

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN GENÉTICA Y AMBIENTE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN SISTEMAS DEL AMBIENTE



INDICADORES DE LA CALIDAD DEL SUELO ASOCIADOS
CON LA PRODUCCIÓN DE *Prunus persica* (L.) Batsch
VARIEDAD ESCARCHA EN ALTZAYANCA, TLAXCALA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
**MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DEL
AMBIENTE**

PRESENTA:

José Antonio Chávez Gómez

BAJO LA DIRECCIÓN DE LA:

Dra. Elizabeth García Gallegos

TUTORES:

Dr. Oscar G. Vázquez Cuecuecha

Dra. Aline López López



IXTACUIXTLA, TLAX., XXXX DE 2019.

“Autorización de impresión”

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE TABLAS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Suelo	1
1.2 Calidad del suelo	2
1.2.1 Indicadores de la calidad del suelo	3
1.3 Fruticultura	9
II. ANTECEDENTES	15
2.1 Indicadores de la calidad del suelo	15
2.2 Producción de <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	18
2.3 Características fisicoquímicas de frutos de <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	19
III. JUSTIFICACIÓN	21
IV. OBJETIVOS	22
4.1. General	22
4.2 Específicos	22
V. HIPÓTESIS	22
VI. METODOLOGÍA	23

6.1 Área de estudio y selección de parcelas	23
6.2 Muestreo de suelo y preparación de muestras	25
6.3 Indicadores de la calidad del suelo	25
6.4 Rendimiento de <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch variedad Escarcha	33
6.5 Características fisicoquímicas de frutos <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch variedad Escarcha	33
6.6 Análisis de los datos	35
VII. RESULTADOS	36
7.1. Indicadores físicos y químicos de la calidad del suelo	36
7.2 Indicador biológico: Respiración microbiana	39
7.3 Rendimiento de <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch variedad Escarcha	40
7.4 Características fisicoquímicas de frutos de <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch variedad Escarcha	41
7.5 Indicadores de la calidad del suelo y las características fisicoquímicas de calidad comercial de los frutos de <i>P. persica</i> (L.) Batsch var. Escarcha	42
IX. DISCUSIÓN	46
X. CONCLUSIONES	57
XI. RECOMENDACIÓN	58
XI. LITERATURA CITADA	59

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla I. Indicadores físicos, químicos y biológicos de la calidad del suelo.	5
Tabla II. Superficie, variedad y manejo de las parcelas cultivadas con <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch.	21
Tabla III. Clasificación de los suelos cultivados con <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch variedad Escarcha.	34
Tabla IV. Indicadores químicos de la calidad de los suelos bajo cultivo de <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch variedad Escarcha.	34
Tabla V. Índices de humificación de la materia orgánica de los suelos de las parcelas cultivadas con <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch variedad Escarcha.	35
Tabla VI. Indicadores físicos de la calidad de los suelos bajo cultivo de <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch variedad Escarcha.	35
Tabla VII. Características de calidad física de frutos de <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch variedad Escarcha.	38
Tabla VIII. Características de calidad química de frutos de <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch variedad Escarcha.	38
Tabla IX. Coeficientes de correlación de los indicadores de la calidad del suelo y las características fisicoquímicas de <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch var. Escarcha.	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Indicadores de la calidad del suelo (Muñoz, 2018).	6
Figura 2. Localización del municipio de Alzayanca, Tlaxcala.	20
Figura 3. Ubicación de las parcelas cultivadas con <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch variedad Escarcha.	21
Figura 4. Parcela Abel.	22
Figura 5. Parcela Saúl.	22
Figura 6. Parcela Lino.	22
Figura 7. Parcela Argelio.	22
Figura 8. Triángulo de texturas USDA (SSDS, 1993).	24
Figura 9. Porcentaje de arena, de arcilla y de limo en los suelos cultivados con <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch variedad Escarcha.	33
Figura 10. Tasa respiratoria en mg de CO ₂ de las parcelas cultivadas con <i>P. persica</i> (L.) Batsch var. Escarcha.	36
Figura 11. Producción de <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch variedad Escarcha.	37

RESUMEN

La fruticultura es una base importante para la alimentación humana, se encarga de la provisión de frutos para ser consumidos en fresco o bajo procesos de transformación. Uno de los frutales de mayor importancia para los productores es el durazno [*Prunus persica* (L.) Batsch], por ello es crucial conocer la calidad edáfica (indicadores físicos, químicos y biológicos de la calidad del suelo) de los sitios productivos donde está establecido dicho frutal, así como la calidad comercial de sus frutos para tomar decisiones relacionadas con incrementar o procurar dichas calidades. En México, el estado de Tlaxcala es uno de los diez primeros productores de durazno a nivel nacional; Alzayanca es el que concentra la mayor producción estatal. El objetivo de la presente investigación fue determinar los indicadores de la calidad de suelos bajo cultivo de *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha en Alzayanca, Tlaxcala que influyen en el rendimiento y en las características fisicoquímicas consideradas como criterios para el consumo de los frutos. Los resultados indicaron que los suelos de las parcelas seleccionadas son de tipo areno franco, presentan un cierto grado de compactación (valores de la densidad aparente mayores a 1 para suelos volcánicos), una porosidad adecuada (> 40 %); un pH neutro (6.6-7.3), un efecto despreciable de sales, una capacidad de intercambio catiónico baja (7.92 a 8.83 Cmol (+) kg⁻¹), contenidos de carbono orgánico y de materia orgánica bajos (0.33-0.59 y 0.93-1.01 %, respectivamente) con base al valor de referencia para suelos volcánicos de México; una baja actividad microbiana, dado que la tasa respiratoria fue de 2.75 a 28.6 mg de CO₂ por 100 g suelo. El rendimiento para el ciclo frutal 2018 en las cuatro parcelas osciló de entre 2.23 a 11.66 t ha⁻¹. En los frutos, los pesos variaron de 71.57 a 92.13 g, los diámetros polares y ecuatoriales fluctuaron de entre 47.91 a 54.64 mm, los valores de la firmeza fueron de 5.39 a 11.35 N. En el jugo, el pH fue de 4.29 a 4.58, la conductividad eléctrica fue de 1.77 a 1.96 mS cm⁻¹, el porcentaje de acidez total titulable osciló de entre 0.27 a 0.41 %, los sólidos solubles totales fueron de 6.83 a 10.52 °Brix y el índice de madurez fluctuó de entre 19.28 a 29.72. Existe un detrimento en la calidad de los suelos bajo cultivo de *Prunus persica* (L.) Batsch

variedad Escarcha dado por el bajo contenido de materia orgánica y carbono orgánico que generan un cierto grado de compactación, lo que a su vez se refleja en una baja capacidad de intercambio catiónico y una disminución de la actividad microbiana, lo que limita la absorción de nutrimentos, impactando de manera negativa a la altura, los grados Brix y la madurez de los frutos. Sería importante para los productores aplicar enmiendas orgánicas que propicien un aumento de la materia orgánica, para que exista un proceso de degradación de la misma, dado por la creciente actividad microbiana debido a las reservas orgánicas, lo que provocará una mayor porosidad y más sitios de intercambio catiónico con un efecto positivo en el rendimiento del cultivo, así como un aumento en el tamaño y en los grados Brix de los frutos.

ABSTRACT

One of the most important bases for the human feeding is the fruitgrowing, this one is in charge of the provision of fruits to be consumed in fresh or low transformation processes. The peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] is one of the fruit trees of greater importance for the producers, is indispensable to know the physical, chemical and biological soil indicators of the quality in the productive sites where is established, as well as the commercial quality of its fruits, to make decisions related to increasing or trying these qualities. In Mexico, the state of Tlaxcala is one of the ten first producers of peach at national level; Alzayanca is the one that concentrates the greater state production. The objective of the present investigation was to determine the soil indicators of the quality under trees of *Prunus persica* (L.) Batsch variety Escarcha in Alzayanca, Tlaxcala and its influence in the yield and the considered physicochemical characteristics for the consumption of the fruits. The results indicated that the fraction predominates sand, the soils present a certain degree of compaction (values of the density pretend greater to 1 for volcanic soils in Mexico), but a suitable porosity (> 40%); pH neutral (6.6-7.3), a despicable effect of salts, a cation exchange capacity loss (7.92 to 8.83 Cmol (+) kg⁻¹), contained of low organic carbon and organic matter (0.33-0.59 and 0.93- 1.01 %, respectively) with base to the value of reference for volcanic soils of Mexico; a low microbial activity, since the respiratory rate went of 2.75 to 28.6 mg of CO₂ 100 g soil. The yield for a fruit cycle 2018 in the four systems oscillated of between 2.23 to 11.66 t ha⁻¹. The weights varied from 71.57 to 92.13 g, the polar and equatorial diameters ranged from 47.91 to 54.64 mm, the firmness values were from 5.39 to 11.35 N. In the juice, the pH was from 4.29 to 4.58, the electrical conductivity was from 1.77 to 1.96 mS cm⁻¹, the total titratable acidity ranged from 0.27 to 0.41%, the total soluble solids were from 6.83 to 10.52 °Brix and the maturity index ranged from 19.28 to 29.72. There is a detriment in the quality of the soils under cultivation of *Prunus persica* (L.) Batsch variety Escarcha given by the low content of organic matter and organic carbon that generate a certain degree of compaction, which in turn is reflected in a low cation exchange capacity and a decrease in microbial activity, which limits the absorption

of nutrients, negatively impacting height, Brix degrees and fruit maturity. It would be important for producers to apply organic amendments that lead to an increase in organic matter, so that there is a process of degradation, given the growing microbial activity due to organic reserves, which will cause greater porosity and more sites of cation exchange with a positive effect on crop yield, as well as an increase in the size and Brix degrees of the fruits.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Suelo

El suelo es un cuerpo natural compuesto de sólidos, líquidos y gases; que ocupa espacio, los cuales varían en los diferentes horizontes y/o capas que se distinguen del material geológico inicial, como resultado de adiciones, de pérdidas, de transferencias y de transformaciones de energía y materia, que le confieren la capacidad de sostener plantas en el ambiente (Soil Survey Staff, 2014). Es un sistema ambiental dinámico que funciona a través de un equilibrio único de la interacción de sus componentes físicos, químicos y biológicos (Moreno *et al.*, 2015). Los físicos implican la reducción del tamaño de las partículas sin ninguna alteración en su composición y son causados por las condiciones ambientales. Los químicos son originados por la separación de las partículas minerales de las rocas; su alteración y la resíntesis a compuestos sólidos estables se deben, principalmente, a la acción del agua, el aire y los compuestos orgánicos (Budhu, 2007; García *et al.*, 2012). Los cambios biológicos son realizados por la comunidad que habita en el suelo: plantas, macrofauna (invertebrados), mesofauna (artrópodos, anélidos, nemátodos y moluscos), microfauna (protozoos y algunos nemátodos) y microbiota (bacterias, hongos y algas); ésta última lleva acabo del 80 al 90% de los procesos edáficos (Nannipieri *et al.*, 2003; Porta *et al.*, 2003). Estos cambios biológicos son: la degradación y el aporte de materia orgánica, la producción de CO₂, la intervención en la movilidad de los elementos dentro de los ciclos biogeoquímicos, los efectos mecánicos de los animales y las plantas, así como el fraccionamiento de las rocas por las raíces (Porta *et al.*, 2003).

Bajo una perspectiva ambiental, el suelo es un sistema fundamental en los procesos ecosistémicos, debido a las funciones y servicios que realiza; tales como, la regulación y distribución del flujo de agua o como amortiguador de los efectos de diversos contaminantes. Desde el punto de vista agrícola, es la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra, que es aprovechada por las raíces de las

plantas y a partir de la cual obtienen sostén, nutrimentos y agua (SEMARNAT, 2012). Por esta razón, es de suma importancia que los suelos agrícolas tengan la capacidad de nutrición para los cultivos; para ello, es indispensable conocer las distintas formas en que los nutrimentos se encuentran en el suelo, sus transformaciones en él y los factores que determinan su aprovechabilidad; ya que la producción de alimentos depende en un alto porcentaje del uso que se les dé a los suelos (Martin y Adad, 2006; González y Trejo, 2008).

1.2 Calidad del suelo

La calidad del suelo es la capacidad continua del mismo para funcionar como un sistema vivo y es un factor crucial dentro de los ecosistemas para preservar la productividad biológica, mantener y promover la calidad del aire y del agua; para favorecer la salud de los animales, las plantas y los humanos (Doran y Zeiss, 2000). Los suelos con máxima calidad son capaces de mantener una alta productividad y causar el mínimo deterioro ambiental (Ferrerías *et al.*, 2007). En los últimos años se han producido cambios drásticos en el uso del suelo por el aumento de las actividades antrópicas con fines agrícolas, forestales, urbanos, turísticos y actividades extractivas; constituyendo una amenaza para este recurso, un ejemplo de ello es la degradación del suelo, la cual se ha convertido en una de las mayores preocupaciones actuales, debido a su importancia para la preservación de la vida (García *et al.*, 2010; Gardi *et al.*, 2014; FAO, 2015). El origen de esta problemática se ha asociado principalmente a la actividad agrícola, puesto que involucra prácticas como el uso irracional de compuestos químicos externos, el uso de maquinaria pesada, además del empleo de monocultivos, el sobrepastoreo y la sobreexplotación de recursos hídricos, lo que impacta de manera negativa al suelo (Moreno *et al.*, 2015).

La calidad de suelo, desde el punto de vista agrícola, es la capacidad que tiene el mismo de tener una alta productividad, tanto en tiempo presente como en tiempo futuro (Doran y Parkin, 1994; Larson y Pierce, 1994). El mantenimiento de dicha calidad ha sido considerada como un objetivo fundamental de la mayoría de los

agricultores, ambientalistas y autoridades gubernamentales para transitar a una sostenibilidad agrícola de los sistemas productivos (Kaschuk *et al.*, 2001; Vallejo, 2013). La productividad y sostenibilidad agrícola están determinadas por los efectos interactivos de la calidad del suelo, de los factores ambientales y del manejo. Interpretar y predecir los efectos del manejo sobre la calidad del suelo a través de indicadores confiables y sensibles constituye una de las principales finalidades de la ciencia del suelo (Quiroga y Funaro, 2003). Lo anterior ha conllevado a buscar herramientas como la evaluación de la calidad del suelo a través de sus funciones y su relación con los cultivos, lo que permite evaluar y valorar los efectos que han tenido las actividades agrícolas, además de la magnitud del impacto ambiental generado por la introducción de distintos manejos en los sistemas productivos (Vallejo *et al.*, 2018).

1.2.1 Indicadores de la calidad del suelo

Un indicador es una variable que resume o simplifica información para que un fenómeno o condición de interés se haga perceptible; y que cuantifique, mida y comunique, en forma comprensible, información relevante (Cantú *et al.*, 2007). Para evaluar la calidad de un suelo se ha recurrido al uso de indicadores, que son los atributos de las funciones del suelo (Figura 1), por lo que la calidad del suelo puede ser medida a través de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Bastida *et al.*, 2008; Campitelli *et al.*, 2010; Obade y Lal, 2016). No es posible que un solo indicador edáfico provea información completa, por ello es necesario analizar los indicadores de manera integral e incluso evaluar los atributos de los cultivos para determinar la calidad del suelo (Doran y Parkin, 1994; Ramírez, 2004). En este sentido se han propuesto diversos indicadores, un ejemplo de ello es lo que Acevedo *et al.* (2005) y García *et al.* (2012) estipulan para determinar la calidad del suelo y su relación con el mismo (Tabla I).

Tabla I. Indicadores físicos, químicos y biológicos de la calidad del suelo.

Indicadores	Relación con las funciones y condiciones del suelo
Físicos	
Textura del suelo	Retención y transporte de agua y minerales, erosión del suelo.
Profundidad del suelo	Estimación del potencial productivo y de erosión.
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lixiviación, productividad y erosión.
Capacidad de retención de agua	Relacionado con el contenido de humedad, transporte y erosión.
Estabilidad de agregados	Erosión potencial de un suelo, infiltración de agua.
Químicos	
Materia orgánica (C y N orgánico)	Fertilidad del suelo, estabilidad y grado de erosión.
pH	Potencial productivo. Actividad química y biológica, límites para el crecimiento de las plantas y actividad microbiana.
Conductividad eléctrica	Actividad microbiológica y de las plantas, límites para el crecimiento de las plantas y la actividad microbiológica.
N, P y K extraíble	Disponibilidad de nutrientes para las plantas y pérdida potencial de N, indicadores de productividad y calidad ambiental.
Capacidad de intercambio catiónico	Fertilidad de suelo, potencial productivo.
Metales pesados disponibles	Niveles de toxicidad para el crecimiento de la planta y la calidad del cultivo.
Biológicos	
Biomasa microbiana (C y N)	Potencial catalizador microbiano y reposición de C y N.
N potencial mineralizable	Productividad del suelo y aporte potencial de N.
Respiración edáfica, contenido de agua, temperatura del suelo	Medición de la actividad microbiana.
Número de lombrices (Anélidos)	Relacionado con la actividad microbiana.
Rendimiento del cultivo	Producción potencial del cultivo, disponibilidad de nutrimentos.

Fuente: Acevedo *et al.* (2005) modificado por García *et al.* (2012).

En un aspecto más amplio, los indicadores físicos (Figura 1) se refieren a la capacidad del suelo para brindar las condiciones estructurales adecuadas para el sostén y crecimiento de los cultivos (Ibáñez, 2008). En cuanto a la textura, las fracciones de arena, de limo y de arcilla tienen diferentes cualidades para transmitir o retener agua, aire y nutrimentos; por consiguiente, las combinaciones de éstas en diferentes proporciones le propician al suelo una fertilidad variada (Orsag, 2010).

Porta *et al.* (2008) indican que la densidad aparente (D_a) es una propiedad física que depende de la textura del suelo y su estructura; así mismo, estipulan que el espacio poroso depende de la compactación y arreglo de la fracción sólida del suelo. Esto debido a que la textura se relaciona con el tamaño de las partículas del suelo y la superficie específica de reacción, en tanto que la D_a se ve marcada por la cantidad de poros existente por centímetro cúbico (cm^3) presente en el suelo (Díaz *et al.*, 2017).

