was observed that the predictor variables in the case of the soil, in the main component one (CP1) were organic matter, organic carbon, total nitrogen and phosphorus; in CP2 were the apparent density, porosity, pH and the humification index. In the case of the fruit, in CP1 were weight, equatorial diameter, maturity index and number of fruits, and in CP2 were total titratable acidity and firmness. The PCA allowed identifying the soil variables that influence the quality of the fruit. The producer is recommended to increase the contents of organic matter, total N and P to obtain a greater number of fruits per tree and fruits with an adequate size, weight and maturity index in the evaluated plots. The post-harvest quality criteria showed that this variety is suitable for fresh consumption, for the preparation of preserves, compotes, jams and syrups; in addition to being classified as sweet, according to the maturity index.

Keywords: Soil properties; fruit growing; peach; postharvest; fruit quality.

Cite this article:

García-Gallegos, E.; Vázquez-Cuecuecha, O.; Chávez-Gómez, J.A.; Hernández-Acosta, E.; López-López, A. 2020. Relación entre parámetros edáficos y criterios de calidad postcosecha de frutos de *Prunus persica* (L.) Batsch por análisis multivariado. *Scientia Agropecuaria* 11(4): 565-573.

* Corresponding author
E-mail: ehernandez@chapingo.mx (E. Hernández-Acosta).

1. Introducción

El recurso suelo es de suma importancia para el desarrollo de la fruticultura, permite el establecimiento de una diversidad de especies de árboles frutales que contribuyen a la seguridad alimentaria, nutricional y a un desarrollo rural más sostenible, que favorece el bienestar de los fruticultores. El durazno es un frutal que se desarrolla en una gran diversidad de suelos, por lo que evaluar la calidad de este recurso (propiedades físicas, químicas y biológicas) orienta a realizar mejores prácticas de manejo del cultivo y a ubicar su respuesta a diferentes tipos de suelo (Krüger et al., 2018).

El fruto de durazno se compone de un 88% de agua, vitaminas A, B1, B2, C, fósforo, calcio y carbohidratos; tales como la fructosa, la glucosa, la sacarosa, el sorbitol y el inositol, así como los ácidos oxálico, cítrico, isocítrico, málico, fumárico, quínico y siquimato, los cuales disminuyen a medida que el fruto madura (Nowicka et al., 2019). La variedad Escarcha (semi prisco) se cultiva en el municipio de Alzayanca, Tlaxcala, es de maduración intermedia, con un ciclo de crecimiento de 130 a 140 días de la floración a la cosecha; de tamaño grande (diámetros polares y ecuatoriales mayores a 65 mm), con peso de 120 a 150 g; color externo rojizo, forma esférica, poca vellosidad, hueso no adherido a la pulpa, con un contenido de azúcares de 12 a 16 °Brix y para su maduración requiere de una acumulación anual de entre 300 a 400 horas frío (Fernández-Montes et al., 2011). Lemus (2017 a, b) señala que, para obtener un óptimo rendimiento del frutal, al árbol se le deben realizar prácticas de poda y raleo, para garantizar frutos de mejor calidad al momento de la cosecha.

La producción en Tlaxcala es principalmente bajo condiciones de temporal, en suelos arenosos de baja fertilidad y alta infiltración (Fernández-Montes et al., 2010). Gutiérrez y Padilla (2004) reportan que la variedad Ana en suelos con una textura migajón arenosa y un pH de 7,2 se obtuvo un peso del fruto de 8,3 a 142,8 g y un rendimiento de

22,7 t/ha. Por otro lado, la variedad Diamante y Oro de México en Puebla tuvieron un rendimiento de 15 a 20,3 t/ha, respectivamente; en suelos con un pH de 4,9 y 0,88% de materia orgánica y una capacidad de intercambio catiónico de 3,2 Cmol (+)/kg (Torres et al., 2008). Bonazzola et al. (2007) determinaron que la variedad Flordaking se desarrolla en un suelo con textura franco-limosa y los frutos tuvieron un peso de 84,19 a 177,59 g y de 10,53 a 12,75 °Brix.

El rendimiento y calidad de los frutos en especies de árboles de manzano bajo un sistema intensivo depende de las características del suelo, del manejo, de la presencia de otras especies vegetales que compitan por agua y nutrientes, lo que afectará sin duda la calidad del fruto (Lanauskas et al., 2014; Ortiz-Rivera et al., 2020). Sin embargo, cuando existe un gran número de variables se complica la interpretación de resultados, de ahí la importancia de utilizar una técnica multivariante que permita identificar aquellas variables que aportan más información. El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una herramienta útil para determinar relaciones dentro de un conjunto de variables (Frene et al., 2020).

Para el presente estudio, se plantearon los siguientes objetivos: 1) caracterizar el suelo bajo cultivo de *P. persica* a través de los parámetros físicos, químicos y biológicos; 2) determinar el rendimiento y calidad de los frutos de *P. persica* en postcosecha y 3) relacionar las variables del suelo con los criterios de calidad de los frutos a través de un Análisis de Componentes Principales.

2. Materiales y métodos

Se seleccionaron cuatro parcelas de la comunidad Concepción Hidalgo, municipio de Alzayanca, Tlaxcala (Tabla 1), el cual se localiza en las coordenadas geográficas (19°23'30.61" LN y 97°49'35.84" LO) con una temperatura promedio de 14 °C y una precipitación de 600 mm, los órdenes de suelo que predominan son de tipo Regosol (49%), Durisol (25%), Leptosol (22%) y Fluvisol (1%) (INEGI, 2009).