Los indicadores químicos (Figura 1) se refieren a la capacidad que tiene el suelo para abastecer de nutrimentos esenciales a los cultivos (aquellos que de faltar determinan reducciones en el crecimiento y/o en el desarrollo del cultivo) (Ibáñez, 2008). Jaramillo (2002) y Murphy (2014) mencionan que los indicadores químicos del suelo dependen en gran parte de la materia orgánica (MO), de las condiciones ambientales y del historial agrícola. La MO es considerada como el indicador químico más importante en el suelo y tiene un efecto positivo en los sistemas productivos (Lavado, 2006). De acuerdo con Motta (1990), un primer fraccionamiento de la MO del suelo consiste en separar la fracción húmica (MOH = pesada) de la no húmica (MOF = liviana), lo cual es indispensable para conocer el grado de evolución de la MO presente en el suelo y es posible determinar dicho proceso de degradación mediante la relación $E4/E6 = A_{472}/A_{664}$, la cual se obtiene a través el índice de humificación (Schinitzer, 1967). Orellana (2001) refiere que a las sustancias orgánicas específicas que son producto del proceso de transformación y descomposición de los materiales originales, se les denomina humus y son la fracción que le confiere a suelo estabilidad y fertilidad en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, así como el incremento del rendimiento de los cultivos. Por otro lado, el carbono orgánico (CO) indica la capacidad relativa del suelo para retener nutrimentos por lixiviación, la estabilidad de su estructura y la susceptibilidad a la erosión, el movimiento del agua y la aireación, esto es importante para el sistema radical (Rodríguez y Rodríguez, 2002).

La reacción del suelo (pH) controla la movilidad de iones, la precipitación y disolución de minerales; las reacciones óxido-reducción, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrimentos (Vázquez, 2005). En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), Orsag (2010) afirma que es la capacidad que tiene un suelo para absorber o retener nutrimentos (cationes o aniones) en forma intercambiable. Otero *et al.* (1998) mencionan que la CIC tiende a aumentar con la profundidad del suelo, al igual que la fracción arcilla; mientras que la MO tiende a decrecer.

Orsag (2010) menciona que la conductividad eléctrica (CE) representa la cantidad de sales presentes en el suelo; un exceso puede perjudicar el crecimiento de las plantas por su incidencia directa sobre el metabolismo de las mismas. Otros indicadores químicos podrían ser las concentraciones de aquellos elementos del suelo requeridos para la nutrición de las plantas, como: el nitrógeno (N), el fósforo (P), el potasio (K), el azufre (S); al igual que el calcio (Ca), el magnesio (Mg), el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el molibdeno (Mo), el cobre (Cu), el boro (B), el zinc (Zn), el sodio (Na), el cobalto (Co), el vanadio (V) y el silicio (Si); cuando estos elementos están presentes en concentraciones insuficientes pueden inhibir el crecimiento y reducir los rendimientos de los cultivos (Tisdale y Nelson, 1970).

Los indicadores biológicos (Figura 1) se vinculan a los procesos del suelo relacionados con los organismos presentes en él, en todas sus formas. Los organismos del suelo son imprescindibles para sostener diversos procesos edáficos (Ibáñez, 2008). Los microorganismos y los productos de su metabolismo son los componentes vivientes del suelo y, constituyen una de las variables útiles para la evaluación de la calidad (Ramos y Zúñiga, 2008). La medida de la actividad de estos microorganismos es difícil de evaluar, debido a la compleja estructura de las comunidades que alberga y sus relaciones, sobre todo en función del ecosistema u otros factores de efecto dominante (Bitton, 1983). La respiración microbiana es un componente microbiológico y sirve como indicador biológico; las variaciones por unidad de tiempo en la actividad respiratoria pueden ser interpretadas como reflejo

de la actividad metabólica de los microorganismos que residen en determinado hábitat y de la dinámica de su biota (Ramos y Zúñiga, 2008). La actividad metabólica de los microorganismos también puede ser estimada con otros indicadores biológicos como la actividad enzimática y la biomasa microbiana (Albiach *et al.*, 2006). Las enzimas determinan la pauta de gran parte de las transformaciones químicas que se producen en el suelo (Stryer, 1995). Mientras que la biomasa microbiana representa de entre el 1 y el 3 % de la MO del suelo (Jenkinson y Ladd, 1981).

Muñoz (2018) menciona que los indicadores de calidad del suelo están conectados a funciones clave del ecosistema de los ecosistemas; como la regulación del clima y el agua, el ciclo de nutrimentos, la estructura y estabilidad del suelo y la biodiversidad microbiana y vegetal del suelo; y los cambios en mayor o menor proporción de estos, se verá reflejado en la capacidad productiva del suelo (Figura 1).

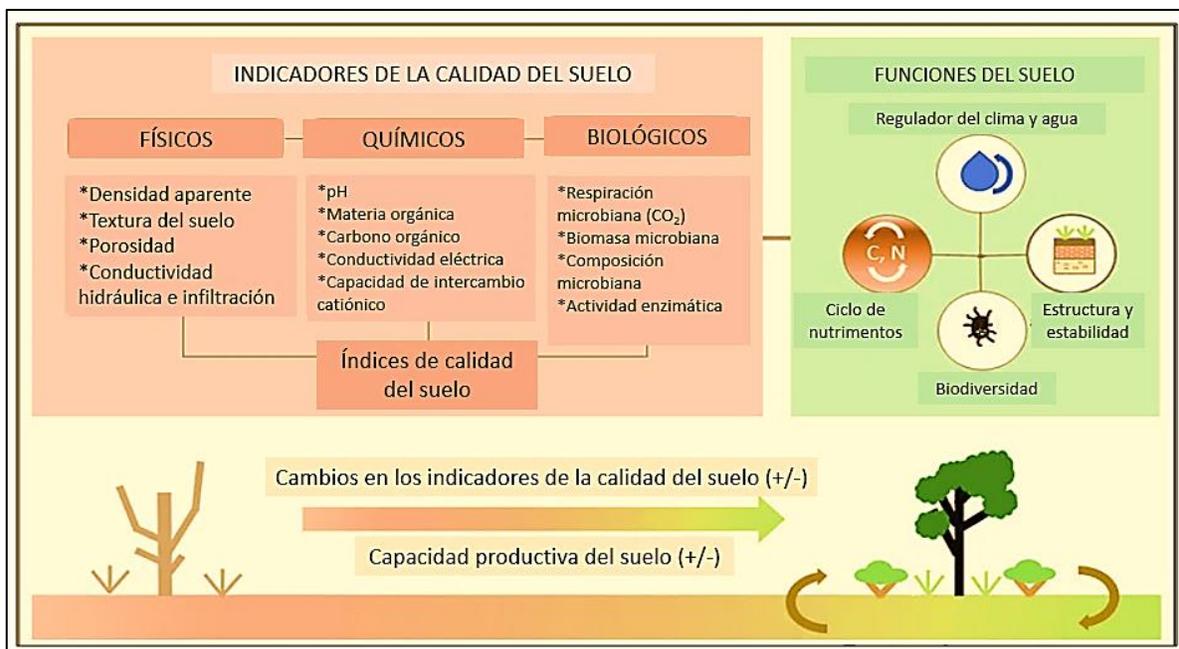


Figura 1. Indicadores de la calidad del suelo (Muñoz, 2018).

Existe un gran interés de que los indicadores de la calidad del suelo logren (Doran y Parkin, 1994):

- * Integrar procesos y propiedades físicas, químicas y biológicas.
- * Ser aplicados bajo diferentes condiciones de campo.
- * Complementar bases de datos ya existentes o datos fácilmente medibles.
- * Responder a cambios en el uso del suelo, a prácticas de manejo y a factores climáticos o humanos.

De igual manera deben permitir (Hünнемeyer *et al.*, 1997):

- * Analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible.
- * Monitorear el impacto de las intervenciones antrópicas.
- * Ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible.

Asimismo, deben ser (Masera *et al.*, 1999):

- * Fáciles de medir, basados en información objetiva.
- * Adecuados al nivel de análisis y al sistema estudiado.
- * Aplicables a una diversidad de ecosistemas y condiciones ambientales.
- * Refléjales en el atributo de sostenibilidad que se quiere evaluar.
- * Capaces de permitir cambios y diferencias entre los sistemas.

Además de todas las condiciones anteriores, Ramírez (2004) señala que los indicadores:

- * Deben ser sensibles a los cambios que sufre el suelo, tanto en los procesos de degradación como en los de recuperación.

- * Deben tener una alta correlación con los procesos del ecosistema.

La selección y monitoreo de indicadores permite valorar la influencia de los cambios en el uso del suelo, los cuales son de vital importancia para la toma de decisiones oportunas enfocadas en conservar, mejorar su calidad y garantizar su productividad (Vallejo *et al.*, 2018).

1.3 Fruticultura

De entre las plantas que producen frutos, se encuentran gran cantidad de especies. Las arbóreas, se caracterizan por desarrollar un esqueleto duro y rígido (fuste) sobre el que se apoya una copa generalmente esférica, de volumen amplio y altura notable (Agustí, 2010). La fruticultura es la actividad humana que se refiere al cultivo de árboles frutales y comprende plantas con diferentes características morfológicas que se distinguen particularmente por su hábitat y ciclo de crecimiento; por las formas de renovación de sus hojas y su adaptación a ciertos climas (Cruz, 2010). La mayor parte de las especies frutales más ampliamente cultivadas en el mundo pertenecen a cuatro familias: *Rosaceae*, *Rutaceae*, *Oleaceae* y *Vitaceae*. La familia *Rosaceae* engloba dos grandes subfamilias: *Pomoidae* y *Prunoidae*. (Agustí, 2010). Los frutos se clasifican morfológicamente en: sencillos, agregados y múltiples. Los sencillos son los que proceden de una sola flor y están formados exclusivamente por los carpelos de la misma, pueden ser secos o carnosos. Los carnosos se agrupan en: bayas, falsas bayas, pomos y drupas (Cruz, 2010). Las drupas se caracterizan por la lignificación de su endocarpio, con el fin de proteger a las semillas durante su diáspora. Son árboles de porte medio-alto, de hoja caduca, exigentes a bajas temperaturas y a disponibilidad de agua mientras se desarrolla el fruto (Agustí, 2010).

El cultivo de especies frutales representa una fuente de riqueza económica en los sitios donde se encuentran establecidas, inicialmente esta actividad suponía un seguro en la alimentación, lo que facilitó el sedentarismo y el desarrollo rural; posteriormente, los productos se convirtieron en mercancía de intercambio con zonas que carecían de ellos; ambos factores, producción y comercialización, son origen de desarrollo económico y de estabilidad (Agustí, 2010). En México, la fruticultura ocupa alrededor de 265 jornales ha⁻¹ año⁻¹ desde la poda hasta la recolección del fruto para la comercialización, lo que genera una amplia derrama económica por su venta (Padilla y Pérez, 2008; Gutiérrez *et al.*, 2008).

La fruticultura mexicana es una de las pocas actividades que mantienen una balanza comercial positiva dentro del sector rural, ya que en específico, el volumen de frutas exportado en el año 2016 fue 4.5 veces mayor que el importado desde 2006 por las ventajas comparativas (gran diversidad de frutales establecidos bajo diferentes microclimas) que se tienen en frutales, en relación a otros países (FAOSTAT, 2016). La contribución de las frutas a la nutrición humana es muy significativa, con respecto a sus aportes alimenticios (Yahía y Ellis, 2002).

1.3.1 *Prunus persica* (L.) Batsch

Descripción taxonómica y características botánicas

P. persica es una especie arbórea caducifolia de tamaño medio (3 a 5 m de altura). Pertenece a la División: Antofitas, Subdivisión: Angiospermas, Clase: Dicotiledóneas, Orden: Rosales, Familia: Rosáceas, Subfamilia: Prunoideas, Género: *Prunus*, Subgénero: *Amigdalus*, Especie: *Prunus persica* (Kay, 1993). Es un árbol poco longevo, alcanzando sus máximos rendimientos de entre los 15 y 20 años de edad, según el manejo que reciba (Aragón, 2013). Su raíz es pivotante cuando procede de plantas obtenidas de semilla, pero no es profunda. Cuenta con ramas vegetativas y mixtas. Sus hojas son lanceoladas, alternas y ligeramente aserradas. La lámina es un poco ondulada, de color verde de diferente intensidad

según sea el nivel nutricional y humedad que tenga el árbol (Aragón, 2013; Echegaray, 2013). Sus flores son hermafroditas y completas: cada yema floral es capaz de emitir una sola flor, una sola vez y cada flor tiene cinco pétalos y cinco sépalos. El cáliz es gamosépalo, caduco y el ovario es unicapelar. Su fruto es una drupa de entre 4 a 10 cm de diámetro, de colores rojizos y amarillos de forma ovoide y pericarpio generalmente pubescente; el mesocarpio (pulpa) es carnososo, puede estar separado del endocarpio o firmemente adherido; el endocarpio (hueso) es duro y aloja en su interior la semilla de forma almendroide que contiene dos cotiledones. (Aragón, 2013; Cárdenas y Fischer, 2013).

Generalidades de la especie

P. persica es una especie con una amplia gama varietal (diversidad genética), observable tanto por los caracteres del árbol (sistema radical, tamaño y vigor); así como los caracteres del fruto (tamaño, firmeza del mesocarpio y su adherencia al endocarpio, contenido de azúcares naturales y pubescencia) (Aragón, 2013). Para su adaptación tiene ciertos requerimientos de horas frío (HF) (temperaturas de entre 6 y 8 °C) para la suspensión del reposo y la acumulación de ciertos grados de calor (> a 14 °C) para la maduración del fruto. Otro factor importante para su adaptación es la tolerancia y/o resistencia a plagas y enfermedades, lo que ha contribuido a que sea de gran importancia para los productores de las zonas de trópico alto, por sus ventajas comparativas respecto a las especies que se cultivan en las zonas templadas; dichas ventajas se relacionan con la ubicación geográfica y la temperatura, que aunadas a un buen manejo agronómico y al uso de variedades tempranas, intermedias y tardías, promueven una producción de frutos óptima para consumo en fresco y como aporte de insumos a la agroindustria durante todo el año (Aragón, 2013; Fischer *et al.*, 2010; Castro y Puentes, 2012; Pinzón *et al.*, 2014).

La especie presenta formas estructurales muy diversas, para que llegue luz solar a todas sus partes, además de facilitar la cosecha; en las zonas mal iluminadas se producen frutos de muy baja calidad (Luchsinger *et al.*, 2002). Su respuesta a la

conducción para buscar dejar las ramas que tienen fruto y dar corte a las ramas de follaje, es variable, debido a las interacciones que existen entre factores como la variedad, el porta injerto, el vigor, la fructificación, la posición del dosel, la orientación, el manejo del sistema, la precipitación pluvial y las condiciones edafológicas (Forshey *et al.*, 1992). Las características comerciales de *P. persica* son: alto rendimiento, buen tamaño del fruto, fechas escalonadas de maduración, para la manipulación en fresco y la formulación de preparados de la industria, además de que conserven las cualidades del durazno criollo como son: pulpa amarilla, textura firme y hueso adherido a la pulpa (Gutiérrez y Padilla, 2004).

Características fisicoquímicas del fruto

El fruto de *P. persica* contiene de manera general: agua, proteínas, carbohidratos, ácidos orgánicos; además de vitaminas A, B1, B2, C; P y Ca, entre otros minerales esenciales (Herrera *et al.*, 2006; Aragón, 2013). Entre los azúcares que contiene están: la sacarosa, la glucosa, la fructosa y en menores cantidades el sorbitol y el inositol, este último con una concentración del 1.1% (Africano *et al.*, 2015). Los ácidos orgánicos predominantes en el durazno son ácido málico, ácido cítrico y ácido químico; estos disminuyen a medida que el fruto madura (Rodríguez *et al.*, 2011). Es un fruto climatérico, por lo que el etileno es responsable de regular los principales procesos moleculares, bioquímicos y fisiológicos durante la maduración, incluyendo el incremento en la intensidad respiratoria y en los sólidos solubles totales (SST), cambios de color a nivel de epidermis y pulpa, disminución de la acidez total titulable (ATT) y de la firmeza de la pulpa (Africano *et al.*, 2016).

En la maduración, los cambios a nivel de carbohidratos se derivan de la conversión del almidón en azúcares solubles, incrementándose el sabor dulce en los frutos; también hay degradación de carbohidratos poliméricos, almidón y celulosa, por lo que además del sabor, se ve afectada la textura del fruto (Hiwasa, 2014).

En el momento de la cosecha, los frutos son apartados de su fuente natural de nutrientes, pero siguen desarrollando actividades metabólicas en las que se produce energía por la oxidación de los azúcares y de los ácidos orgánicos que dan lugar a la formación de agua y CO₂ (Yúfera, 1979).

El fruto presenta un ablandamiento prematuro; éste es un cambio drástico que se produce en poco tiempo y genera las mayores pérdidas postcosecha, debido a que el debilitamiento de la estructura del fruto provoca mayor susceptibilidad al daño mecánico y al ataque de organismos patógenos (Di Santo, 2009). La calidad y tiempo de vida útil comercial del fruto son afectados por los manejos inadecuados durante la cosecha, el transporte, el empaque y las ventas; evidenciados por una serie de daños y defectos que el consumidor rechaza, lo que representa enormes pérdidas económicas al final del proceso de mercadeo (Auris, 2006). La valoración de la calidad de los frutos en el momento de cosecha y postcosecha se refiere a la apariencia, textura y sabor, que permiten estimar la aceptación que el fruto tendrá para el consumidor (Weber *et al.*, 2003). Los SST son un criterio de calidad para la cosecha, estos se van acumulando en el fruto conforme va adquiriendo la maduración. Después que son cosechados, se detiene esa acumulación y algunos contenidos se hidrolizan en azúcares, así gradualmente estos sólidos aumentan en el fruto (Ryugo, 1993).

Producción de *Prunus persica* (L.) Batsch

Italia, Estados Unidos, España, Francia, Grecia y Argentina son los principales productores de *P. persica* a nivel mundial (Hancock *et al.*, 2008). En México existe una superficie de 44720 ha cultivadas con *P. persica* y las principales entidades federativas productoras son: Zacatecas con 51747 t año⁻¹, Michoacán con 35313 t año⁻¹ y Estado de México con 30209 t año⁻¹. Tlaxcala ocupa el noveno lugar como productor a nivel nacional con una superficie sembrada de 1160 ha y una producción de 5995 t año⁻¹; Altzayanca es el municipio con mayor extensión cultivada, cuenta

con 1050 ha y una producción de 5340 t año⁻¹ (Valencia, 2016). El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en los últimos 15 años, ha generado e introducido nuevas variedades en Alzayanca; entre las cuales destaca la variedad Escarcha, de maduración intermedia; originada como producto de la cruce de la variedad mexicana Criollo de Tetela con la variedad asiática Yum Yeong. Esta variedad de durazno produce árboles de vigor medio, porte abierto y alta densidad de yemas, florece a mediados de febrero; su maduración es intermedia a principios de julio. El fruto tiene un ciclo de crecimiento de 130 a 140 días de la floración a la cosecha; es de tamaño grande, con peso de 120 a 150 g; color externo rojizo, forma esférica, con un contenido de azúcares de 12 a 16 °Brix; además, tiene hueso semi libre y para la maduración requiere una acumulación anual de entre 300 a 400 HF (INIFAP, 2011; INIFAP, 2012).

II. ANTECEDENTES

2.1 Indicadores de la calidad del suelo

Los indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo se ven afectados negativamente por fenómenos de degradación como la erosión y pérdida de componentes vitales como la fertilidad y la biodiversidad (UNCCD, 1996; Rodríguez *et al.*, 2016). En lugares con niveles de degradación del suelo avanzados se ha generado una disminución de hasta un 50 % de la capacidad productiva, desencadenando un riesgo importante para la seguridad alimentaria de las personas (Eswaran *et al.*, 2001). En este contexto, Keesstra *et al.* (2016) recomiendan adoptar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) estipulados recientemente (2016) por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en su agenda para el año 2030 de Desarrollo Sostenible; así mismo estos autores explican que las investigaciones científicas deben plasmar cómo el uso de la información del suelo permite mejorar los resultados de los estudios transdisciplinarios sobre los ODS relacionados con la seguridad alimentaria para la salud humana; además mencionan que se debe resaltar a la MO como atributo clave de los suelos para ilustrar su importancia para las funciones del mismo y los servicios ecosistémicos.

Diversos estudios concuerdan en que la MO es el indicador que ejerce una influencia significativa sobre la calidad del suelo y su productividad (Quiroga y Funaro, 2003; Galantini y Rosell, 2006). Sin embargo, variaciones en el promedio de las precipitaciones, en la capacidad de retención de agua y la textura afectan la magnitud y dirección de los cambios en el contenido de la MO. Debido a esto, las comparaciones de calidad de suelo entre diferentes sitios usando la MO como indicador se restringe a sitios con similares condiciones de clima y suelo (Quiroga y Funaro, 2004).

Algunos autores sostienen que deberían seleccionarse y cuantificarse los indicadores físicos, químicos y biológicos de forma integral con el fin de evaluar la calidad del suelo (Campitelli *et al.*, 2010). García *et al.* (2012) puntualizan que como indicadores físicos importantes para los suelos es la textura y la Da; también señalan que al pH, MO, CO, CE, CIC y N total como indicadores químicos indispensables para la evaluar la calidad edáfica. Sin embargo, Bastida *et al.* (2008) han señalado que, si bien los indicadores químicos y físicos son los que habitualmente se emplean para la evaluación de la calidad de suelos agrícolas, los indicadores biológicos son más sensibles a los cambios que estos y pueden soportar una concepción de la calidad del suelo más amplia. Con esta última afirmación coinciden Marinari *et al.* (2006) y Paz y Fu (2013). De acuerdo con Shao *et al.* (2008) y García *et al.* (2012) el indicador biológico más empleado es la respiración microbiana (cuantificación de CO₂).

Un mejor conocimiento del proceso suelo-planta necesita el uso de herramientas analíticas multivariadas. Los métodos de estadística multivariada tienen en cuenta las correlaciones entre numerosas variables que son analizadas simultáneamente, de tal modo que permite sintetizar e interpretar la información. La utilización de la técnica estadística multivariada de análisis de componentes principales (ACP), ha hecho posible la resolución de numerosos problemas y permite la interpretación de las potenciales causas de las diferencias observadas en los indicadores de la calidad del suelo (Quiroga *et al.*, 1998; Sena *et al.*, 2002; Campitelli *et al.*, 2010).

Un ejemplo del potencial informativo de los indicadores de la calidad del suelo es la pérdida de CO en suelos labrados continuamente, la cual es del 51 %, mientras que en suelos sin intervención antrópica (acahuales, sucesión vegetal secundaria), equivale a 27 %; el contenido de micronutrientes en suelos labrados continuamente es 6 % más bajo que el de los suelos sin intervención antrópica; por lo cual, la reproducción de la MO y en particular de su contenido lábil, es benéfica para los indicadores edáficos y esto es fundamental para una correcta gestión de la

fertilidad del suelo para llegar a una agricultura sostenible (Lisetskii *et al.*, 2014). La implementación de distintas prácticas de manejo agrícola en los sistemas productivos ocasiona modificaciones en algunos indicadores químicos importantes como el pH y el CO₂, lo cual podría alterar los procesos del suelo y su funcionamiento (Vallejo *et al.*, 2018). En México se han realizado estudios del contenido de C, sin embargo, éstos se han desarrollado a escala regional y local, referidos a la vegetación y pocos toman en cuenta al suelo (Segura *et al.*, 2005).

Suelos bajo cultivo de *P. persica* (L.) Batsch

Dada la amplia gama varietal que tiene *P. persica* (L.) Batsch, los diferentes patrones de la misma permiten que se adapte a casi cualquier tipo de suelo, sin embargo, se adapta mejor en suelos arenosos, de pH neutro (6.5 a 7) y con un contenido de MO de 3 a 4 % (INIFAP, 2010). Gratacós (2011) señala que los requerimientos edáficos de la especie son: pH de 6 a 7, una CE menor a 2.6 dS m⁻¹, una CIC de 15 a 20 Cmol (+) kg⁻¹ y un porcentaje de MO de 2 a 3.5. Bajo esta premisa, Hernández *et al.* (2000) realizaron un estudio en huertos de durazno en condiciones de temporal en el municipio de Chalchihuites, Zacatecas, México. Determinaron que el pH de los suelos en general fue de 5.9, mientras que el contenido de MO varió de 1.57 a 2.75 %; la concentración de P aprovechable fue de 5.8 a 6.0 mg·kg⁻¹ y la concentración de K extraíble fue de 2.3 a 5.6 mg·kg⁻¹. Se demostró que el contenido de MO es importante para la liberación lenta de P y K.

Un estudio similar fue el de Torres *et al.* (2008), en suelos en San Andrés Calpan, Puebla, México. Encontraron que el suelo es de textura arenosa y un pH ácido, (4.9 a 5.3), la CIC varió de 8.9 a 3.2 Cmol kg⁻¹ y el contenido de MO fue de 0.03 a 0.88 %. La concentración P fue de 23.6 mg kg⁻¹, la concentración K osciló de entre 132.5 a 277.3 mg kg⁻¹. Se encontró que el bajo contenido de MO no permite una adherencia de P y K, lo cual es negativo para los cultivos y por ende se requiere de aplicación de fertilizantes químicos de liberación inmediata.

En San Jerónimo Tecoatl, Oaxaca, México se reportó que en suelos cultivados con *P. persica* (L.) Batsch, el pH varió de 5.1 a 5.7, el contenido de MO fluctuó de 2.53 a 4.10 %, y la CE fue menor de 0.10 dS m⁻¹. Lo anterior demostró que en esos suelos el pH funge como un indicador químico importante para la disponibilidad de nutrimentos y debe ser monitoreado paulatinamente (Santiago *et al.*, 2008).

2.2 Producción de *Prunus persica* (L.) Batsch

Gutiérrez y Padilla (2004) realizaron un estudio para identificar los mejores ejemplares de *P. persica* (L.) Batsch var. San Gabriel. Obtuvieron, en general, número de frutos por árbol de 36 a 256, pesos de entre 84.3 a 142.8 g y en consecuencia un rendimiento que varió de 2.2 a 22.7 ton ha⁻¹. Demostraron que el número de frutos por árbol es importante para identificar los individuos con mayor rendimiento.

Torres *et al.* (2008) llevaron a cabo un experimento en el estado de Puebla, México, donde seleccionaron una parcela con árboles de durazno variedades Diamante y Oro de México, evaluaron durante 5 años (2001 a 2005) el rendimiento del fruto. En el año 2002 fue cuando los árboles tuvieron un menor rendimiento, el cual osciló de entre 5.94 y 7.92 t ha⁻¹ y en el año 2003 fue de 9.06 t ha⁻¹ a 18.5 t ha⁻¹. En 2004, el rendimiento disminuyó significativamente de 20.37 a 15 t ha⁻¹ y en el año 2005, el rendimiento fue de 20.7 t ha⁻¹. Este estudio demostró que el rendimiento es variable por el manejo, aunado a la diferencia genotípica de las variedades. Las condiciones del suelo tuvieron un papel importante en cuanto a la aplicación de fertilizantes químicos, lo cual permite que los árboles absorban de manera inmediata los nutrimentos, lo cual se reflejó en los rendimientos, específicamente para la variedad Diamante.

2.3 Características fisicoquímicas de frutos de *Prunus persica* (L.) Batsch

El durazno es un fruto altamente perecedero, que presenta una reducida vida útil en poscosecha, comportamiento que se debe a alto porcentaje de agua (Herrera *et al.*, 2006) y a la alta actividad metabólica que presenta el fruto, que junto con los daños mecánicos que se generan por un inadecuado transporte y almacenamiento ocasionan pérdidas postcosecha de entre el 15 y 25 % (Seta y Moyano, 2007). Gorny *et al.* (1999) reportan que el estado de madurez óptimo para duraznos y nectarinas es aquel que tiene entre 13 y 27 N de firmeza de la pulpa, en estos valores el fruto alcanza la vida útil máxima, y se obtiene buena calidad para consumo. Por su parte, Valero *et al.* (2007) clasificaron el fruto de durazno en tres clases con base en la firmeza, donde 35 N es la firmeza mínima que debe tener el fruto para que este no presente daño mecánico en el manejo postcosecha, frutos con un intervalo de 8 a 35 N son catalogados como listos para comprar, y frutos con 8 a 13 N de firmeza son aquellos listos para consumo.

Los frutos maduros presentan un alto contenido de sacarosa (50 a 75 %) (Byrne *et al.*, 1991), por lo que es considerado el azúcar predominante en este fruto (Desnoues *et al.*, 2014); Victoria *et al.* (2013) indican que en la postcosecha el fruto presenta pérdidas a nivel de calidad, valor nutricional y propiedades organolépticas como resultado de la degradación de azúcares y otros compuestos orgánicos en la respiración. Por otra parte, los ácidos orgánicos son usados como sustratos respiratorios por el fruto, y además pueden ser convertidos en azúcares; de esta manera la concentración inicial de azúcares debe ser menor al inicio de la poscosecha (Day *et al.*, 1997; Wu *et al.*, 2003).

Se han realizado diversos estudios sobre la calidad de frutos de *P. persica* (L.) Batsch, un ejemplo de ello es el hecho por García (2006) donde caracterizó la calidad fisicoquímica de frutos de *P. persica* (L.) Batsch variedad Amarillo. Entre las variables más destacadas de calidad estuvieron la firmeza con 135.4 N, los SST con promedios de 18.2 °Brix y la ATT con 0.44 % como ácido cítrico.

Se estableció que la refrigeración alarga la vida útil de los frutos hasta nueve días a diferencia del almacenamiento al ambiente donde la vida útil es de seis días. Por su parte, Ortiz *et al.* (2007) evaluaron la calidad de siete variedades de *P. persica* (L.) Batsch en Santa Fe, Argentina. Reportaron pesos de 42.5 a 126.6 g; valores de firmeza entre 3.8 a 6.9 kgf; contenido de sólidos solubles totales de 9.5 a 11.1 °Brix y valores de pH que oscilaron de entre 3.3 a 3.6. Un estudio similar es el de Bonazzola *et al.* (2007), donde evaluaron los parámetros fisicoquímicos de *P. persica* (L.) Batsch variedades Flordarking y Forastero cultivadas en la zona centro-este de la Provincia de Santa Fe, Argentina. Obtuvieron valores de pH fueron de 4.04 para la variedad Flordarking; una CE de 5.10 mS cm⁻¹, SST de 9.8 °Brix, una ATT de 0.86 %; y para la variedad Forastero encontraron valores de pH de 4.1, una CE de 5.40 mS cm⁻¹, SST de 9.5 °Brix y ATT de 0.75 %.

En México, Guitierrez *et al.* (2008) caracterizaron y evaluaron frutos de *P. persica* (L.) Batsch variedad Ana en Aguascalientes. Determinaron el peso, el diámetro polar (DP), el diámetro ecuatorial (DE) y el contenido de SST. El peso del fruto fue de 84.19 a 177.59 g; el DP fue de 48.9 a 65.1 mm; el DE fue de 52.3 a 69.1 mm y los SST fueron de 10.53 a 12.75 %.

Africano *et al.* (2016) realizaron una caracterización fisicoquímica de *P. persica* (L.) Batsch variedad Dorado en Bogotá, Colombia. Reportaron un peso de 181.07 g, un valor de firmeza de 12.81 N, el contenido de sólidos solubles totales fue de 11.6 °Brix y un porcentaje de acidez total titulable de 0.87 %.

III. JUSTIFICACIÓN

La calidad del suelo está determinada por la naturaleza de los componentes con que se ha formado y cambia debido a las modificaciones físicas, químicas y biológicas que le ocurren de forma constante, tanto por el manejo, como por los factores ambientales (temperatura y precipitación). Dado que la fruticultura es una base importante para la alimentación humana. Es crucial que los suelos destinados a esta actividad tengan una capacidad productiva, por lo tanto se ha recurrido al uso de indicadores físicos, químicos y biológicos que permitan valorar dicha capacidad y establecer diversas prácticas de manejo con influencia en la estructura y función metabólica de los frutales. En los últimos años los productores de Alzayanca han reportado una tendencia negativa en la calidad de *Prunus persica* (L) Batsch variedad Escarcha. Con la información que se adquiriera a partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se generará información para que posteriormente los productores diseñen estrategias de manejo encaminadas a mantener o incrementar la calidad del suelo que impacten en las características fisicoquímicas comerciales de los frutos. Para el municipio de Alzayanca es importante la producción de durazno, por ello es indispensable que se haga una estimación del rendimiento de los cultivos y la evaluación de la calidad de los frutos, para tener información de al menos un ciclo producción; los datos recabados servirán como antecedente para posteriores estudios.

IV. OBJETIVOS

4.1. General

Determinar los indicadores de la calidad del suelo que influyen en el rendimiento y en las características fisicoquímicas consideradas como criterios para el consumo de *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha.

4.2 Específicos

1. Determinar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos bajo cultivo de *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha que puedan establecerse como indicadores de calidad edáfica.
2. Evaluar el rendimiento de *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha a través de la producción de frutos correspondiente a cada parcela.
3. Determinar las características fisicoquímicas de los frutos de *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha en postcosecha que permitan la evaluación de su calidad comercial para consumo.
4. Establecer la relación entre los indicadores de la calidad de los suelos analizados con el rendimiento y los criterios de calidad de los frutos de *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha.

V. HIPÓTESIS

Si los suelos cultivados con *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha en Altzayanca, Tlaxcala entre sus indicadores edáficos presentan un pH neutro, alto contenido de materia orgánica y baja densidad aparente, las parcelas tendrán un mayor rendimiento y los frutos presentarán una mejor calidad comercial.

VI. METODOLOGÍA

6.1 Área de estudio y selección de parcelas

El municipio de Alzayanca (Figura 2) se ubica en el Altiplano Central Mexicano a 2600 m.s.n.m., en las coordenadas geográficas 19° 26' latitud norte y 97° 48' longitud oeste. Localizado al oriente del estado de Tlaxcala, colinda al sur con los municipios de Huamantla y Cuapiaxtla, al poniente con el municipio de Terrenate y al nororiente con el estado de Puebla. Está conformado por meseta basáltica escalonada con lomerío (80%), llanura aluvial con lomerío (11%), sierra volcánica de laderas escarpadas (9%). El clima del municipio es templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (92%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (7%) y semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (1%). El uso de suelo principalmente es de agricultura (70%) y zona urbana (30%). Existe una vegetación de matorral (23%), bosque (3%) y pastizal (1%). Los órdenes de los suelos que predominan son de tipo Regosol (49%), Durisol (25%), Leptosol (22%) y Fluvisol (1%), (INEGI, 2009).

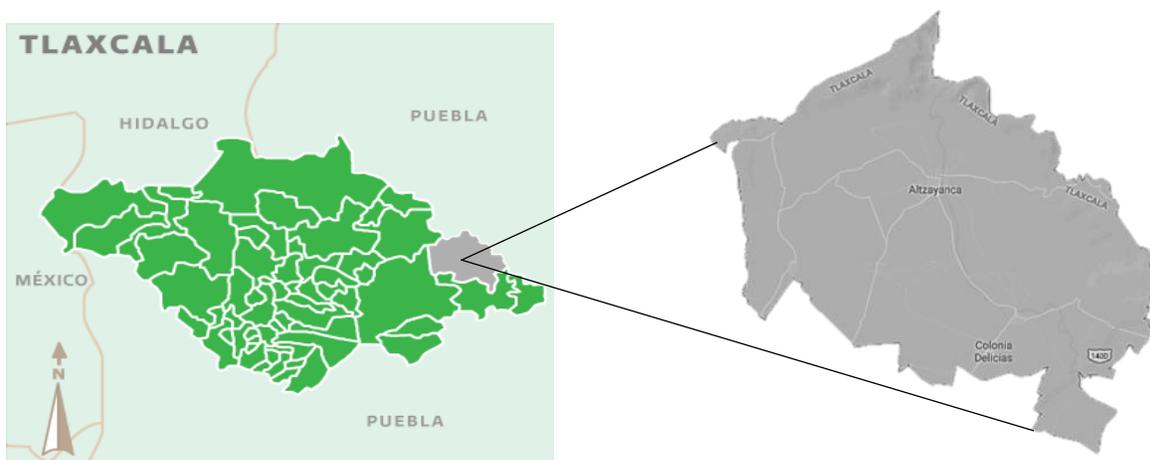


Figura 2. Localización del municipio de Alzayanca, Tlaxcala (www.inafed.gob.mx).