Tabla 1
Superficie y manejo de las parcelas cultivadas con *P. persica* var. Escarcha

Parcela	Coordenadas geográficas	Altitud (m.s.n.m.)	Superficie (ha)	Manejo [†]
Lino	19° 20' 40,93" LN 97° 49' 28,50" LO	2562	0,59	Ri, S, CA, Pc, FQ
Argelio	19° 23' 38,40" LN 97° 49' 35,20" LO	2602	0,90	Ri, S, CA y FQ
Abel	19° 23' 31,80" LN 97° 49' 34,30" LO	2602	1,1	Ri, S, C, MA, FQ
Saúl	19° 23' 40,6" LN 97° 49' 53,5" LO	2567	0,16	Ri, S, CA, FQ

Ri: Riego; S: surco; Pc: Policultivo; CA: Control de arvenses; C: Composta (Aplicación cada ciclo, el mes de noviembre); MA: Malla antigranizo; FQ: Fertilización química (Urea o nitrato de amonio en floración; Triple 17, después de la cosecha); [†]Información proporcionada por los productores.

Tabla 2Indicadores químicos de suelos bajo cultivo de *P. persica* variedad Escarcha

Parámetro	Lino	Argelio	Abel	Saúl	Referencia
pH	6,70 ± 0,05a*	6,63 ± 0,04a	6,66 ± 0,19a	6,92 ± 0,07a	6,6 – 7,3*
MO (%)	0,93 ± 0,10a	0,61 ± 0,19a	1,01 ± 0,16a	0,95 ± 0,17a	< 4*
CO (%)	0,54 ± 0,06a	0,33 ± 0,11a	0,59 ± 0,09a	0,55 ± 0,10a	< 2**
CIC [Cmol (+)/kg]	8,83 ± 1,57a	7,92 ± 1,47a	8,83 ± 1,57a	8,00 ± 1,47a	5 – 15*
CE (dS/m)	0,05 ± 0,01a	0,03 ± 0,01a	0,04 ± 0,01a	0,03 ± 0,01a	< 1*
N total (%)	0,18 ± 0,01a	0,11 ± 0,003c	0,23 ± 0,01a	0,15 ± 0,01bc	< 0,30*
P (mg/kg)	31,83 ± 0,43b	21,43 ± 0,50c	40,33 ± 1,02a	32,97 ± 0,70b	< 30**
K (mg/kg)	47,63 ± 0,52c	34,87 ± 0,12d	108,90 ± 1,57a	65,70 ± 0,35b	40 – 80**

‡Media ± Error estándar, n = 35. Medias con la misma letra por fila son estadísticamente iguales ($p \geq 0,05$). *NOM-021-SEMARNAT-2000; **Rodríguez y Rodríguez (2002).

2.1 Parámetros del suelo donde crece *P. persica*

De cada parcela se tomaron seis muestras simples de suelo en época de latencia frutal y sequía, a una profundidad de 0 a 40 cm por el método del zig-zag, cada muestra se secó a temperatura ambiente y a la sombra, tamizadas con malla 2 mm de abertura para homogeneizar el tamaño de partícula, se determinó: textura, porosidad (Po), pH, materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), N total, P extractable, K intercambiable, conductividad eléctrica (CE) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) con base a la NOM-021-SEMARNAT-2000 (DOF, 2002). El índice de humificación (IH) por UV-Visible, de acuerdo con Zbytniewski y Buszewski (2005) y la densidad aparente (Da) por el método de la probeta por la NMX-FF-109-SCFI-2008 (DOF, 2008). Finalmente se determinó la actividad microbiana (AM), dada por la tasa respiratoria de los microorganismos como lo señala Zagal et al. (2002), con algunas modificaciones.

2.2 Rendimiento y calidad de *P. persica*

En cada parcela se realizó un conteo total de los árboles para determinar la densidad de plantación, se marcaron de cuatro a siete árboles (de acuerdo a la superficie de las parcelas), se contó el número total de frutos por árbol para obtener el rendimiento por $R = T * Z * X$; donde: R = Rendimiento (t/ha), T = Número total de árboles en la parcela, Z = Número total de frutos por árbol seleccionado, X = Peso promedio del fruto (g) (Torres et al., 2008).

Para el análisis de la calidad postcosecha de los frutos, éstos fueron recolectados en madurez fisiológica, en condiciones fitosanitarias óptimas y sin daños mecánicos. Se formaron 19 lotes de 15 frutos cada uno, con un total de 285 frutos por las cuatro parcelas. A cada fruto se le determinó el peso (g) en una balanza granataria digital (Adam®), con un Vernier digital RoHS® se midió el tamaño en función del diámetro mayor [diámetro polar (DP)] y el diámetro menor [diámetro ecuatorial (DE)], como lo establece la

NMX-FF-009-SCFI-1982 (DOF, 1982). La firmeza (N) se determinó con un texturómetro (TAXT Plus®) acoplado al software Stable Micro Systems, con punta de 3 mm de diámetro como lo establece la NMX-FF-060-SCFI-2009 (DOF, 2009). En el jugo se obtuvo el pH y el contenido de sales (CE) a través de una relación 1:1 v/v (agua/jugo) con un potenciómetro (Conductronic®) y un conductímetro (ExStik-II® modelo EC500), respectivamente. Los sólidos solubles totales (SST) y °Brix se midieron en un refractómetro digital de sobremesa (ATAGO® modelo 1T) como lo indica la AOAC (1990).

La acidez total titulable (ATT) se determinó por la relación 1:1 v/v (agua/jugo) y se calculó por la fórmula de López y Argai (1993), quienes expresan la ATT como porcentaje de ácido cítrico. Finalmente se estimó el índice de madurez de los frutos al dividir los valores de los °Brix y el %ATT (Abbasi et al., 2019).

2.3 Análisis de los datos

Los datos de las diferentes variables evaluadas en suelo y frutos se sometieron a pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas; una vez cumplidos los supuestos se aplicó un análisis de varianza con una comparación de medias bajo la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) entre las parcelas bajo el siguiente modelo: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$, donde: Y_{ij} = respuesta obtenida en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento; τ_i = efecto del tratamiento i ; ε_{ij} = término de error aleatorio asociado a la observación Y_{ij} . Para determinar el grado de asociación de los parámetros del suelo y criterios de calidad del durazno, se realizó un análisis de correlación de Pearson, y de componentes principales (ACP), utilizando el Software InfoStat v. 2008 (Di Rienzo et al., 2008).