Se seleccionaron cuatro parcelas cultivadas con *P. persica* variedad Escarcha (Tabla II) identificadas de acuerdo con el nombre del propietario; las cuales presentan diferentes manejos agrícolas, pero en todas se aplican fertilizantes químicos; forman parte de la Sociedad de Productores de Duraznos Selectos de Tlaxcala S.P.R. de R.L. (Figura 3).

Tabla II. Superficie y manejo de las parcelas cultivadas con *P. persica* var. Escarcha en Alzayanca, Tlaxcala.

Parcela	Coordenadas geográficas	Altitud (m.s.n.m.)	Superficie (ha)	Manejo**
Lino	N 19° 20' 40.93" O 97° 49' 28.50"	2562	0.59	Ri, S, CA, Pc y FQ
Argelio	N 19° 23' 38.40" O 97° 49' 35.20"	2602	0.90	Ri, S, CA y FQ
Abel	N 19° 23' 31.80" O 97° 49' 34.30"	2602	1.1	Ri, S, EO, MA y FQ
Saúl	N 19° 23' 40.6" O 97° 49' 53.5"	2567	0.16	Ri, S, CA y FQ

Ri: Riego; S: surco; Pc: Policultivo; CA: Control de arvenses; EO: enmiendas orgánicas; MA: Malla antigranizo; FQ: Fertilización química. **Información proporcionada por los productores.

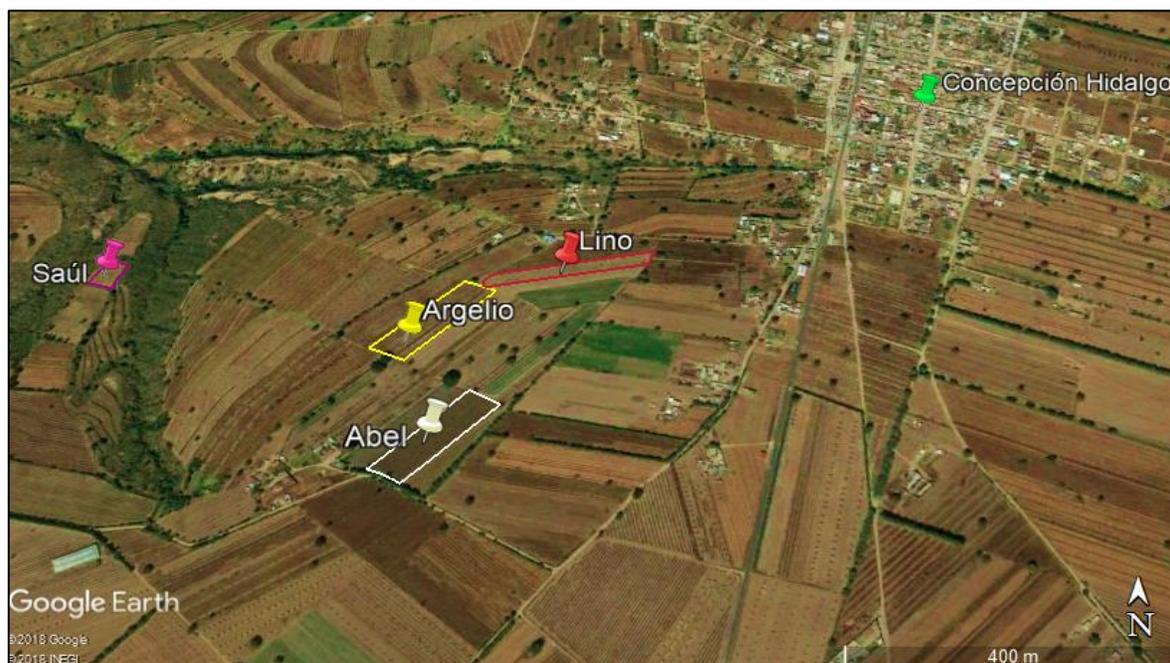


Figura 3. Ubicación de las parcelas cultivadas con *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha (Google Earth, 2018).

6.2 Muestreo de suelo y preparación de muestras

Se llevó a cabo un recorrido entre las parcelas para establecer los puntos de muestreo de suelo con base a lo que estipula la NOM-021-SEMARNAT-2000 (DOF, 2002). De cada parcela se tomaron 10 muestras simples de 500 g en zig-zag a una profundidad de 0 a 30 cm en época de latencia del frutal y de sequía (enero 2018). Las muestras se colocaron en bolsas de plástico, se etiquetaron y se trasladaron al laboratorio de Fertilidad de Suelos del Centro de Investigación en Genética y Ambiente de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, se secaron sobre papel Kraft a temperatura ambiente y a la sombra por 24 h, para posteriormente tamizarlas por malla de 2 mm y así obtener un tamaño de partícula homogéneo.

6.3 Indicadores de la calidad del suelo

Textura

Se empleó el método del hidrómetro de Bouyoucos (Rodríguez y Rodríguez, 2002). Se pesaron 50 g de suelo; después se colocó en un vaso de dispersión, agregando 250 mL de agua desmineralizada y 5 mL de la solución defloculante de hexametáfosfato de sodio; la mezcla se agitó por 6 min en un agitador Hamilton Beach modelo 6011, transcurrido el tiempo se vació a una probeta de 1000 mL enjuagando el vaso con ayuda de una piseta. Se agregó agua desmineralizada hasta tener 700 mL y se introdujo el hidrómetro, se agregó agua hasta tener 1000 mL y posteriormente se colocaron 130 mL de agua; se retiró el hidrómetro y se agitó la probeta manualmente por 40 s, se colocó la probeta en una base fija y se tomó una primera lectura con el hidrómetro, al mismo tiempo se tomó la temperatura con un termómetro; posteriormente se dejó reposar durante 2 h y se tomó una segunda lectura para después calcular el porcentaje de arena, de limo y de arcilla. Para realizar los cálculos se corrigieron las lecturas del hidrómetro a través de las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ arena total} = \frac{(\text{Lectura a los 40 s}) 100}{\text{peso de la muestra}}$$

$$\% \text{ arcilla total} = \frac{(\text{lectura a las 2 h}) 100}{\text{peso de la muestra}}$$

$$\% \text{ limo} = \frac{(\text{lectura a los 40 seg} - \text{lectura a las 2 h}) 100}{\text{peso de la muestra}}$$

Una vez obtenidos los porcentajes de arena, de arcilla y de limo se determinó la clase textural empleando el triángulo de texturas (Figura 4).

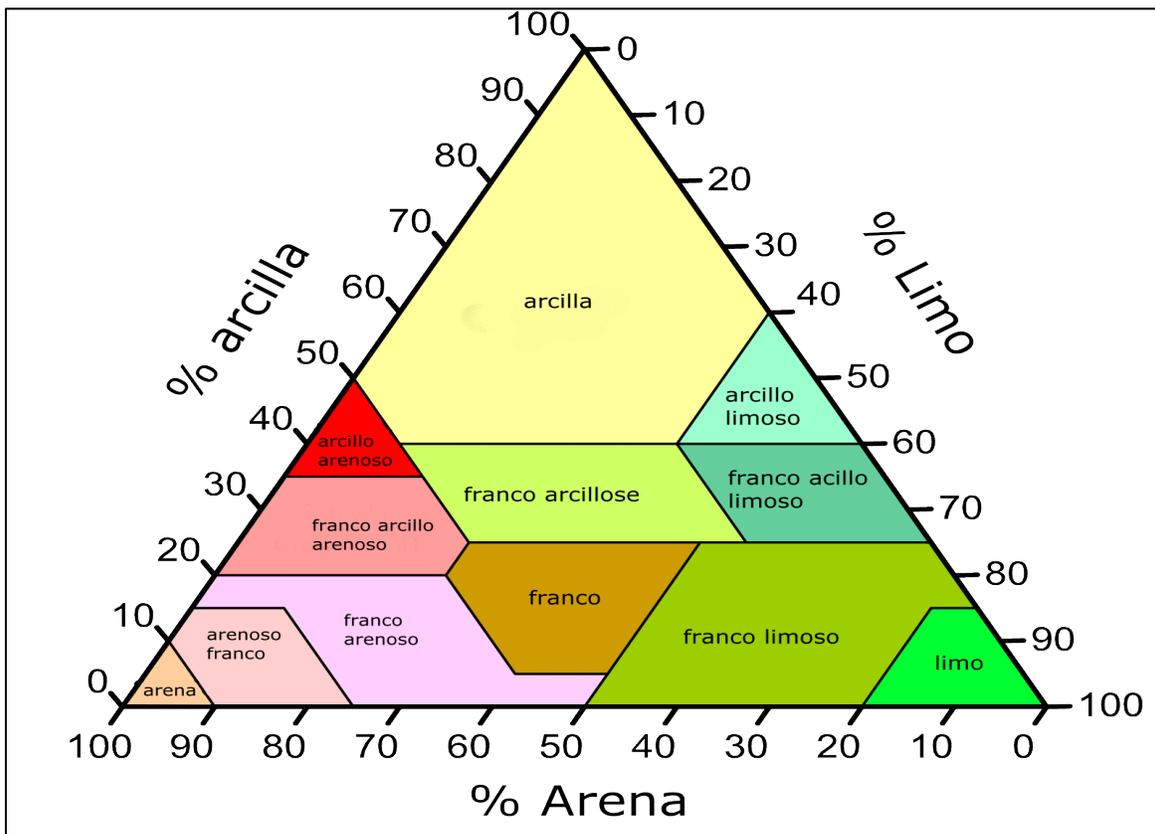


Figura 4. Triángulo de texturas USDA (SSDS, 1993).

Densidad aparente y porosidad

Para determinar este indicador se empleó el método de la probeta que establece la NMX-FF-109-SCFI-2008 (DOF, 2008). Se pesaron 50 g de suelo para ser colocados en charolas de aluminio con capacidad de 100 g. Se procedió a secar en un horno de secado por 24 h a 70 ± 5 °C, al término se depositaron en un desecador hasta enfriarse. El suelo se colocó en una probeta de 100 mL, previo a ello se obtuvo el peso de la probeta. Se tapó la probeta con la mano y se procedió a realizar 20 golpes suaves de manera vertical a una altura de 10 cm en una superficie plana cubierta con un pañuelo para no dañar la probeta. Al final se obtuvo el peso de la probeta conteniendo la muestra de suelo y se registró el volumen que ocupó la muestra.

$$Da = \frac{P}{V}$$

Donde:

Da = Densidad aparente en g cm^{-3}

P = Peso de la muestra de suelo, menos el peso de la probeta (g).

V = Volumen ocupado del suelo en la probeta (mL).

El espacio poroso dependiente de la compactación y arreglo de la fracción sólida del suelo de cada una de las muestras se calculó de acuerdo a lo que estipula Porta *et al.* (2003), por medio de la siguiente fórmula:

$$P = \left[1 - \frac{Da}{Dr} \right] 100$$

Donde:

P = Porosidad.

Da = Densidad aparente.

Dr = Densidad real que equivale a 2.65 g cm^3

Reacción del suelo (pH)

Se colocaron 10 g de suelo en un frasco de vidrio de 100 mL, se adicionaron 20 mL de agua desmineralizada, lo que da una relación suelo-agua, 1:2 (p:v). La suspensión se agitó manualmente durante 60 s y se dejó reposar por 10 min. La operación se repitió 2 veces. Se agitó perfectamente la suspensión del suelo antes de efectuar la lectura de pH. Previamente, se calibró el equipo con las soluciones amortiguadoras a pH 4 y 7 (Álvarez y Marín, 2011).

Conductividad eléctrica

Se pesaron 50 g de suelo y se colocaron en vasos de plástico de 750 mL, por consiguiente, se añadieron 250 mL de agua desmineralizada (relación 1:5, suelo:agua, p:v), se agitó la suspensión de manera manual y después se dejó reposar por 24 h. Se midió la conductividad eléctrica del sobrenadante con un conductímetro, previamente se calibró la celda con KCl al 0.1 N. Después de cada determinación se enjuagó la celda tres veces con agua desmineralizada para que no quedaran residuos (Álvarez y Marín, 2011). Las unidades de medida que marca el equipo son μS (micro siemens), por ello se realizó una conversión a dS (die siemens) para reportar los datos tal y como lo marca la NOM-021-SEMARNAT-2000 (DOF, 2002). Se realizaron los cálculos de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$CE = \frac{Cm * K * Ft}{1000}$$

Donde:

CE = Conductividad eléctrica (dS m^{-1})

Cm = Valor registrado en el equipo

K = Constante.

Ft = Factor de ajuste de temperatura

Materia orgánica y carbono orgánico

La determinación de la materia orgánica se realizó a través del método de Walkey y Black (Jackson, 1976 con algunas modificaciones). Se pesaron 0.125 g de suelo y se colocaron en matraces Erlenmeyer de 250 mL, al mismo tiempo se procesó un blanco, se adicionaron 2.5 mL de $K_2Cr_2O_7$ 1 N con pipeta volumétrica, se giró el matraz para que la muestra entrara en contacto con el dicromato, se agregaron 2.5 mL de H_2SO_4 concentrado, se agitó cuidadosamente por 1 min y dejó reposar durante 30 min. Trascurrido ese tiempo se añadieron 25 mL de agua desmineralizada, 2.5 mL de H_3PO_4 concentrado y tres gotas del indicador difenilamina, finalmente se tituló con $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ hasta virar a verde claro. Para realizar el cálculo del porcentaje de materia orgánica, primero se calculó el factor con la siguiente fórmula:

$$Factor = N * \frac{12}{4000} * \frac{1.72}{0.77} * \frac{100}{g \text{ de suelo}}$$

Donde:

N = Normalidad del $K_2Cr_2O_7$.

Para calcular el porcentaje de materia orgánica se empleó la siguiente fórmula:

$$\% MO = V * \left[1 - \frac{M}{B} \right] * Factor$$

Donde:

V= Volumen de $K_2Cr_2O_7$

M = Volumen de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ empleado en la muestra

B= Volumen de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ empleado en el blanco

Para obtener el porcentaje de carbono orgánico se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% CO = \frac{\% MO}{1.724}$$

Índice de humificación: Determinación de la relación E4/E6 por UV-Visible

Debido a que el árbol de durazno requiere importantes concentraciones de materia orgánica, se determinó el grado de humificación de la misma, de acuerdo con las metodologías propuestas por Sapek y Sapek (1999) y Zbytniewski y Buszewski (2005) con algunas adecuaciones. Se pesó 1 g de suelo de cada una de las muestras, después se colocó en un frasco de vidrio de 100 mL, se agregaron 50 mL NaOH 0.5 M. Posteriormente, se agitó a 180 rpm durante 2 h y se dejó reposar por 12 h; transcurrido ese tiempo, la suspensión se centrifugó en tubos de 50 mL por 3 min para posteriormente llevar a cabo la medición de la absorbancia (A) a diferente longitud de onda, $\lambda = 472 \text{ nm}$ (A_{472}) y $\lambda = 664 \text{ nm}$ (A_{664}).

La relación $E4/E6 = A_{472}/A_{664}$ determina el índice de humificación de la materia orgánica del suelo. Una vez obtenidas las absorbancias se realizó el siguiente cálculo:

$$IH = A_{472}/A_{664}$$

El valor típico para indicar que existe material humificado es usualmente $E4/E6 < 5$, propio de la presencia de ácidos húmicos con alta conformación estructural, mientras que los valores de la relación $E4/E6 > 5$ es típico de la presencia de ácidos fúlvicos (Schinitzer, 1967; Gieguzynska *et al.*, 1998).

Capacidad de intercambio catiónico

Se determinó la capacidad de intercambio catiónico mediante la metodología propuesta por Juárez *et al.* (2009). De cada muestra de suelo se pesó 1 g y se colocó en tubos tipo falcón de 50 mL, después se adicionaron 15 mL de $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ con una pipeta volumétrica, después se centrifugó a 3500 rpm por 8 min, el sobrenadante se desechó para posteriormente agregarle 10 mL de $\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, una vez más se centrifugó a 3500 rpm por 8 min; se tomaron 5 mL del sobrenadante y se vertieron a matraces Erlenmeyer de 250 mL. A cada matraz, de la solución

Tampón (mezcla de cloruro amónico 1 N con cinco partes de solución de hidróxido amónico 1 N) se les agregó 10 mL y 10 mL de agua destilada; por último se tituló con la solución de ácido etilendiaminotetraacético disódico (EDTA) 0.05 N, con el indicador negro de eriocromo T para virar a color azul. Para obtener los valores de CIC se realizó el siguiente cálculo:

$$CIC = \left[\frac{(B - M)(N)(S)}{\text{peso de la muestra}} \right] 100$$

Donde:

B = Volumen de EDTA empleado en el blanco

M = Volumen de EDTA empleado en la muestra

N = Normalidad de la solución titulante EDTA

S = Volumen de BaCl₂·2H₂O entre volumen del sobrenadante adicionado al matraz

N total, P extractable y K

De cada muestra simple de suelo se pesaron 20 g para conformar una muestra compuesta por parcela para ser enviadas al Laboratorio Central de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo. El porcentaje de N total se determinó por el método de Kjeldahl (Álvarez y Marín, 2001). Para la determinación de P extractable se utilizó la técnica de Bray y Kurtz (1945). El K se determinó por flavometría (CaCl₂ 2 N) (Álvarez y Marín, 2001).

Respiración microbiana

Para la estimación de la actividad microbiana, se cuantificó el CO₂ emitido por los microorganismos (tasa respiratoria); se siguió el procedimiento descrito por Zagal *et al.* (2002), para el proceso de incubación se utilizaron muestras de 50 g de suelo, las que fueron condicionadas previamente a capacidad de campo, después se colocaron en frascos de vidrio de 200 mL.

En cada uno se colocaron dos viales, uno con 3 mL de NaOH 0.5 M para absorber el CO₂ desprendido por los microorganismos y el otro con agua desmineralizada para mantener la atmósfera húmeda. Cada frasco se selló herméticamente con plástico adherible para ser llevados a una estufa de cultivo donde se mantuvieron a 22 °C. Se realizaron mediciones de la cantidad de CO₂ capturado en el vial con NaOH mediante titulación con HCl 0.5 N, cada semana día por 30 días, se reemplazó la respectiva trampa de CO₂ por una nueva en cada ocasión.

Para la titulación se colocó el NaOH del vial en un matraz Erlenmeyer de 150 mL, se le adicionó 2 mL de BaCl₂ al 2 % para precipitar el C inorgánico como BaCO₃ insoluble. Se adicionaron dos gotas de fenolftaleína como indicador ácido base y se tituló con HCl 0.5 N. Se realizó una titulación testigo de 2 mL de NaOH 0.5 N, lo cual proporcionó el valor de referencia. El CO₂ se calculó de acuerdo con la fórmula que estableció Anderson (1982).

$$mg \text{ de dióxido de carbono} = (C - V)(N * E)$$

Donde:

C = Volumen de HCl gastado para neutralizar el NaOH del testigo

V = Volumen de HCl gastado para neutralizar el NaOH de las muestras

N = Normalidad del HCl

E = Peso equivalente de CO₂

6.4 Rendimiento de *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha

Se realizó un conteo de los árboles totales en cada una de las parcelas para determinar la densidad de plantación; se marcaron de cuatro a siete árboles (de acuerdo con la superficie de las parcelas) y se contó el número total de frutos por árbol mediante el uso de un contador manual para obtener el rendimiento por parcela de acuerdo con Torres *et al.* (2008) bajo la siguiente fórmula:

$$R = T * Z * X$$

Donde:

R = Rendimiento

X = Peso promedio del fruto

T = Número total de árboles en la parcela

Z = Número total de frutos por árbol seleccionado

6.5 Características fisicoquímicas de frutos *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha

Se llevó a cabo un proceso de selección de frutos con la finalidad de obtener una muestra homogénea, basada en el criterio del descarte de frutos en inmadurez fisiológica, no enteros, malformados, con daños físicos (roturas, hendiduras, raspaduras, manchados) y por insectos, plagas, hongos o bacterias (García, 2006). La cosecha de los frutos de la variedad Escarcha se realizó en julio del 2018. De los frutos cosechados se realizó un muestreo completamente aleatorizado con 19 lotes de 15 frutos cada uno, teniendo un total de 285 frutos.

Como parte de las características físicas se determinó el peso de cada fruto por medio de una balanza granataria digital (Adam®); con la ayuda de un Calibrador Pie de Rey (modelo Surtek 122206 con Autolock) se midió el tamaño en función del diámetro mayor (diámetro polar) y el diámetro menor (diámetro ecuatorial), como lo establece la NMX-FF-009-SCFI-1982 (DOF, 1982). La firmeza del fruto fue determinada mediante un texturómetro (marca TAXT Plus, acoplado al software Stable Micro Systems), con una punta de 3 mm de diámetro; el valor correspondió a la fuerza máxima en g registrado por el equipo, por lo cual se hizo la conversión a kg, para después multiplicarla por la constante de la aceleración (9.866 m/s^2), dando como resultado la fuerza en Newton (N).

Para determinar las características químicas, los frutos fueron lavados (con agua del grifo) y se les retiró la epidermis, para después introducirse en un balde con agua caliente ($100 \text{ }^\circ\text{C}$) durante 40 s, para luego sumergirlos en un balde con agua fría ($5 \text{ }^\circ\text{C}$) y así inhibir la actividad enzimática (enzimas hidrolíticas), al igual que la síntesis de carotenoides y de compuestos antioxidantes (Gapper *et al.*, 2013); posteriormente, se les retiró el hueso y se trituró el mesocarpio con un procesador eléctrico (Hand Blender®); se extrajo el jugo por filtración al vacío.

Al jugo se le determinó el pH y la CE (relación 1:1, agua:jugo, v:v) con un conductímetro marca ExStik II modelo EC500. Los SST se cuantificaron con un refractómetro digital de sobremesa (marca ATAGO modelo 1T, escala 0-32 °Brix), en la solapa abierta del equipo (los dos prismas separados) se colocaron dos gotas del jugo y se observó la luz a través del mismo mediante una línea horizontal (equilibrando los halos de luz de colores rojo y azul) que se encuentra junto a una escala graduada donde se establece su posición relativa respecto a los prismas, dando como resultado un índice de refracción y un valor en grados Brix. Se determinó la ATT (por medio de la relación 1:1, agua:jugo, v:v) por titulación valorada con NaOH 0.1 N y con el indicador fenolftaleína; para los cálculos se utilizó la fórmula reportada por López y Argaiz (1993). Por último se estimó el índice de

madurez de los frutos por medio de una división de los valores de los sólidos solubles totales entre los valores de la acidez total titulable (relación SST/ATT) (Africano *et al.*, 2016).

6.6 Análisis de los datos

Todos los datos se sometieron a la prueba de Normalidad (Shapiro-Wilks) y de homogeneidad de varianzas (Levene). Se hizo una comparación de medias aplicando la prueba de Tukey a los datos paramétricos. Se determinaron los coeficientes de correlación de Pearson de los valores del suelo y de los frutos; después se aplicó un ACP a todas las variables. Lo anterior utilizando el Software estadístico InfoStat versión 2008 (Di Rienzo *et al.*, 2008).

Los datos de las diferentes variables se analizaron bajo el siguiente modelo estadístico lineal de efectos fijos:

$$Y_{ijk} = \mu + s_i + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta

μ = Media

s_i = Sitio (parcela)

VII. RESULTADOS

7.1. Indicadores físicos y químicos de la calidad del suelo

Los suelos de las parcelas cultivadas con *P. persica* variedad Escarcha presentaron un porcentaje muy bajo de arcilla y de limo; el porcentaje de arena es el que predomina, por lo tanto la clase textural refiere que son suelos areno francos (Ac) (Figura 5).

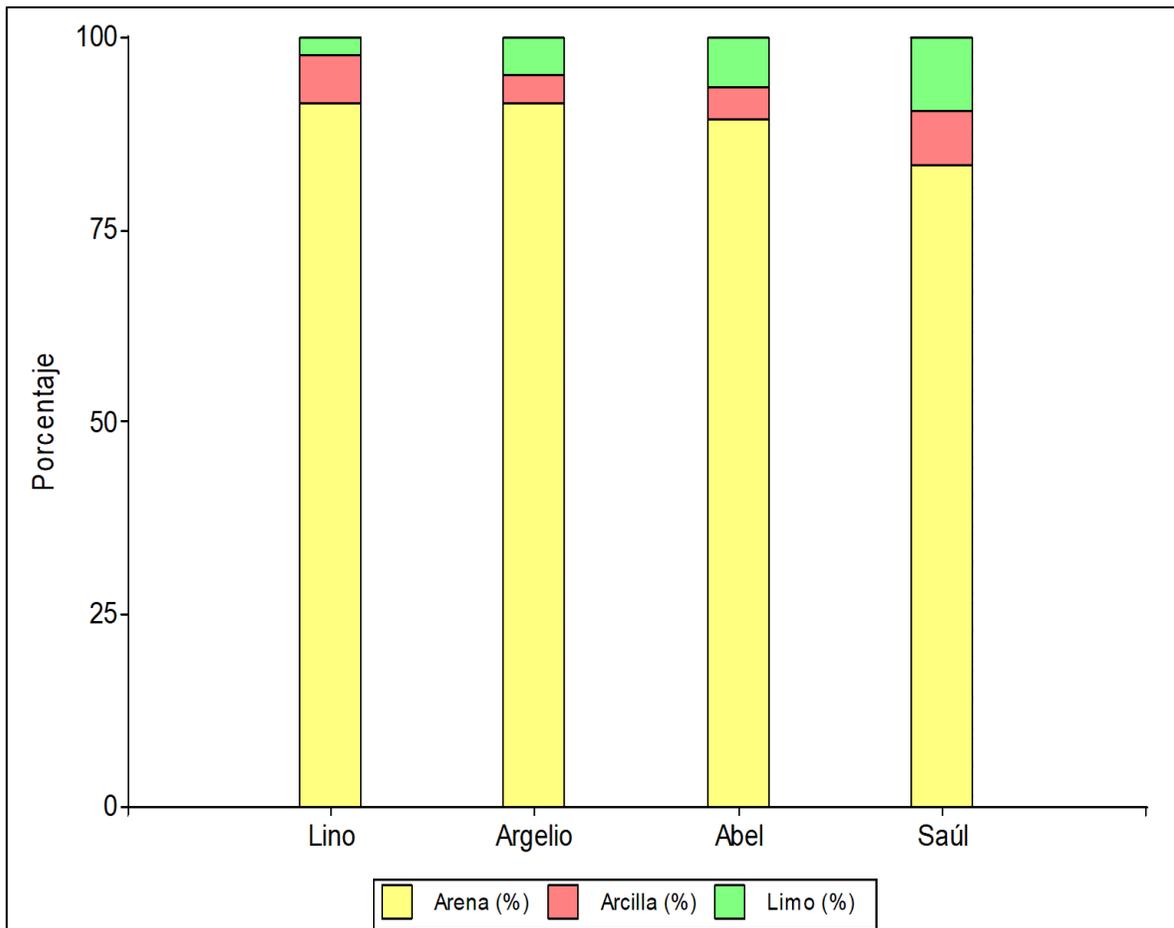


Figura 5. Porcentaje de arena, de arcilla y de limo en los suelos cultivados con *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha en Altzayanca, Tlaxcala; n= 35.

De acuerdo a los valores de D_a y de porosidad en los suelos (Tabla III), las parcelas cultivadas con *P. persica* var. Escarcha no presentan diferencias entre sí ($p \leq 0.05$). Los valores de D_a mostraron que los suelos presentan cierto grado de compactación dado que la NOM-021-SEMARNAT-2000 (DOF, 2002) estipula que el valor máximo debe ser 1 g cm^{-3} para suelos de origen volcánico. La D_a radica en el arreglo las partículas sólidas del suelo, determinadas por el poco contenido de MO, el cual decrementa el porcentaje de porosidad (Romero *et al.*, 2015).

Tabla III. Indicadores físicos de la calidad de los suelos bajo cultivo de *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha en Altzayanca, Tlaxcala.

Parcela	D_a (g cm^{-3})	Porosidad (%)
Lino	1.20 ± 0.02 a	54.68 ± 0.92 a
Argelio	1.25 ± 0.04 a	52.71 ± 1.71 a
Abel	1.11 ± 0.04 a	57.98 ± 1.35 a
Saúl	1.25 ± 0.00 a	52.83 ± 0.00 a

Media Tukey \pm Error estándar, $n=35$. Medias con la misma letra por columna son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$). D_a : densidad aparente.

De acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000 (DOF, 2002) los suelos bajo cultivo de *P. persica* variedad Escarcha se clasifican con valores de pH neutro, contenido de materia orgánica muy bajo, una capacidad de intercambio catiónico baja, una conductividad eléctrica que refiere efectos despreciables de la salinidad; respecto a los macronutrientes, el porcentaje de N total es bajo y la concentración de P aprovechable es baja (Tabla IV).

Las concentraciones de P y K en las cuatro parcelas cultivadas con *P. persica* var. Escarcha mostraron diferencias significativas entre sí ($p \leq 0.05$) (Tabla IV); lo cual se debe a que estos macronutrientes son aplicados en diferentes dosis por parte de los productores (com. pers. José Abel Hernández Lima, 24 de enero de 2018).

Tabla IV. Indicadores químicos de la calidad de los suelos bajo cultivo de *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha en Altzayanca, Tlaxcala.

Indicador	Lino	Argelio	Abel	Saúl	NOM-021
pH	6.7 ± 0.05 a	6.6 ± 0.04 a	6.6 ± 0.19 ab	6.9 ± 0.07 b	6.6 – 7.3
MO (%)	0.93 ± 0.10 a	0.61 ± 0.19 a	1.01 ± 0.16 a	0.95 ± 0.17 a	< 4
CO (%)	0.54 ± 0.06 a	0.33 ± 0.11 a	0.59 ± 0.09 a	0.55 ± 0.10 a	-
CIC [Cmol (+) kg ⁻¹]	8.83 ± 1.57 a	7.92 ± 1.47 a	8.83 ± 1.57 a	8.00 ± 1.47 a	5 – 15
CE (dS m ⁻¹)	0.05 ± 0.01 a	0.03 ± 0.01 a	0.04 ± 0.01 a	0.03 ± 0.01 a	< 1
N (%)	0.18 ± 0.01 a	0.11 ± 0.003 c	0.23 ± 0.01 a	0.15 ± 0.01 bc	< 0.30
P (mg kg ⁻¹)	31.83 ± 0.43 b	21.43 ± 0.50 c	40.33 ± 1.02 a	32.97 ± 0.70 b	< 30
K (mg kg ⁻¹)	47.63 ± 0.52 c	34.87 ± 0.12 d	108.90 ± 1.57 a	65.70 ± 0.35 b	40 – 80

Media Tukey ± Error estándar, n=35. Medias con la misma letra por fila son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$). MO: materia orgánica, CO: carbono orgánico, CIC: capacidad de intercambio catiónico, CE: conductividad eléctrica, N: nitrógeno, P: fósforo, K: potasio.

El índice de humificación de la materia orgánica (E4/E6) en promedio fluctuó de 4 a 8. La parcela Abel presentó valores de E4/E6 propios de ácidos húmicos, mientras que las parcelas Lino, Argelio y Saúl muestran valores correspondientes a ácidos fúlvicos (Tabla V).

Tabla V. Índices de humificación de la materia orgánica de los suelos de las parcelas cultivadas con *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha en Altzayanca, Tlaxcala.

Parcela	Relación E4/E6	
	Media ± D.E.	Mín. - Máx.
Lino	5.67 ± 0.21	5.00 – 6.00
Argelio	5.67 ± 0.21	5.00 – 6.00
Abel	4.00 ± 0.93	2.00 – 8.00
Saúl	8.00 ± 3.06	3.00 – 23.00

D.E.: desviación estándar, n=35.

7.2 Indicador biológico: Respiración microbiana

En la figura 6 se presentan los resultados de la respiración microbiana por cada uno de los suelos de las parcelas cultivadas con *P. persica* var. Escarcha. Se observó que la parcela Abel fue la que tuvo mayor actividad microbiana respecto a las demás parcelas durante los treinta días de cuantificación de CO₂. La parcela Abel fue la que mayor actividad microbiana presentó durante todo el periodo de incubación de las muestras de suelo (de 13.2 a 28.6 mg de CO₂ 100 g⁻¹), respecto a las demás parcelas. Las mayores emisiones de CO₂ se alcanzaron a la segunda semana de incubación en cada uno de los tratamientos. El comportamiento de la respiración microbiana durante los treinta días de evaluación, mostró una etapa estacionaria entre la semana dos y tres, a partir de la semana cuatro se presentó una disminución del desprendimiento de CO₂.

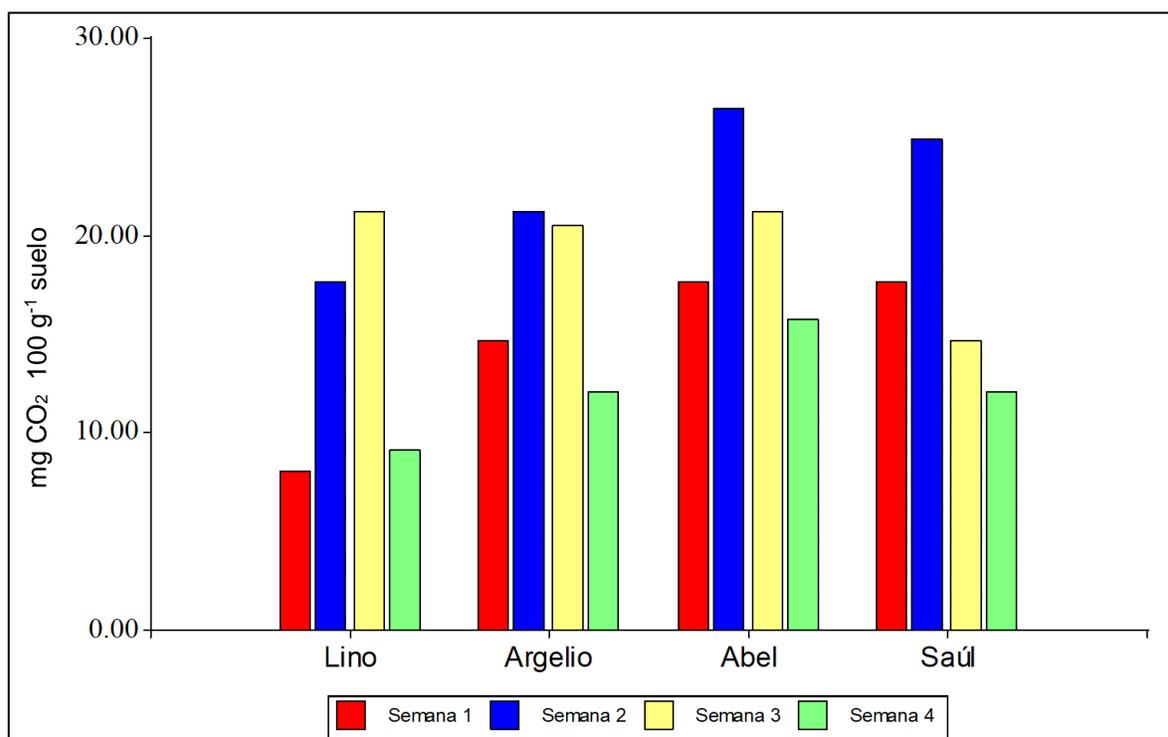


Figura 6. Tasa respiratoria en mg de CO₂ de las parcelas cultivadas con *P. persica* (L.) Batsch var. Escarcha en Altzayanca, Tlaxcala; n =35.