3. Resultados y discusión

3.1 Parámetros del suelo

Los suelos bajo el cultivo de durazno presentaron una textura areno francosa con un porcentaje de arena mayor al 70%. Al res-

pecto, [Farias-Barrero et al. \(2017\)](#) mencionan que suelos con estas características pueden tener problemas de retención de agua y nutrimentos. La porosidad se clasifica como adecuada, ya que los porcentajes obtenidos son mayores al 40% ([Porta et al., 2008](#)), y esto favorece al sistema radicular del frutal, ya que es una especie que se adapta a suelos profundos y con buen drenaje; a diferencia de desarrollarse en suelos arcillosos, compactados y con humedad excesiva ([Carrasco et al., 2017](#)). La densidad aparente fue de 1,11 a 1,25 g/cm³, no se presentaron diferencias significativas entre parcelas ($p \geq 0,05$). Para suelos de origen volcánico, el valor debe ser menor a 1 g/cm³, indica la NOM-021-SEMARNAT-2000 ([DOF, 2002](#)).

Para la variable pH, no se presentaron diferencias significativas entre los suelos de las parcelas evaluadas ($p \geq 0,05$) ([Tabla 2](#)). De acuerdo, a la normatividad mexicana ([DOF, 2002](#)) se clasifican como neutros. [Fernández-Montes et al. \(2010\)](#) menciona que los requerimientos de pH en el suelo para *P. persica* van de un intervalo de 6 a 7,5, como lo reportado en este estudio, la adaptabilidad del frutal a este intervalo hace que el pH sea uno de los principales factores que influyen en su productividad.

La concentración de materia orgánica y carbono orgánico en los suelos fue similar en las cuatro parcelas ($p \geq 0,05$) ([Tabla 2](#)) y el IH fue menor en la parcela Abel, esto significa mayor humificación de la materia orgánica. [Krüger et al. \(2018\)](#) mencionan que la materia orgánica mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, pero al aplicar un manejo intensivo se reduce principalmente el contenido carbono orgánico, se disminuye el espacio poroso y, por tanto, aumenta la densidad aparente.

[Soto et al. \(2016\)](#) reportan para suelos agrícolas de Tlaxcala una baja concentración de materia orgánica y carbono orgánico de 3,03 y 1,75%, respectivamente, superior a lo reportado en suelos bajo cultivo de durazno. [Hirzel \(2017\)](#) indica que el porcentaje de materia orgánica ideal para el cultivo de *P. persica* en suelos franco arenoso debe ser mayor a 1,5%, lo que no se presenta en los suelos de Alzayanca, ya que se tuvieron concentraciones menores a 1,01% ([Tabla 2](#)). Sin embargo, [Torres et al. \(2008\)](#) reportan que con 0,28% de materia orgánica a una profundidad de 20-40 cm en suelos cultivados con *P. persica* bajo un sistema de milpa intercalada se obtuvo un rendimiento a cuatro años de 5,94 hasta 20,7 mg/ha.

La CIC y CE fueron estadísticamente iguales ($p \geq 0,05$), de acuerdo a la normatividad

mexicana los valores de CE son considerados sin efecto y los de CIC fueron bajos [en promedio 8,4 Cmol (+)/kg] y se tienen efectos despreciables de sales. [Hirzel \(2017\)](#) señala que un intervalo aceptable de CIC para el cultivo de durazno es de 8 a 15 Cmol (+)/kg para suelos franco arenoso, lo que se observó en los suelos de Alzayanca. [Torres et al. \(2008\)](#) también obtuvieron valores bajos para la variable CIC 3,3 Cmol (+)/kg en suelos cultivados con durazno a una profundidad de 20-40 cm; aun así, tuvieron una producción aceptable.

El porcentaje de N total y las concentraciones de P y K mostraron diferencias significativas entre los suelos de las parcelas ($p \leq 0,05$). Con base a la NOM-021 ([DOF, 2002](#)) el N total fue bajo, no así para P, el cual fue de medio a alto ([Tabla 2](#)). Con el manejo proporcionado al suelo ([Tabla 1](#)) y dada la mayor proporción de arena, los suelos son altamente permeables y están expuestos a perder N por lixiviación; por lo que, para estas condiciones se ha recomendado el empleo de fertilizantes de liberación lenta ([Farias-Barreto et al. 2017](#)).

En el caso de P la concentración óptima para suelos franco arenoso con *P. persica* debe ser mayor a 15 mg/kg, lo que se obtuvo en las parcelas bajo estudio; para K, el intervalo de suficiencia es de 117,3 a 195,5 mg/kg ([Hirzel, 2017](#)), con base a estos valores los suelos de Alzayanca presentaron concentraciones bajas de este elemento. [Torres et al. \(2008\)](#) reportaron 23,6 mg/kg de P a una profundidad de 0 a 20 cm, menor a la concentración de P en la mayoría de los suelos bajo estudio, al igual que la concentración de K que fue de 190,8 mg/kg. En lo que se refiere a la actividad microbiana, dada por la tasa respiratoria de los microorganismos, las parcelas Abel y Saúl tuvieron 0,17 mg C-CO₂/g a 7 días de incubación, ligeramente superior para suelos agrícolas con 0,14 mg C-CO₂/g ([Álvarez-Solís y Anzueto-Martínez, 2004](#)). La actividad microbiana depende de las reservas orgánicas del suelo y de lo que se aplique, ya sea por medio de enmiendas orgánicas o minerales, situación que se observa principalmente en la parcela Abel la cual tuvo mayor porcentaje materia orgánica y menor IH.

3.2 Rendimiento y calidad de *P. persica*

En la parcela Abel con 864 individuos en 1,1 ha y Lino con 483 en una superficie de 0,59 ha se presentaron los mayores rendimientos (11,66 y 10,88 t/ha, respectivamente), esto puede depender del manejo agronómico por parte del productor, el genotipo, la edad del frutal y de las horas frío. Al respecto, en México las variedades de durazno

de alta producción son de alto requerimiento de horas frío, y con menor son de baja productividad y calidad (Calderón-Zavala *et al.*, 2019). Respecto al peso de los frutos en las parcelas Lino, Argelio y Abel fueron estadísticamente mayores ($p \leq 0,05$) pero menor a lo que señala Fernández-Montes *et al.* (2011) de 120 a 150 g para la variedad Escarcha. Diferencia que puede deberse a que los frutos en postcosecha sufren degradación en la pared celular, lo que genera mayor pérdida de agua por transpiración (Africano *et al.*, 2016). No obstante, en términos comerciales, la variedad Escarcha tiene buena aceptación en la zona. En los diámetros polar y ecuatorial de los frutos fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$) (Tabla 3).