7.3 Rendimiento de *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha

La mejor respuesta en producción de frutos fue en la parcela Abel (Figura 7), el rendimiento alcanzado fue de 11.66 t ha⁻¹ con 864 árboles de *P. persica* var. Escarcha establecidos; mientras que la parcela Saúl fue la de menor rendimiento, con un valor de 2.23 t ha⁻¹ y 171 árboles de *P. persica* var. Escarcha presentes. Se observó que la parcela Lino cuenta con 483 árboles establecidos y un rendimiento cercano al que mostró la parcela Abel (10.88 t ha⁻¹). Lo anterior puede deberse a que el manejo de cada parcela (Tabla II) influye directamente en la respuesta de los árboles al mismo.

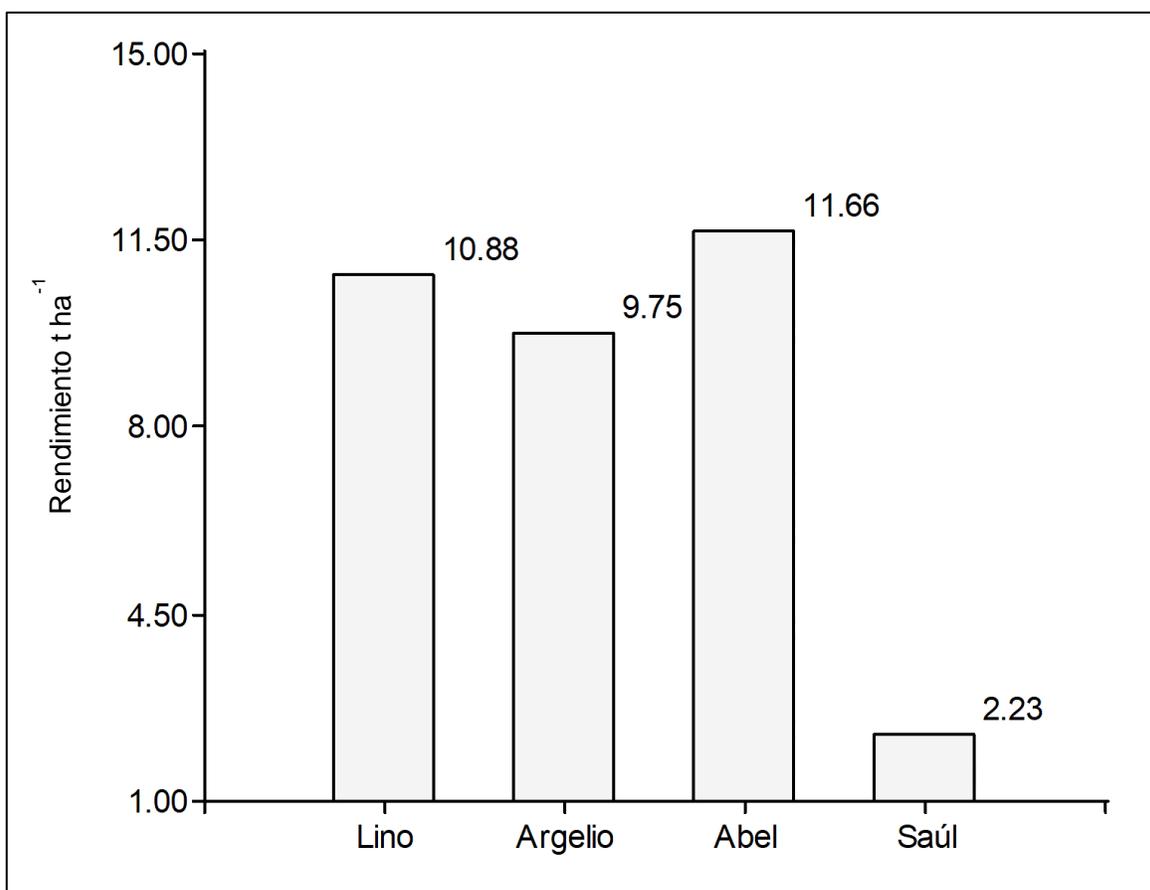


Figura 7. Producción de *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha en Altzayanca, Tlaxcala.

7.4 Características fisicoquímicas de frutos de *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha

El diámetro polar y ecuatorial de los frutos (Tabla VI) mostraron que la parcela Saúl presentó diferencia significativa respecto a las demás parcelas ($p \leq 0.05$). De acuerdo a la clasificación comercial de tamaño que establece la NMX-FF-060-SCFI-2009 (DOF, 2009), los frutos de las cuatro parcelas son óptimos para su consumo en fresco, así como la utilización de los mismos como insumo para la agroindustria. Los valores de firmeza (Tabla VI) indicaron que la parcela Lino y la parcela Saúl presentan diferencias significativas entre sí ($p \leq 0.05$). dichos valores son menores a lo que indica la NMX-FF-060-SCFI-2009 (DOF, 2009), que establece un valor de firmeza mínimo de 34.32 N.

Tabla VI. Características físicas de los frutos de *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha en Alzayanca, Tlaxcala.

Parcela	Peso (g)	DP (mm)	DE (mm)	Firmeza (N)
Lino	88.98 ± 2.89 a	50.96 ± 0.59 a	54.18 ± 0.73 a	11.35 ± 1.56 a
Argelio	92.13 ± 1.76 a	51.11 ± 0.46 a	54.64 ± 0.45 a	8.06 ± 1.29 ab
Abel	88.58 ± 2.93 a	50.08 ± 0.59 a	54.16 ± 0.70 a	9.43 ± 1.24 ab
Saúl	71.57 ± 1.94 b	47.91 ± 0.43 b	49.51 ± 0.53 b	5.39 ± 0.34 b

Media ± Error estándar, n= 285. Letras distintas por columna indican medias significativamente diferentes entre sí según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DP: diámetro polar; DE: diámetro ecuatorial.

En el jugo, los resultados de pH y de la ATT mostraron que las parcelas Argelio y Saúl presentaron diferencias significativas entre sí ($p \leq 0.05$) (Tabla VII). La NMX-F-034-1982 (DOF, 1982) menciona que para el caso de duraznos utilizados como insumo para la agroindustria que no presenten un pH ácido, se les puede añadir ácido cítrico como acidulante; los frutos provenientes de las cuatro parcelas analizadas en este trabajo cuentan con el pH ácido que es usual en todas las frutas (Badui *et al.*, 2006).

Las diferencias de acidez total titulable entre los frutos, pueden deberse a las condiciones climáticas y/o de fertilización de las parcelas (Wert *et al.*, 2009). Por lo que se refiere a los SST, las parcelas Abel y Saúl presentaron diferencias estadísticas entre sí ($p \leq 0.05$) (Tabla VII); el contenido de azúcares en los frutos de las cuatro parcelas se encuentra dentro de lo que establece la NMX-FF-060-SCFI-2009 (DOF, 2009), la cual estipula que el contenido mínimo de sólidos solubles totales en frutos de durazno debe ser 10 °Brix.

Tabla VII. Características químicas de los frutos de *Prunus persica* (L.) Batsch variedad Escarcha.

Parcela	pH	CE (mS cm ⁻¹)	ATT (%)	SST (°Brix)
Lino	4.41 ± 0.08 ab	1.96 ± 0.08 a	0.41 ± 0.03 a	7.63 ± 0.66 ab
Argelio	4.29 ± 0.06 b	1.78 ± 0.06 a	0.34 ± 0.02 ab	8.79 ± 0.50 ab
Abel	4.43 ± 0.07 ab	1.95 ± 0.07 a	0.35 ± 0.03 ab	9.76 ± 0.59 a
Saúl	4.58 ± 0.09 a	1.77 ± 0.10 a	0.27 ± 0.04 b	6.83 ± 0.76 b

Media ± Error estándar, n= 100. Letras distintas por columna indican medias significativamente diferentes entre sí según la prueba de Tukey ($p > 0.05$). CE: conductividad eléctrica; ATT: acidez total titulable; SST: sólidos solubles totales.

7.5 Indicadores de la calidad del suelo y las características fisicoquímicas de calidad comercial de los frutos de *P. persica* (L.) Batsch var. Escarcha

La obtención de la baja concentración de K en los suelos de las parcelas (Tabla VIII), permitió observar que los SST de los frutos mostraron una correlación negativa significativa con el K (Tabla VIII), puesto que es un macronutriente altamente requerido por *P. persica* ya que interviene en la activación de enzimas necesarias para formar almidón (Martínez *et al.*, 2008), polímero natural importante para la formación de azúcares reductores en los frutos. El peso de los frutos también presentó una correlación negativa significativa con el K (Tabla VIII), lo que está relacionado con la síntesis de proteínas que intervienen en el desarrollo del fruto en el árbol (García y Quinke, 2012).

Respecto al análisis multivariado, la Figura 8 muestra las dos primeras componentes principales (CP1 y CP2) para el conjunto de variables (indicadores de la calidad del suelo y características fisicoquímicas de los frutos), mismas que acumulan el 85 % de la variabilidad de los datos y aglomeran las fuentes de variabilidad más importantes de los mismos. En la parcela Abel convergen los indicadores de la calidad del suelo: concentración de P, contenido de K, N total, porcentaje de MO, porcentaje de CO y sitios de intercambio catiónico (CIC); también confluyen las características fisicoquímicas del fruto: diámetro polar, pH y conductividad eléctrica (presencia de sales) (Figura 8). La CP1 se correlaciona con todas las variables, salvo el pH y el porcentaje de porosidad del suelo (CP2); lo cual indica que la concentración de P tiene una gran influencia sobre la calidad del suelo, es decir, el contenido de P estará en función del aumento del porcentaje de MO y CO, esto repercute en una mayor capacidad de intercambio de cationes; asimismo, el P se relaciona con el N total del suelo, este último es un macronutriente muy importante para *P. persica* (García y Quinke, 2012). Al aumentar la aplicación de P en las parcelas, se observa que los frutos tienden a tener un mayor diámetro polar y un aumento en el pH, esto se refleja en una mayor presencia de sales.

Tabla VIII. Correlaciones entre los indicadores de la calidad del suelo y las características fisicoquímicas de frutos *Prunus persica* (L.) Batsch var. Escarcha en Alzayanca, Tlaxcala.

	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								
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

MO: materia orgánica (%), CO: carbono orgánico (%), CIC: capacidad de intercambio catiónico [Cmol (+) kg⁻¹], CE: conductividad eléctrica (dS m⁻¹), Da: densidad aparente (g cm⁻³), Po: porosidad (%), N: nitrógeno (%), P: fósforo (mg kg⁻¹), K: potasio (mg kg⁻¹); pH f: fruto, CE f: conductividad eléctrica del fruto (mS cm⁻¹), ATT: acidez total titulable (%), SST: sólidos solubles totales (°Brix), DP: diámetro polar (mm), DE: diámetro ecuatorial (mm), F: firmeza (N). *Valores significativos (p<0.05).

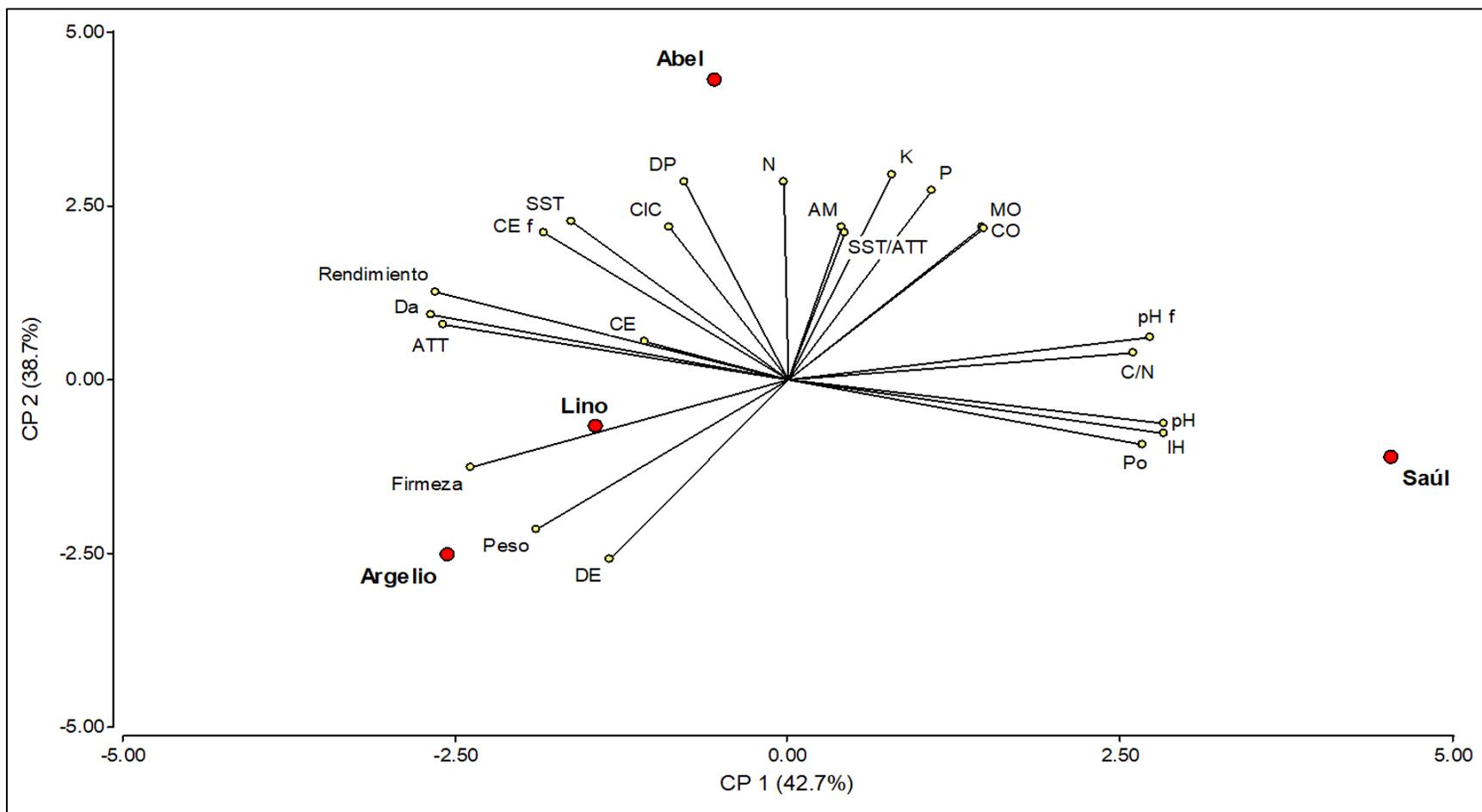


Figura 8. Gráfico Biplot de los indicadores de la calidad del suelo y las características fisicoquímicas de los frutos de *Prunus persica* (L.) Batsch var. Escarcha en Altzayanca, Tlaxcala.

IX. DISCUSIÓN

Indicadores de la calidad del suelo

Los suelos analizados presentaron un predominio de la fracción arena (Figura 5). Carrasco *et al.* (2010) mencionan que los suelos arenosos tienen problemas de retención de agua y nutrimentos, debido a un alto porcentaje de macroporos existente en su estructura; sin embargo, ese porcentaje de macroporos favorece la aireación del sistema radicular de *P. persica* var. Escarcha. En cuanto a la aireación, *P. persica* es muy sensible a las condiciones asfixiantes del suelo; se adapta bien a suelos francos, sueltos, profundos y con un buen drenaje; por otro lado, no se comporta bien en suelos arcillosos, compactos y con humedad excesiva (Gratacós, 2011).

Respecto a la Da, lo encontrado para los suelos cultivados con *P. persica* var. Escarcha presentan valores similares entre parcelas (cierto grado de compactación) (Tabla III). De la Rosa (2008) señala que suelos con similar Da presentan valores cercanos de porosidad, no obstante, la distribución de macro y micro poros puede variar para cada uno, en donde aquel con una mayor proporción de espacios de gran tamaño incide en una mayor velocidad de infiltración y en una menor capacidad de retención de agua. La porosidad del suelo puede ser mantenida, mediante el aumento de la cobertura vegetal, la cual protege al sistema de la disrupción, que causa el impacto de las gotas de la lluvia, mediante la disminución de su capacidad para desintegrar los agregados del suelo y separar las partículas finas, generando así, una escasa o nula obstrucción de poros en la superficie del suelo (Shaxson y Barber, 2005).

Las parcelas Abel y Lino mostraron mayor porcentaje de porosidad (Tabla III), lo cual puede deberse al manejo; Abel tiene malla antigranizo y en esta parcela no se emplea el control de arvenses; y Lino es una parcela de policultivo (árboles de durazno intercalados con cultivo de calabaza), por lo tanto existe mayor cobertura

vegetal. Por el contrario, las parcelas Argelio y Saúl presentaron menores porcentajes de porosidad (Tabla III), al respecto, Glab (2014) y Cambi *et al.* (2017) mencionan que los suelos con menor espacio poroso presentan una infiltración lenta de agua, lo cual puede provocar una alteración en el establecimiento y crecimiento de las plantas, al no permitir el desarrollo adecuado de las raíces secundarias, lo que reduce el rendimiento de los frutales. Por otro lado, Pires *et al.* (2017) reportaron que la porosidad total puede disminuir hasta 40% (0 a 30 cm de profundidad) en suelos con labranza a suelos sin intervención antrópica.