Con base a la clasificación comercial de tamaño que estipula la NMX-FF-060-SCFI-2009 (DOF, 2009) los frutos de las cuatro parcelas son de clase I (≤ 55 mm). Por esta razón, la variedad bajo estudio es óptima para su consumo en fresco. En firmeza los frutos de las parcelas Lino y Saúl presentan diferencias entre sí ($p \leq 0,05$). La NMX-FF-060-SCFI-2009 establece un valor mínimo de 34,32 N, superior a la determinada en los frutos de la variedad Escarcha (semi prisco); sin embargo, no impide ser empleada para elaborar conservas, compotas, mermeladas y jarabes; una alternativa más de ingreso económico para los productores.

En el jugo, el pH de los frutos de las parcelas Argelio y Saúl presentaron diferencias significativas entre sí ($p \leq 0,05$) (Tabla 3) y el valor fue similar a lo que señalan Badui *et al.* (2006), los frutos de durazno tienen un pH ácido (4 a 6) como la gran mayoría de las frutas. La NMX-F-034-1982 (DOF, 1982) estipula que durazno empleado para elaborar conservas su pH debe ser de 3,5 a 4,2. Ortiz *et al.* (2007) reportan para las variedades de durazno: Tropic Snow, Hermosillo, Early grande, San Pedro 1,633, Flordastar, Flordaprince y Flordaking, que el pH osciló entre 3,3 a 3,6 (más ácidos que los frutos de la var. Escarcha), estos autores mencionan que el pH del fruto es característico para cada variedad y su valor no tiene influencia

en la aceptación por parte del consumidor. La cantidad de sales en los frutos fue significativamente igual ($p \geq 0,05$); sin embargo, son valores menores a lo que mencionan Bonazzola *et al.* (2007) quienes para las variedades Flordarking y Forastero reportan de 5,10 y 5,40 mS/cm, respectivamente.

La ATT, en las parcelas Lino y Saúl los frutos presentaron diferencias significativas entre sí ($p \leq 0,05$) (Tabla 3). Y dichos valores fueron inferiores a lo que evidenciaron Africano *et al.* (2016) para la var. Dorado con un porcentaje de 0,87%; y a lo que reportaron Altube *et al.* (2017) para la var. Flavorcrest de 0,47% a 0,96%. Respecto a esto, Abbasi *et al.* (2019) mencionan que al momento de cosechar el fruto de durazno la ATT fue de 1,09%, mayor a los frutos bajo estudio. En cuanto a los SST, los frutos de las parcelas Abel y Saúl fueron diferentes entre sí ($p \leq 0,05$). La NMX-FF-060-SCFI 2009 (DOF, 2009) establece que los SST en durazno es de 10 °Brix y Fernández-Montes *et al.* (2011) mencionan que para la var. Escarcha el intervalo es de 12 a 16 °Brix, valores superiores a los frutos de Alzayanca. En frutos maduros se incrementa el contenido de SST, debido a que la tasa respiratoria aumenta y se produce energía para la hidrólisis del almidón, lo que genera compuestos solubles; tales como, los oligosacáridos, polisacáridos, ácidos orgánicos y taninos (Buitrago *et al.*, 2015; Nowicka *et al.*, 2019).

Los valores del índice de madurez (IM) de los frutos mostraron que la parcela Abel fue significativamente mayor a Lino (Tabla 3). Marques *et al.* (2008) señalan que el IM para frutos de durazno varía de 16,5 a 36; sin embargo, valores ≤ 25 indican una madurez óptima para su recolección, por lo que la var. Escarcha fue recolectada en un momento oportuno para su comercialización, dada su característica de semi prisco. Nowicka *et al.* (2019) establecen que una SST/ATT de 5 a 7 es para frutos ácidos, de 17 a 24 son agridulces y de 31 a 98 dulces, al tomar en cuenta esta clasificación los frutos de todas las parcelas se consideran agridulces, lo que depende de su condición semi prisco.

Tabla 3
Criterios de calidad de frutos de *P. persica* var. Escarcha

Criterio	Lino	Argelio	Abel	Saúl	Referencia
Peso (g)	88,98 ± 2,89a [‡]	92,13 ± 1,76a	88,58 ± 2,93a	71,57 ± 1,94b	nr [†]
DP (mm)	50,96 ± 0,59a	51,11 ± 0,46a	50,08 ± 0,59a	47,91 ± 0,43b	≤ 55 [§]
DE (mm)	54,18 ± 0,73a	54,64 ± 0,45a	54,16 ± 0,70a	49,51 ± 0,53b	≤ 55 [§]
Firmeza (N)	11,37 ± 1,56a	8,06 ± 1,29ab	9,43 ± 1,24ab	5,39 ± 0,34b	34,32 [§]
pH	4,41 ± 0,08ab	4,29 ± 0,06b	4,43 ± 0,07ab	4,58 ± 0,09a	3,5 – 4,2 [‡]
CE (mS/cm)	1,96 ± 0,08a	1,78 ± 0,06a	1,95 ± 0,07a	1,77 ± 0,10a	nr [†]
ATT (%)	0,41 ± 0,03a	0,34 ± 0,0ab	0,35 ± 0,03ab	0,27 ± 0,04b	1,09 [¶]
SST (°Brix)	7,63 ± 0,63ab	8,75 ± 0,32ab	10,54 ± 0,20a	6,83 ± 0,24b	10 [§]
IM	19,28 ± 2,47b	24,43 ± 0,68ab	29,72 ± 3,28a	24,78 ± 0,81ab	17 – 31 [#]

[‡]Media ± Error estándar, n = 285. Letras distintas por fila indican medias significativamente diferentes ($p \leq 0,05$). [†]nr: no regulado; [‡]NMX-F-034-1982; [§]NMX-FF-060-SCFI-2009; [¶]Abbasi *et al.* (2019), [#]Nowicka *et al.* (2019).

Tabla 4

Análisis de correlación de Pearson, para los parámetros del suelo y los criterios de calidad los frutos de durazno

	----- Parámetros del suelo -----									----- Criterios de calidad del fruto -----								
	pH	MO	CO	CIC	CE	Da	Po	N	P	K	pH f	CE f	ATT	SST	Peso	DP	DE	F
pH	1																	
MO	0,24	1																
CO	0,23	0,99*	1															
CIC	-0,28	-0,17	-0,16	1														
CE	0,10	0,38	0,41	-0,18	1													
Da	-0,32	-0,34	-0,35	-0,02	-0,30	1												
Po	0,32	0,35	0,36	0,03	0,31	-1*	1											
N	0,10	0,50	0,54	-0,01	0,43	0,23	-0,23	1										
P	0,44	0,67	0,72*	-0,16	0,38	0,26	-0,26	0,87*	1									
K	0,35	0,46	0,50	-0,05	0,25	0,30	-0,30	0,80*	0,90*	1								
Criterios de calidad del fruto																		
pH f	0,43	0,37	0,39	-0,06	0,27	-0,70*	0,70*	0,14	0,47	0,32	1							
CE f	0,09	0,47	0,43	-0,22	0,17	0,56*	-0,56*	0,46	0,41	0,30	-0,30	1						
ATT	-0,52	0,10	0,10	-0,10	0,11	0,64*	-0,64*	0,43	0,08	-0,03	-0,73*	0,52	1					
SST	-0,21	-0,29	-0,33	-0,002	-0,21	0,01	-0,004	-0,78*	-0,80*	-0,97*	-0,11	-0,25	-0,07	1				
Peso	-0,38	-0,34	-0,37	0,08	-0,31	-0,01	-0,01	-0,71*	-0,80*	-0,91*	-0,27	-0,24	0,04	0,84*	1			
DP	-0,06	-0,18	-0,18	-0,11	-0,29	0,23	-0,23	0,14	0,01	0,25	-0,39	0,08	0,30	-0,50	-0,35	1		
DE	-0,53	-0,36	-0,39	0,25	-0,55	0,08	-0,09	-0,47	-0,67*	-0,65*	-0,40	-0,15	0,15	0,50	0,83*	-0,001	1	
F	-0,36	-0,14	0,21	0,24	0,09	0,12	-0,12	-0,20	-0,45	-0,56*	-0,35	0,28	0,37	0,47	0,43	-0,27	0,52	1

Parámetros del suelo: MO: materia orgánica suelo (%), CO: carbono orgánico suelo (%), CIC: capacidad de intercambio catiónico suelo [Cmol (+)/kg], CE: conductividad eléctrica suelo (dS/m), Da: densidad aparente (g/cm), Po: porosidad (%), N: nitrógeno suelo (%), P: fósforo suelo (mg/kg), K: potasio suelo (mg/kg).

Criterios de calidad del fruto: pH f: pH fruto, CE f: conductividad eléctrica fruto (mS/cm), ATT: acidez total titulable fruto (%), SST: sólidos solubles totales fruto (°Brix), DP: diámetro polar (mm) fruto, DE: diámetro ecuatorial fruto (mm), F: firmeza fruto (N). *Valores significativos (p ≤ 0,05).

3.3 Relación entre los parámetros del suelo y la calidad del fruto del durazno

El análisis de correlación (Tabla 4) indica que el pH del jugo exhibió una relación negativa con la densidad aparente y positiva con la porosidad. Las sales y la ATT se incrementan a medida que aumenta el espacio poroso. Cambi et al. (2017) señalan que suelos compactados presentan una infiltración muy baja de agua, lo que no permite el desarrollo adecuado de las raíces secundarias del árbol y, por lo tanto, se reduce la absorción de nutrimentos.

Los SST, el peso, tamaño (DE) y firmeza del fruto tuvieron una correlación negativa con el nitrógeno total, fósforo y potasio del suelo; indicando que, con el aumento de la concentración de azúcares, el peso y los diámetros del fruto se disminuye la concentración de N y K en el suelo, no así para P (Tabla 2). Sin duda el aporte de nutrimentos vía fertilización inorgánica u orgánica (Tabla 1) contribuyen a la obtención de un fruto con mayor peso, firmeza, tamaño y concentración de azúcares. El K es un elemento altamente requerido por los árboles, ya que interviene en la activación de enzimas necesarias para formar almidón (Martínez et al., 2017), además es el elemento responsable de la productividad y producción de azúcares, ya que su concentración en el mesocarpio del fruto va de 0,0002 a 0,00025 mg/g (Tagliavini et al., 2000). En el caso particular del N, no se recomienda aplicarlo previo a la cosecha, sino en etapa de floración, ya que puede reducir la calidad postcosecha del fruto (Fernández-Montes et al., 2011). Fariás-Barreto et al. (2017) reporta que concentraciones altas de N aplicado a árboles

de *P. persica* afectan negativamente el tamaño de los frutos en comparación a los tratados con dosis óptimas.

Tabla 5

Proporción de la variación explicada para cada componente principal en los parámetros del suelo bajo cultivo de *P. persica* var. Escarcha

Lambda	Valor	Proporción	Proporción acumulada
1	6,98	0,54	0,54
2	4,42	0,34	0,88
3	1,6	0,12	1
4	0	0	1

Indicador	Autovectores	
	CP1	CP2
Densidad aparente	-0,06	-0,46
Porosidad	0,06	0,46
pH	0,08	0,46
Materia orgánica	0,41	0,11
Carbono orgánico	0,41	0,11
Índice de humificación	0,02	0,47
Actividad microbiana	0,17	-0,07
Capacidad de intercambio catiónico	0,33	-0,24
N	0,40	-0,15
P	0,42	0,02
K	0,37	-0,05

Para P, los microorganismos presentes en el suelo permiten su disponibilidad (CaHPO₄, AlPO₄, y FePO₄); sin embargo, esta depende del pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y la concentración de microelementos. El P interviene en la síntesis del ácido indol-3-acético (IAA), de la enzima ACC desaminasa en rizobacterias y en la de compuestos fitopatógenos, factores importantes para el crecimiento y desarrollo del sistema radicular de

los árboles (Souza-Rocha 2020; Montanaro, 2017). Por otro lado, contribuye a la normalidad del ciclo vegetativo y reproductivo, además es fuente de energía para las plantas (Hirzel, 2017).