En lo que se refiere a la reacción del suelo, los valores de pH de los suelos bajo cultivo de *P. persica* (L.) Batsch en Alzayanca fueron neutros (6.5 - 7.1), al respecto Gratacós (2011) mencionó que los requerimientos de pH para el cultivo de durazno, van en un intervalo de 6 a 7.5 y Sánchez (2010) por su parte, recomienda valores de pH de 5.5 a 6.8. Borges *et al.* (2012) mencionan que los suelos con un pH neutro tienen mayor disponibilidad de nutrimentos como N, K, S, Ca, Mg y P. Los valores de pH de los suelos estudiados en Alzayanca, se encuentran por encima de lo reportado por Hernández *et al.* (2000) donde el pH en general fue de 5.9; y a lo encontrado por Torres *et al.* (2008) con valores de pH que oscilaron de entre 4.9 a 5.3; al igual que a lo obtenido por Santiago *et al.* (2008) con pH de 5.1 a 5.7; y a lo reportado por Mahecha *et al.* (2015) con valores de pH de 4.3 y 5.4 para suelos de agricultura intensiva y Vallejo *et al.* (2018) para suelos bajo diferentes sistemas productivos (5.8 - 6.0). Las variaciones de pH en los diversos estudios se deben a las diferentes condiciones edáficas de cada sitio.

Alloway (2013) menciona que las condiciones de acidez del suelo ($\text{pH} < 6.5$) propician la solubilidad de los elementos metálicos y permiten que sean asimilados por las plantas. Kabata (2004) estipula que en suelos ácidos se reduce la retención de elementos metálicos por la MO. Bertsch (1987) refiere que un pH neutro el Al no es muy soluble y por lo tanto, no hay problemas de toxicidad que puedan afectar el buen desempeño de las raíces en las plantas. Mientras que a un pH arriba de 7.5

generalmente se reduce la disponibilidad de P y todos los micronutrientos a excepción del Mo (Rodríguez y Rodríguez, 2002). De acuerdo al pH en los suelos de Altzayanca, no existe la solubilización de elementos metálicos como el Al y tampoco existe una disminución de P, lo cual es bueno para *P. persica* Var. Escarcha.

Los valores de CE para los suelos de este trabajo, mostraron que existe un efecto despreciable de sales (Tabla IV), de acuerdo a lo que estipula la NOM-021-SEMARNAT-2000 (DOF, 2002); similar a Santiago *et al.* (2008) que en su estudio reportaron que en suelos cultivados con durazno la CE fue menor de 0.10 dS m⁻¹. La tolerancia del *P. persica* a la salinidad del suelo es media, presentando problemas con una CE mayor a 2.6 dS m⁻¹ (Gratacós, 2011). Orsag (2010) mencionó que un exceso de sales en el suelo puede perjudicar el crecimiento de las plantas y en muchos casos afectar su calidad, al incidir directamente sobre su metabolismo. Por lo que la concentración de sales en los suelos analizados no representa un riesgo para que los cultivos de *P. persica* se vean limitados por exceso de sales, lo que se observó dentro de lo que enfatizó Doerge *et al.* (1999) que suelos con alto contenido de arcilla conducen corriente mejor que los suelos arenosos.

El contenido de MO en todas las parcelas analizadas es muy bajo (Tabla IV) (0.24 a 1.72 %) según al valor de referencia para suelos volcánicos de México de la NOM-021-SEMARNAT-2000 (DOF, 2002); con un porcentaje de 1.01 %, la parcela Abel fue la de mayor contenido de MO (Tabla IV). Gratacós (2011) menciona que el cultivo de durazno requiere de un porcentaje de MO de entre 2 a 3.5 %; mientras que el INIFAP (2011) indica que el porcentaje de MO ideal para el cultivo de durazno oscila entre un 4 a 5 % y cuando es menor, deberá planearse y ejecutarse un programa permanente para incrementarlo, mediante la aplicación de enmiendas orgánicas, con 6 a 20 t ha⁻¹ año⁻¹. Hernández *et al.* (2000) evidenciaron en su estudio en Zacatecas un porcentaje de MO de 1.57 a 2.75 % en suelos bajo cultivo

de *P. persica* (L.) Batsch, mayor a lo encontrado en los suelos de este estudio, donde Santiago *et al.* (2008) reportaron un contenido de MO de 2.53 a 4.10 %, mayor a lo encontrado en Alzayanca; pero similar a lo obtenido por Torres *et al.* (2008) con un porcentaje de 0.03 a 0.88 %. La MO procede tanto de la descomposición de los seres vivos, como de su actividad biológica: lombrices, insectos y microorganismos (Pérez, 2013); su bajo contenido en los suelos provoca el deterioro de la estructura de los mismos, lo cual es una limitante para su productividad y en suelos agrícolas puede ser debido al efecto de las prácticas agrícolas, como la aplicación continua de fertilizantes y el laboreo del suelo (Rodríguez *et al.*, 2015).

Jaramillo (2002) refiere que la descomposición de la MO es más eficiente en condiciones cercanas a la neutralidad (pH de 7); por lo que en los suelos bajo cultivo de *P. persica* var. Escarcha la MO podría estar bajo un proceso de descomposición. En este sentido, es importante que las sustancias orgánicas que se forman en el suelo como productos finales del proceso de transformación y descomposición de los materiales originales se determinen y se caractericen para una mejor comprensión del papel que desempeñan en el suelo (Rodríguez *et al.*, 2015). La determinación y caracterización de las sustancias húmicas proporciona información acerca de la degradación de la MO (Fernández *et al.*, 2016). En esta investigación se encontraron valores de las fracciones de la MO de 2 a 23 (Tabla V); al respecto, Chen *et al.* (1977) y Zamboni *et al.* (2006) señalaron que valores altos de la relación E4/E6 indican la presencia de moléculas de bajo peso molecular, alto contenido de O, bajo contenido de C y poca aromaticidad; por el contrario, valores bajos de esta relación muestran moléculas de alto peso molecular, una mayor condensación y un alto contenido de C. El valor típico para indicar que existe material humificado es usualmente $E4/E6 < 5$, mientras que los valores de la relación $E4/E6 > 5$ son típicos de la presencia de ácidos fúlvicos (Gieguzynska *et al.*, 1998); en las parcelas analizadas en este trabajo, existe mayor una presencia de ácidos fúlvicos (Tabla V), lo que indica que la MO no está siendo degradada del todo, lo que muestra un mayor grado de condensación, producto de un baja actividad bioquímica como lo señalaron

Montoya *et al.* (2013). Con respecto al contenido de CO, las parcelas mostraron valores (Tabla IV) que de acuerdo con Rodríguez y Rodríguez (2002) son bajos; los autores señalan que el CO indica la capacidad del suelo para retener nutrientes por lixiviación, la estabilidad de su estructura y susceptibilidad a la erosión, el movimiento del agua y la aireación, esto último es importante para el sistema radical de *P. persica*. De acuerdo con Moreno *et al.* (2015), la disminución del porcentaje de CO en las parcelas se atribuye a la exportación de nutrientes como parte de las cosechas, así como, a la mineralización de la MO debido al laboreo y un menor aporte de residuos orgánicos al suelo.

Los valores de la CIC de los suelos analizados se clasifican como bajos de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000 (DOF, 2002) (Tabla IV); al igual que lo obtenido por Torres *et al.* (2008) que encontraron en suelos bajo cultivo de *P. persica* una CIC que varió de baja a muy baja (8.9 a 3.2 Cmol (+) kg⁻¹). Gratacós (2011) señaló que el intervalo normal de la CIC para el cultivo de durazno es de 15 – 20 Cmol (+) Kg⁻¹. Cairo y Herrera (1994) plantean que el incremento de la materia orgánica en 1% incrementa en 2 Cmol (+) kg⁻¹ la CIC. En general, en cuanto mayor sea la CIC, mayor será la capacidad del suelo para absorber nutrientes (Cepeda, 2009).

Respiración microbiana

En el presente trabajo se observó que a medida que transcurrió la incubación, los sistemas comenzaron a entrar en la etapa de estabilidad para posteriormente disminuir el desprendimiento de CO₂; la parcela Abel fue la que mayor actividad microbiana presentó durante todo el periodo de incubación (de 13.2 a 28.6 mg de CO₂ 100 g⁻¹, del día 7 al día 30 de incubación, respectivamente) (Figura 6); la respiración microbiana se caracteriza por las siguientes fases: inicial, de aceleración, exponencial, retraso, estacionaria y decreciente (Santibáñez, 2009).

Los microorganismos respiran continuamente por lo que la tasa de respiración es un índice confiable de para estimar su tasa de crecimiento (Guerrero *et al.*, 2011). La actividad microbiana es altamente variable y está fuertemente afectada por las condiciones de humedad y de temperatura (Parkin *et al.*, 1996). Rodríguez (2017) reportó una tasa respiratoria de 9.1 mg de CO₂ 100 g⁻¹ en un suelo agrícola del municipio de San Pablo del Monte, Tlaxcala, menor a lo encontrado en los suelos de Alzayanca. Por otro lado, el CO₂ desprendido por los microorganismos, está fuertemente influenciado por el potencial hídrico del suelo (Ramos y Zúñiga, 2008); para los suelos de Alzayanca esto se cumple ya que todas las parcelas tienen potencial hídrico al ser de riego constante (Tabla II). Aguilera *et al.* (1988) y Von Mersi y Schinner (1991) han encontrado que la actividad deshidrogenasa (otro indicador biológico de la calidad del suelo) se correlaciona fuertemente con la actividad respiratoria en el suelo; por lo que gracias a lo obtenido en este trabajo, se puede inferir que existe una actividad deshidrogenasa adecuada.

La parcela Abel presentó mayor porcentaje de MO (Tabla IV), valores propios de ácidos húmicos (Tabla V) y una mayor actividad microbiana (Figura 6) lo que concuerda con lo que puntualizaron Hernández *et al.* (2013), el porcentaje más alto de microorganismos se localiza en suelos con mayores contenidos de MO, la mayoría de estos son bacterias que se agrupan como aerobias, anaerobias y anaerobias facultativas. Por el contrario las demás parcelas con cultivo de *P. persica* var. Escarcha que mostraron bajos contenidos de MO (Tabla IV) en los suelos, este indicador podría explicar la baja actividad microbiana encontrada (Figura 6) para estos sistemas de producción.

Producción de *Prunus persica* (L.) Batsch var. Escarcha

Las parcelas Abel y Lino fueron las que presentaron los mayores rendimientos (11.66 y 10.88 t ha⁻¹, respectivamente). Gutiérrez y Padilla (2004) reportaron una producción de *P. persica* var. San Gabriel que varió de 2.2 a 22.7 t ha⁻¹, un número de frutos por árbol de 36 a 256 y pesos del fruto de 84.3 a 142.8 g; valores superiores a los rendimientos reportados en este trabajo. Torres *et al.* (2008) seleccionaron una parcela con árboles de durazno variedades Diamante y Oro de México donde evaluaron durante 5 años (2001 a 2005) el rendimiento del fruto. En el año 2002 el rendimiento fue de 5.94 y 7.92 t ha⁻¹; mientras que para el año 2005, el rendimiento fue de 20.7 t ha⁻¹. Estos mismos autores indicaron que el rendimiento óptimo de los árboles frutales depende estrictamente del manejo, como la formación estructural y la poda. *P. persica* es un árbol poco longevo, de manera que alcanzará sus máximos rendimientos entre los 15 a 20 años, en función del manejo que reciba (Echegaray, 2013). Para los huertos en Altzayanca, el bajo rendimiento del cultivo es reflejo de un limitado uso de tecnología de producción, a pesar de que el estado de Tlaxcala cuenta con el potencial para el buen desarrollo del durazno (Valencia, 2016). Gutiérrez y Padilla (2004) concluyen que las condiciones de precipitación y horas frío, determinan la respuesta de los árboles de durazno en producción y número de frutos. Por lo que las parcelas cultivadas con *P. persica* var. Escarcha debido a su manejo (Tabla II), muestran diferencias en el número de frutos por árbol, así como el número de árboles establecidos, lo cual se refleja en el rendimiento con base en la producción frutal.

Calidad de frutos de *Prunus persica* (L.) Batsch var. Escarcha

Los frutos de mayor peso, fueron los cosechados en la parcela Lino con un peso promedio de 88.98 g (Tabla VI); menor a lo que señaló el INIFAP (2011) específicamente para la variedad Escarcha (con un peso de 120 a 150 g). No obstante, en términos comerciales, la variedad Escarcha puede tener mejor aceptación en el mercado por su peso a diferencia de lo reportado para otras variedades por Pinedo *et*

al. (2004), Ortíz *et al.* (2007) y García (2006) con valores de 44.1 g para la variedad Diamante, 49 g para la variedad Flordastar y 83.98 g para la variedad Amarillo; sin embargo, los pesos de la variedad Escarcha fueron inferiores a lo reportado para las variedades Dorado y S-65 con 181 y 177 g, respectivamente (Africano *et al.*, 2016; Gutiérrez *et al.*, 2008). La diferencia en peso de las variedades, además de su expresión genotípica, puede deberse a que los frutos en postcosecha sufren de una degradación en la pared celular que genera mayor susceptibilidad a la pérdida de agua por transpiración, por lo cual se ve afectado el peso (Africano *et al.*, 2016).

En cuanto al tamaño, la parcela Argelio fue la que mostró frutos de mayor tamaño (Tabla VI). De acuerdo con la clasificación comercial de tamaño del durazno que establece la NMX-FF-060-SCFI-2009 (DOF, 2009), la variedad Escarcha es óptima para su consumo en fresco y se puede utilizar como insumo para la agroindustria. En general, los diámetros de los frutos de las cuatro parcelas son menores a los reportados por García (2006) para la variedad Amarillo con un diámetro polar de 68 mm y un diámetro ecuatorial de 64 mm; la variedad Escarcha se encuentra en el intervalo de tamaño reportado para otras variedades, 33 a 60 mm (Gutiérrez, 2004; Gutiérrez y Padilla, 2004; Gutiérrez *et al.*, 2005). Se ha reportado que altos niveles de N aplicado a árboles de *P. persica* afectan negativamente el tamaño de los frutos en comparación a los tratados con concentraciones óptimas de N (Daane *et al.*, 1995); lo cual no se cumple en este trabajo, ya que el porcentaje N total encontrado en las parcelas fue bajo (Tabla IV); por lo tanto, las causas de la disminución del pesos pueden ser otras.

La firmeza encontrada para la variedad Escarcha (Tabla VI) fue menor a lo que indica la NMX-FF-060-SCFI-2009 (DOF, 2009), que establece un valor de firmeza mínimo de 34.32 N para evitar daños mecánicos por el transporte y manejo de los frutos. Sin embargo, Crisosto (1994) encontró que los valores de firmeza idóneos para que los frutos logren ser manipulados de forma segura, sin que se produzcan daños mecánicos para no impedir su consumo en fresco están entre 8.82 a 13.72 N; al igual

que Valero et al. (2007) que establecen que frutos con un intervalo de 8 a 35 N son catalogados como listos para comprar, y frutos con 8 a 13 N de firmeza son aquellos listos para consumo. De acuerdo con estos valores, los frutos de la variedad Escarcha pueden ser manipulados de forma segura y se encuentran listos para su consumo. Los valores de firmeza obtenidos para los frutos de las parcelas de Alzayanca, están por debajo de los reportados por Africano *et al.* (2016) para la variedad Dorado (12.81 N) y por Cascales *et al.* (2005) y Ortiz *et al.* (2007) para las variedades Caterin y San Pedro 1633 (65 y 69 N, respectivamente). Por el contrario, Santiago *et al.* (2008) reportaron valores de firmeza de 3.33 y 6.08 N para dos variedades del estado de Oaxaca, menores a los encontrados para la variedad analizada.

Es importante que, para efectos comerciales tener en cuenta que la firmeza de los frutos de durazno tiende a disminuir a medida que avanza la maduración; el ablandamiento del fruto se da como un proceso de modificaciones en la estructura de la pared celular donde se presenta la despolimerización de glucanos y solubilización de pectina (Victoria, 2013; Rodríguez, 1996; Orazem *et al.*, 2013). La disminución de la firmeza también se puede relacionar con una alta concentración de N en el fruto (D'Ambrosio *et al.*, 2013; Santiago *et al.*, 2008), los frutos de la variedad Escarcha no cumplen con esta aseveración (Tabla IV). De acuerdo a la NMX-F-034-1982 (DOF, 1982) los valores de firmeza de los frutos de la variedad Escarcha no impiden su transformación a frutos en conservas.

De acuerdo con los valores de pH, en general, los frutos de *P. persica* var. Escarcha fueron ácidos (Tabla VII); lo cual concuerda con lo que indica Badui *et al.* (2006) que los frutos de durazno tienen un pH ácido (4 a 6). Bonazzola *et al.* (2007) reportaron un pH de 4 a 4.1 para las variedades Flordarking y Forastero, valores similares a los encontrados para la variedad Escarcha. El jugo mostró que los frutos tienen un elevado poder amortiguamiento (pH de 4.29 a 4.58), con alta resistencia a aumentar el pH al agregar agua, si es el caso para efectos comerciales (Cairns *et al.*, 2002).

Ortíz *et al.* (2007) encontraron valores de pH para siete diferentes variedades de durazno de 3.3 a 3.6, (más ácidos que los frutos de la variedad Escarcha); estos autores concluyeron que el pH del jugo es característico para cada variedad y su valor no tiene influencia en la aceptación por parte del consumidor. Badui *et al.* (2006) mencionaron que cuando los frutos llegan a un pH de 6 la enzima fenoloxidasas comienza a actuar, lo que ocasiona el pardeamiento café en los mismos., La NMX-F-034-1982 (DOF, 1982) expresa que para el caso de duraznos en conservas, se puede agregar ácido cítrico como acidulante cuando se requiera alcanzar el pH necesario en los frutos; lo que es importante para variedad Escarcha producida en Altzayanca.

Los valores de CE fueron similares para las cuatro parcelas (Tabla VII). En el estudio hecho por Bonazzola *et al.* (2007) se evidenció la presencia de sales en las variedades Flordarking y Forastero de entre 5.10 a 5.40 mS cm⁻¹, valores por encima de lo encontrado en este trabajo para la variedad Escarcha. La CE permite estimar la tolerancia de los frutos al enfriamiento para su conservación (Paine *et al.*, 2002); la refrigeración comercial permite alargar la vida útil de los frutos de *P. persica* hasta 3 días más que aquellos mantenidos a temperatura ambiente (García, 2006). De acuerdo a los valores de la CE obtenidos, los frutos provenientes de las parcelas Lino y Abel son los más susceptibles a procesos de conservación a bajas temperaturas, ya que presentaron mayor contenido de sales.