El Análisis de Componentes Principales (ACP) (Tabla 5) muestra los autovalores que indican la proporción de variabilidad total, implicada para cada componente y la proporción de variabilidad acumulada (CP1:54% y CP2:34%). Los autovectores señalan los coeficientes por los cuales cada variable original se ponderó para conformar los dos primeros componentes, los cuales permiten explicar el 88% de la variación total. Los parámetros edáficos que mostraron un mayor peso en el CP1 fueron el P, N, MO y CO, lo que indica que el contenido de nutrimentos en el suelo está en función del contenido de materia orgánica, repercutiendo en un incremento en los sitios de intercambio, dado por los valores de CIC (Tabla 2). Para el CP2, el IH, Po, pH y Da, explican la expresión de este segundo componente, características que están en función de las variables que destacan en el CP1. En la Figura 1, cada parámetro del suelo tiene un efecto por parcela, lo que denota la diferencia entre ellas. En el caso de la parcela Saúl, el IH y la Po tienen un mayor efecto y son los parámetros del CP2 y en la parcela Abel N, P, MO y CO del CP1. La materia orgánica tiene relación con varias propiedades del suelo para el manejo, la fertilidad y productividad de los cultivos, por lo que es importante incorporar enmiendas orgánicas para mantener o incrementar las concentraciones de nutrimentos, la actividad microbiana y con ello la porosidad (Krüger et al., 2018). El árbol de durazno es una especie demandante de nutrimentos en relación con otras especies; en el caso del N, es el elemento con mayores problemas, se reporta en suelos bajo cultivo de durazno un bajo porcentaje, lo que afecta principalmente la maduración de los frutos (Carvajal et al., 2018).

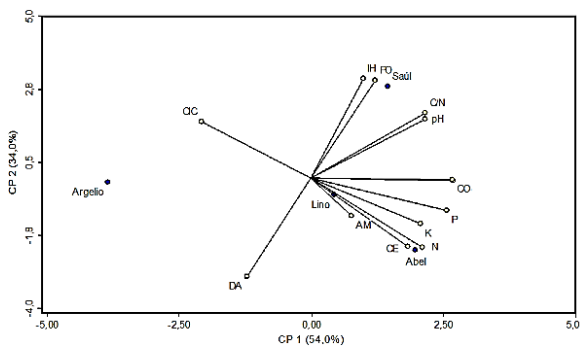


Figura 1. Gráfico Biplot de los parámetros del suelo bajo cultivo de *P. persica* var. Escarcha en Altzayanca, Tlaxcala.

Para el caso de las variables de calidad del fruto en postcosecha, los autovalores de cada uno de los componentes principales fueron 50 y 33% en CP1 y CP2, respectivamente (Tabla 6). Las variables agrupadas con valores altos en el CP1 fueron Imf, Peso, Def y No.F, para el CP2, ATT y firmeza. Los dos componentes CP1 y CP2 exhiben un 83% de la variabilidad de los datos. Nowicka et al. (2019) reportaron de la misma manera que el Imf presentó un 31% de la variabilidad de los datos en el CP1 para diferentes cultivos de durazno, menor que el CP1 obtenido en este estudio.

Tabla 6. Proporción de la variación explicada para cada componente principal en los criterios de calidad del fruto de *P. persica* var. Escarcha

Lambda	Valor	Proporción	Proporción acumulada
1	4,98	0,50	0,50
2	3,34	0,33	0,83
3	1,68	0,17	1
4	0	0	1

Característica	Autovectores	
	CP1	CP2
pH	0,12	-0,38
Conductividad eléctrica	0,18	0,36
Acidez total titulable	-0,05	0,50
Sólidos solubles totales	0,32	0,38
Peso	-0,41	0,09
Diámetro polar	0,31	0,28
Diámetro ecuatorial	-0,41	0,13
Firmeza	-0,23	0,47
Índice de madurez	0,43	0,02
Número de frutos	-0,41	0,03

En la Figura 2 se observa que en los frutos de la parcela Abel tuvo un mayor efecto el Imf del CP1. Altube et al. (2017) señalan que se puede llevar a cabo la cosecha del durazno antes de la madurez fisiológica, lo que presenta un alto valor de firmeza, baja concentración de sólidos solubles, una acidez y aroma insuficiente, independientemente del hecho de que la madurez de la fruta en la cosecha afecta en gran medida el aroma en consumo. El índice de madurez es útil si se considera que el sabor de las frutas no se determina por la cantidad efectiva de azúcares y ácidos presentes, sino por la relación entre ellos; de esta forma, un aumento de ácido puede producir un sabor poco agradable a frutas que estén bajas de azúcar y un sabor agradable a aquellas que tengan menos (Hidalgo, 1993). La madurez en la cosecha es un factor importante que determina el comportamiento y la calidad postcosecha, también está relacionada con los prerrequisitos de empleo por parte de consumidores y comercializadores.

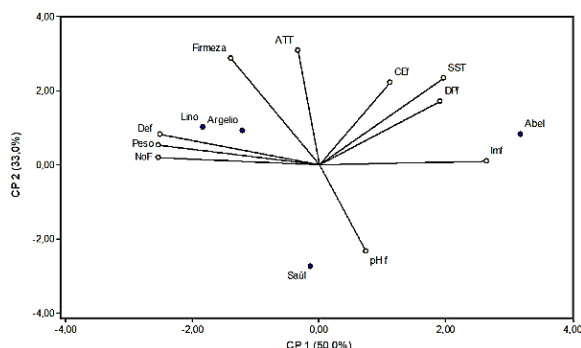


Figura 2. Gráfico de Biplot de los criterios de calidad del fruto de *P. persica* var. Escarcha en Altzayanca Tlaxcala.

En la parcela Lino, en donde no se aplican enmiendas orgánicas, el mayor efecto se tuvo con el peso, el diámetro ecuatorial y el número de frutos del CP1 (Tabla 6). Al respecto, Ortiz-Rivera et al. (2020) refiere que la calidad de los frutos es una respuesta a la condición edáfica, y que es importante incorporar enmiendas orgánicas para mejorar las condiciones del suelo. En este sentido, Fernández-Montes et al. (2010) señalan que si el contenido de materia orgánica en el suelo para cultivar durazno es menor a 2% se deben implementar programas permanentes que permitan incrementar su contenido hasta 4 o 5%, lo que no se observa en la Tabla 2. Dado esta condición, es prioritario considerar la incorporación de enmiendas orgánicas continuas para mejorar la fertilidad del suelo y obtener frutos de mejor calidad, lo que permitirá mayor aceptación del consumidor y un beneficio económico para el productor.

4. Conclusiones

El contenido de materia orgánica fue bajo, al igual que el intercambio catiónico, N total y P, lo que puede limitar la productividad de *P. persica* var. Escarcha. El rendimiento es significativo, en términos comerciales y de los criterios de calidad postcosecha, la var. Escarcha se valora para su consumo en fresco y para la elaboración de conservas. El Análisis de Componentes Principales permitió identificar las variables del suelo que influyen en la calidad del fruto. Por lo tanto, para garantizar la productividad se recomienda al productor incrementar los contenidos de materia orgánica, N total y P para obtener mayor número de frutos por árbol y frutos con un índice de madurez, tamaño y peso adecuados en las parcelas evaluadas.

Agradecimientos

Se agradece ampliamente el apoyo a los productores de durazno que permitieron ingresar a sus parcelas para realizar este trabajo.

ORCID

E. García-Gallegos <https://orcid.org/0000-0001-6430-2866>

O. Vázquez-Cuecuecha <https://orcid.org/0000-0001-7482-5521>

J. A. Chávez-Gómez <https://orcid.org/0000-0002-8207-9968>

E. Hernández-Acosta <https://orcid.org/0000-0002-1409-1623>

A. López-López <https://orcid.org/0000-0002-0868-7615>

Referencias bibliográficas

- Abbasi, N.A.; Ali, I.; Hafiz, I.A.; et al. 2019. Effects of putrescine application on peach fruit during storage. *Sustainability* 11: 2-17.
- Africano, K.L.; Almanza-Merchán, P.J.; Criollo, H.; et al. 2016. Caracterización postcosecha del fruto de durazno [*Prunus persica* (L.) Batsch] cv. Dorado producido bajo condiciones de trópico alto. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 10: 232-240.
- Altube, H.A.; Ontivero, M.G.; Rivata, R.S.; et al. 2017. Aspectos fisiológicos durante la maduración que reflejan el momento adecuado de cosecha, mejorando la calidad organoléptica de los frutos de Duraznos cv. "Flavorcrest" (*Prunus persica* L. Batsch). *Revista Internacional de Botánica Experimental* 86: 79-83.
- Álvarez-Solis, J. D.; Anzueto-Martínez, M de J. 2004. Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México. *Agrociencia* 38: 13-22.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry International. 15th ed. Washington, D.C. EEUU. 1 141 pp.
- Badui, S.; Bourges, H.; Anzaldúa, A. 2006. Química de los alimentos. Editorial Pearson. México, D.F. 736 pp.
- Bonazzola, C.; Alsina, D.; Nescier, I. M.; et al. 2007. Composición fisicoquímica del fruto de dos variedades de duraznero cultivadas en el centro-este de la Provincia de Santa Fe. *Revista FAVE-Ciencias Agrarias* 5/6:35-40.
- Buitrago-Guacaneme C.M.; Rincón-Soledad M.C.; Balaguera-López, H.E.; et al. 2015. Tipificación de diferentes estados de madurez del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Revista Facultad Nacional Agronomía Medellín* 68 (1): 7521-7531.
- Calderón-Zavala, G.; Rodríguez-Alcázar, J.; Espíndola-Barquera, Ma. C.; et al. 2019. Variedades mejoradas de durazno (*Prunus persica* L.). *Agroproductividad* 12 (9): 81-83.
- Cambi, M.; Hoshika, Y.; Mariotti, B.; et al. 2017. Compaction by a forest machine affects soil quality and *Quercus robur* L. seedling performance in an experimental field. *Forest Ecology and Management* 384: 406-414.
- Carrasco, J.J.; Riquelme, S.J.; Abarca, R.P. 2017. Manejo de suelos para el establecimiento y cultivo del duraznero. En: Zolezzi, V. M.; Abarca, R. P. (Coord.). Manual de manejo del cultivo de duraznero. Boletín INIA No. 373. Instituto de Desarrollo Agropecuario. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile. Santiago, Chile. Pp. 18-28.
- Carvajal, C.R. 2018. Caracterización de las condiciones edafoclimáticas de los cultivos de durazno (*Prunus persica*) en los municipios de concepción y cerrito, Santander, Colombia. *Revista Integra* 9: 98-118.
- Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; et al. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- DOF. 1982. NMX-FF-009-SCFI-1982. Norma Mexicana que establece la determinación del tamaño en base al diámetro ecuatorial de productos alimenticios no industrializados para uso humano, Fruta fresca. Secretaría de Economía. 10 junio 1982. 4 pp. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodnormas/nmexicanasNMX-FF-009-1982.pdf>
- DOF. 2002. NOM-021-SEMARNAT-2000. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, sanidad y clasificación de suelos, estudio,

- muestro y análisis. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx>
- DOF. 2008. NMX-FF-109-SCFI-2008. Humus de lombriz (lombricomposta), especificaciones y métodos de prueba. Disponible en: <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2007/nmx-ff-109-scfi-2008.pdf>
- DOF. 2009. NMX-FF-060-SCFI-2009. Norma Mexicana para productos alimenticios no industrializados para consumo humano fruta fresca durazno y nectarina (*Prunus persica* L.) Batsch, especificaciones y métodos de prueba. Disponible en: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-060-1993.PDF>
- Farias-Barreto, C.; Vanni F.L.; Navroski R.; et al. 2017. Nitrogen fertilization in peach trees (*Prunus persica* (L.) Batsch): Influence on post-harvest quality. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 18(2): 1-11.
- Fernández-Montes, M.R.; Pérez-González, S.; Mondragón-Jacobo, C. 2010. Guía para cultivar duraznero en Tlaxcala. Centro de Investigación Regional Centro del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto Técnico No.41. 33 pp.
- Fernández-Montes, M.R.; Pérez-González S.; Parra-Quezada R. A.; et al. 2011. Variedades mejoradas y selecciones de durazno del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto Técnico No. 15. 32 pp.
- Frene, J.P.; Frazier, M.; Rutto, E.; et al. 2020. Early response of organic matter dynamics to opine-biochar in sandy soil under peach trees. Agrosyst. Geosci. Environ. 3: e20094.
- Gutiérrez, A.F.; Padilla R.J.S. 2004. Rendimiento y calidad del fruto de durazno tipo San Gabriel de maduración temprana. Agricultura Técnica en México 30: 75-88.
- Hidalgo, L. 1993. Tratado de Viticultura. Mundi-Prensa, Madrid, España. 323 pp.
- Hirzel, C.J. 2017. Fertilización en cultivo de duraznero. En: Zolezzi, V. M.; Abarca, R. P. (Coord.). Manual de manejo del cultivo de duraznero. Boletín INIA No. 373. Instituto de Desarrollo Agropecuario. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile. Santiago, Chile. 104-113 pp.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Alzayanca, Tlaxcala, México: Clave geoestadística 29004. Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/29/29004.pdf.
- Krüger, I.; Chartin, C.; van Wesemael, B.; et al. 2018. Defining a reference system for biological indicators of agricultural soil quality in Wallonia, Belgium. Ecological Indicators 95: 568-578.
- Lanauskas, J.; Kviklys, D.; Kviklienė N.; et al. 2014. Effect of soil maintenance on apple tree nutrition and productivity in organic orchard. Acta Horticulturae 1058(1058): 175-180.
- Lemus, S.G. 2017a. Poda y formación. En: Zolezzi, V. M.; Abarca, R. P. (Coord.). Manual de manejo del cultivo de duraznero. Boletín INIA No. 373. Instituto de Desarrollo Agropecuario. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile. Santiago, Chile. 18-28 pp.
- Lemus, S.G. 2017b. Raleo. En: Zolezzi, V. M.; Abarca, R. P. (Coord.). Manual de manejo del cultivo de duraznero. Boletín INIA No. 373. Instituto de Desarrollo Agropecuario. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile. Santiago, Chile. Pp. 62-66.
- López, A.; Argaiz, A. 1993. Sustitución parcial de sacarosa y ácido cítrico en duraznos conservados por factores combinados. Información Tecnológica 5:27-31.
- Marques-Costa, S.; Manoel, L.; Moreira G.C.; et al. 2008. Conservação frigorificada de pêssegos 'Tropic Beaty' irradiados. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 9: 131-137.
- Martínez-González, M. E.; Balois-Morales R.; Alía-Tejadal I.; et al. 2017. Postcosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 19: 4075-4087.
- Montanaro, G.; Xiloyannis C.; Nuzzo V.; et al. 2017. Orchard management, soil organic carbon and ecosystem services in Mediterranean fruit tree crops. Scientia Horticulturae 217:92-101.
- Nowicka, P.; Wojdylo, A.; Laskowski, P. 2019. Principal component analysis (PCA) of physicochemical compounds content in different cultivars of peach fruits, including qualification and quantification of sugars and organic acids by HPLC. European Food Research and Technology 245: 929-938.
- Ortiz-Rivera, M.I.; Brambila-Paz, J. de J.; Barrera-Islas, D.; et al. 2020. Opciones técnicas y económicas para mejorar el ingreso de los productores de Durazno [*Prunus persica* (L.) Batsch] en el estado de México. Agrociencia 54: 279-293.
- Ortiz, Z.; Güemes, A.; Gariglio, N.; et al. 2007. Comparación de la calidad de duraznos de diferentes variedades cultivadas en la región centro-este de la provincia de Santa Fe. Ciencias Agrarias 6: 27-33.
- Porta, J.; López, M.; Poch, R. 2008. Introducción a la Edafología: uso y protección del suelo. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 452 pp.
- Rodríguez, F. H.; Rodríguez, A. J. 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas. Editorial Trillas. México, D. F. 288 pp.
- Soto, M.E.S.; Hernández, V.M.; Luna, Z. H. S.; et al. 2016. Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono/nitrógeno. Revista Iberoamericana de Ciencias 3(5): 98-105.
- Souza, R.A.F.; Vitorino L.C.; Bessa L.A.; et al. 2020. Soil parameters affect the functional diversity of the symbiotic microbiota of *Hymenaeacourbaril* L., a Neotropical fruit tree. Rhizosphere 16: 100237.
- Tagliavini, M.; Zavalloni, C.; Rombola, A.; et al. 2000. Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. Acta Horticulture 512: 31-140.
- Torres, J.P.; Cortés, J.I.; Turrent, A.; et al. 2008. Rendimiento de fruto y número de ramas principales en árboles de durazno intercalados con milpa. Terra Latinoamericana 26: 265-273.
- Zagal, E.N.; Rodríguez, I.V.; Quezada, L. 2002. Actividad microbiana en un suelo de origen volcánico bajo distinto manejo agronómico. Agricultura Técnica Chile 62: 297-309.
- Zbytyniewski, A.; Buszewski, B. 2005. Characterization of natural organic matter derived from sludge compost. Bioresource Technology 96: 479-484.