Los valores de la ATT (Tabla VII) mostraron que la variedad Escarcha son menores a lo que evidenciaron Africano *et al.* (2016) para la variedad Dorado con un porcentaje de 0.87 %; por Altube *et al.* (2016) con porcentajes de 0.96 % y 0.74 % para la variedad Flavorcrest y por Báez *et al.* (2000) con un porcentaje de acidez de 0.61 % para la variedad Amarillo; pero dentro del intervalo de los datos obtenidos por Hernández (2000) para frutos de durazno criollo con valores de 0.31 a 0.76 %.

Los ácidos orgánicos predominantes en los frutos de *P. persica* son: el ácido málico y el ácido cítrico; estos disminuyen a medida que el fruto madura (Rodríguez *et al.*, 2011; Day *et al.*, 1997; Wu *et al.*, 2003). Wert *et al.* (2009) atribuye que las diferencias de acidez entre los frutos de durazno, puede deberse a las condiciones climáticas y/o de fertilización de las regiones de cultivo.

En cuanto a los SST, se encontraron en este trabajo valores promedio de 6.83 a 10.52 °Brix (Tabla VII). Se encuentran dentro de los límites que establece la NMX-FF-060-SCFI-2009 (DOF, 2009), que estipula que el contenido mínimo de SST en frutos de durazno debe ser 10 °Brix. La parcela Abel tuvo frutos con valores de SST arriba de lo que señala la normatividad mexicana (10.52 °Brix), sin embargo, fueron menores a lo reportado por Africano *et al.* (2016) para la variedad Dorado (11.6 °Brix) y por García (2006) (15.90 °Brix) para la variedad Amarillo. Aunque Crisosto y Kader (2000) mencionaron que no se ha establecido como parámetro de calidad un nivel máximo de azúcares en los frutos de durazno. Sin embargo, el INIFAP (2011) establece específicamente que la variedad Escarcha tiene valores de SST en un intervalo de 12 a 16 °Brix. Lo encontrado en este trabajo evidencia que los frutos de esta variedad no cumplen con lo estipulado por el INIFAP (2011); lo cual puede deberse al manejo dado durante los últimos años y a las condiciones edáficas de las huertas.

X. CONCLUSIONES

Los suelos bajo cultivo de *P. persica* (L.) Batsch var. Escarcha presentaron cierto grado de compactación dado por valores de densidad aparente de 1.11 a 1.2 g cm⁻³, un pH neutro, un contenido de materia orgánica bajo, lo que repercutió en una baja capacidad de intercambio catiónico, así como en una disminución de la actividad microbiana (respiración CO₂).

Los mejores rendimientos de *P. persica* (L.) Batsch var. Escarcha para el ciclo productivo frutal 2018 se presentaron en la parcela Abel con 11.66 t ha⁻¹ y en la parcela Lino 10.88 t ha⁻¹, consecuencia de la respuesta al manejo que le proporciona el propietario, con respecto a los demás productores.

Los frutos de *P. persica* (L.) Batsch var. Escarcha mostraron valores de firmeza bajos respecto a lo que estipula la normatividad mexicana para evaluar la probabilidad de daños mecánicos para embalaje y transporte; los pesos y los grados Brix fueron menores de acuerdo a lo que establece Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias específicamente para esta variedad.

Con base al análisis multivariado, la MO, la CIC, el N total y el P aprovechable tienen una influencia proporcional con el diámetro polar, los grados °Brix y la relación SST/ATT; lo cual indica que a mayor contenido de MO existe un efecto positivo sobre los espacios porosos del suelo y más sitios de intercambio catiónico, lo que beneficia a una mayor absorción de nutrimentos, mismos que permiten un aumento de la altura y los grados Brix en los frutos, lo que se refleja en su madurez fisiológica.

XI. RECOMENDACIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que la aplicación de enmiendas orgánicas de manera paulatina en los suelos bajo cultivo de *P. persica* (L.) Batsch var. Escarcha en Alzayanca, propiciará que la materia orgánica se encuentre en proceso de degradación por la creciente actividad microbiana debido a las reservas orgánicas, lo que provocará una mayor porosidad y más sitios de intercambio catiónico con un efecto positivo en el rendimiento del cultivo, así como un aumento en el tamaño, la concentración de sales y en los grados Brix de los frutos.

XI. LITERATURA CITADA

- Acevedo, E. 2005. Criterios de calidad de suelo agrícola. Ministro de Agricultura. Servicio agrícola y ganadero. Gobierno de Chile. 205 p.
- Africano, K., Almaza, P., Criollo, H., Herrera, A. y Balaguera, H. 2016. Caracterización poscosecha del fruto de durazno [*Prunus persica* (L.) Batsch] cv. Dorado producido bajo condiciones de trópico alto. Rev. Colombiana de Ciencias Hortícolas. 10:232-240 pp.
- Africano, K., Almaza, P. y Balaguera, H. 2015. Fisiología y bioquímica de la maduración del fruto de durazno [*Prunus persica* (L.) Batsch]. Rev. Colombiana de ciencias hortícolas. 4:161-172.
- Agustí, M. 2010. Fruticultura. Mundi-prensa. Madrid, España.
- Aguilera, M., Borie, G., Rokov, P. y Peirano, P. 1988. Bioquímica de suelos derivados de cenizas volcánicas y determinación de deshidrogenasas. Rev. Agricultura Técnica. 48: 147-151 pp.
- Albiach, M., Bonmatí, M., Canet, R., García, C., García, A., Gil, F., González, S., Hernández, M., Jiménez, P., Leirós, C., Lobo, C., Rad, C., Sastre, I. y Trasar, C. 2006. Sobre las enzimas del suelo y sus técnicas de medida. Rev. Edafología. 13: 117-125 pp.
- Alloway, B. 2013. Heavy Metals in Soils, Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. London, United Kingdom.
- Altube H., Ontivero, M., Rivata, R., Baghin, L., Taborda, R. y Blanco, P. 2016. 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 pp.
- Álvarez, S. M. E. y Marín C. A. 2011. Manual de procedimientos analíticos de suelo y planta. Laboratorio de Química. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 31 p.
- Andriculo, A., e Irizar, A. 2017. Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina / editor: Marcelo Germán Wilson. Entre Rios : Ediciones INTA, 2017. pp 65-71.
- Aragón, J. G. B. 2013. Transformaciones socioambientales de una reconversión agrícola; la producción de durazno en el municipio de Altzayanca. Tesis de Doctorado en Desarrollo Regional. El Colegio de Tlaxcala, A.C.
- Badui S., Bourges, H. y Anzaldúa, A. 2006. Química de los alimentos. Pearson. Ciudad de México, México.
- Baéz, R., Troncoso, E., Bringas, R., Ojeda, J. y Mendoza, W. 2000. Efectos de diferentes fuentes de calcio en melocotones (*Prunus persica* L. Batsch) In: II Congreso Iberoamericano de Tecnología de Postcosecha y Agroexportaciones. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 74-77 pp.

- Bastida, F., Zsolnay, A., Hernandez, T. y Garcia, C. 2008. Past, present and future of soil quality indices: A biological perspective. *Rev. Geoderma* 147:159–171.
- Bertsch, F. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos en Costa Rica. 2° ed. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 78 p.
- Bitton G. 1983. Bacterial and biochemical tests for assessing chemical toxicity in the aquatic environment: a review. *Rev. Environmental Control*. 13: 51- 67.
- Bonazzola, C., Alsina, D., Nescier, I. de los M., Santini, Z., Joris, Z. y Gariglio, N. 2007. Composición fisicoquímica del fruto de dos variedades de duraznero cultivadas en el centro-este de la Provincia de Santa Fe. *Rev. Ciencias Agrarias* 5:35-40.
- Borges, J. A., M. Barrios. 2012. Características fisicoquímicas del suelo y su asociación con macroelementos en áreas destinadas a pastoreo en el estado de Yaracuy. *Bioagro*. 24:121-126 pp.
- Budhu, M. 2007. Soil mechanics and foundations. 2da. ed. John Wiley & Sons Inc. New Jersey, USA. 634 p.
- Byrne, D., Nikolic, A. y Burns, E. 1991. Variability in sugars, acids, firmness, and colour characteristics of 12 peach genotypes. *J. Amer. Rev. Horticulture Science*. 116:1004-1006 pp.
- Cairns A., Watson, M., Creanor, S. y Foye, R. 2002. The pH and titratable acidity of a range of diluting drinks and their potential effect on dental erosion. *Journal of Dentistry* 30: 313-317 pp.
- Cairo, P. y Herrera, O. 1994. Algunas propiedades físicas de los suelos. Edafología. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Cambi, M., Hoshika, Y., Mariotti, B., Paoletti, E., Picchio, R., Venanzi, R. y Marchi., E. 2017. Compaction by a forest machine affects soil quality and *Quercus robur* L. seedling performance in an experimental field. *Rev. Forest Ecology and Management* 384: 406-414 pp.
- Campitelli, P., Aoki, A., Gudelj, O., Rubenacker, A. y Sereno, R. 2010. Selección de indicadores de calidad de suelos para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. *Rev. Ci. Suelo*. 28: 223-231 pp.
- Cantú, M., Becker, A., Bedano, J. y Schiavo, H. 2007. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Rev. Ciencia del Suelo* 25: 173-178 pp.
- Cascales, A., Costell, E. y Romojaro, F. 2005. Effects of the degree of maturity on the chemical composition, Physical characteristics and sensory attributes of peach (*Prunus persica*) cv. Caterin. *Rev. Food Science Technology* 11: 345-352 pp.
- Castellanos, J. Z., Uvalle-Bueno, J. X., Aguilar-Santelises, A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. Celaya, Guanajuato, México.
- Carrasco, J., Pastén, J. y Riquelme, J. 2010. Manejo de suelos para el establecimiento de un huerto frutal. *Boletín INIA*, Núm. 207. 81-108 pp.

- Cepeda, D. 2009. Química de suelos. Trillas, México, D.F.
- Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. In *Methods of Soil Analysis*. Wisconsin: Edited by Black, C. A. Recuperado el 29 de noviembre de 2017.
- Chen, Y., Senesi, N. y Schnitzer, M. 1977. Information provide on humic substances by E4/E6 ratio. *Rev. Soil. Sci. Soc.* 41: 352-358 pp.
- Crisosto, C. 1994. Optimum procedures for ripening stone fruit. *Perishables Handling Newsletter*, University of California. Issue N°80, Davis, CA. 22-24 pp.
- Crisosto, C. y Kader, A. 2000. Peach. Postharvest quality maintenance guidelines. Recuperado el 18 de octubre de 2018, de <http://www.uckac.edu/postharv/PDF%>.
- Cruz, G. D. 2010. Cultivos frutícolas. Gobierno departamental Autónomo de Santa Cruz. Perú. Recuperado el 28 de noviembre de 2017, <https://frutales.files.wordpress.com/2011/01/o18-cultivos-frutic3adcolas.pdf>.
- D'Ambrosio, C., Arena, S., Rocco, M., Verrillo, F., Novi, G., Viscosi, V., Marra, M y Scaloni, A. 2013. Proteomic analysis of apricot fruit during ripening. *Rev. J. Proteomics* 78: 39-57 pp.
- Daane K., Johnson, R., Michailides, T., Crisosto, C., Dlott, J., Ramirez, H. y Morgan, D. 1995. Nitrogen fertilization affects nectarine fruit yield, storage qualities, and susceptibility to brown rot and insect damage. *California Agric.* 49(4).
- Day, K., Crisosto, G., Crisosto, C. y Watkins, M. 1997. Survey of white flesh nectarines and peaches. *Rev. Fruit Varieties J.* 52: 184-189 pp.
- De la Rosa, D. 2008. Evaluación agro-ecológica de suelos para un desarrollo sostenible. Mundi prensa, Madrid, España. Circular técnica Núm. 87. 404 p.
- Desnoues, E., Gibon, Y., Baldazzi, V., Signoret, V., Génard, M. y Quilot, B. 2014. Profiling sugar metabolism during fruit development in a peach progeny with different fructose-to-glucose ratios. *Rev. Plant Biol.* 14: 336-348 pp.
- Di Santo, C. E. 2009. Differential expression of α -l-arabinofuranosidase and α -l-arabinofuranosidase/ β -d-xylosidase genes during peach growth and ripening. *Rev. Plant Physiol.* 47:562-569.
- Díaz, C., Herrera, C. y Prada, K. 2017. Características físico-químicas de suelos con relación a su conformación estructural. *Rev. Investigación e Innovación en Ingenierías.* 1: 58-69 pp.
- Doerge, T., Kitchen, N. y Lund, E. 1999. Soil Electrical Conductivity Mapping, Site-Specific Management Guidelines-30, Potash and Phosphate Institute (PPI), United States of America, South Dakota, 4 p. www.ppi-far.org/ssmg.
- DOF. (Diario Oficial de la Federación). 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.
- DOF. (Diario Oficial de la Federación). 2002. NOM-021-SEMARNAT-2000. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, sanidad y clasificación de suelos, estudio, muestro y análisis. Ciudad de México, México.

- DOF. (Diario Oficial de la Federación). 2008. NMX-FF-109-SCFI-2008. Humus de lombriz (lombricomposta), especificaciones y métodos de prueba. Ciudad de México, México.
- DOF. (Diario Oficial de la Federación). 2009. NMX-FF-060-SCFI-2009. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano- fruta fresca -durazno y nectarina *Prunus persica* (L.) Batsch – especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-FF-060- 1993-SCFI).
- Doran, J. y Parkin, T. 1994. Defining and assessing soil quality. *In*: Doran, JW; DC Coleman; DF Bezdieck & BA Stewart (eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. SoilSci. Soc. Am., Madison, WI, 3-21 pp.
- Doran, J. y Zeiss, M. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology* 15: 3-11.
- Echegaray, Y. F. 2013. Características botánicas del cultivo de durazno. México, Ciudad de México, México. Recuperado el 23 de Noviembre de 2017, <http://durazno16.blogspot.com/2013/09/caracteristicas-botanicas-del-cultivo.html>.
- Eswaran, H., Lal, R. y Reich, P. F. 2001. Land degradation: an overview. *In*: Bridges, E. M.; Hannam, I. D., Oldeman, L. R., Pening de Vries, F. W. T., Scherr, S. J. and Sompatpanit, S. (Eds.). Responses to land degradation. Proc. 2nd. International Conference on Land Degradation and Desertification, Khon Kaen, Thailand. Oxford Press, New Delhi, India. 254 p.
- FAOSTAT. 2016. Fruticultura Blog. Recuperado el 29 de noviembre de 2017, de <https://fruticulturablog.wordpress.com/2016/05/14/la-fruticultura-en-mexico/>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2015. Boletín del Año Internacional de los Suelos América Latina y el Caribe. Suelos degradados: una amenaza para la Seguridad Alimentaria. 9 p.
- Fernández, R., Clark, J., Collins, C., Parras, A. y Lozano, G. 2016. Evaluation of optical techniques for characterizing soil organic matter quality in agricultural soils. *Rev. Soil Tillage*. 155: 450-460 pp.
- Ferreras, L., Magra, G., Besson, P., Kovalevski, E. y Garcia, F. 2007. Indicadores de calidad física en suelos de la Región Pampeana Norte de Argentina bajo siembra directa. *SciELO* 25: 159-172.
- Forshey, C. G., Elfing, D. C. y Stebbins, R. L. 1992. Training and pruning apples and pear trees. American Society for Horticultural Science. Virginia, USA.
- Font i Forcada, C., Gogorcena, Y., Moreno, M.Á., 2012. Agronomical and fruit quality traits of two peach cultivars on peach-almond hybrid rootstocks growing on Mediterranean conditions. *Sci. Hortic.* 140, 157–163.
- Fuentes, H. R. 2011. Métodos de análisis de suelos y plantas. Trillas. Ciudad de México, México.

- Galantini, J. y Rosell, R. 2006. Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils. *Rev. Soil Till.* 87: 72-79 pp.
- Gapper, N., McQuinn, R. y Giovannoni, J. 2013. Molecular and genetic regulation of fruit ripening. *Rev. Plant Mol. Biol.* 6:575- 591 pp.
- García, D. 2006. Caracterización física y química de duraznos (*Prunus persica* (L.) Batsch) y efectividad de la refrigeración comercial en frutos acondicionados. *Rev. Bioagro.* 18:115-121.
- García, A., y Correa, D. 2010. Uso de indicadores de calidad del suelo como estrategia para prevenir su degradación. In: Sociedad ecuatoriana de la ciencia del suelo, 1-19 pp.
- García, L. A. y Quinke, A. 2012. El Potasio (K) en la Producción de Cultivos de Invierno. Serie Actividad de Difusión No. 677. INIA. Argentina. 9-14 pp.
- García, Y., Ramírez, W. y Sánchez, S. 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Rev. Pastos y forrajes.* 35: 125-138.
- García, G., Hernández, A., Acevedo, S. y Prieto, G. 2014. Cu, Fe, Mn y Zn en suelos agrícolas localizados al noroeste de Tlaxcala, México. *Rev. Iberoamericana de Ciencias.* 1: 205-212 pp.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, S., Cruz, G., Encina, A. 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea-Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxemburgo. 176 p.
- Garza, J. 2015. SEMARNAT (Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural y pesca). <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/tlaxcala/boletines/Paginas/B0222015.aspx>.
- Gieguzynska E. 1998. Studies on humic acids in eroded soils of Western Pomerania. Slovak Agricultural University, Nitra. 35 pp.
- Glab, T. 2014. Effect of soil compaction and N fertilization on soil pore characteristics and physical quality of sandy loam. *Rev. Soil and Tillage Research* 144: 8-19 pp.
- González, G. A. y Trejo, L. 2008. Nutrición de cultivos. Colegio de Postgraduados. Estado de México, México.
- Gorny, J., Hess, B. y Kader, A. 1999. Postharvest physiology and quality maintenance of fresh-cut nectarines and peaches. *Rev. Horticultura.* 48: 173-179 pp.
- Gratacós, N. 2011. El cultivo del duraznero, *Prunus persica* (L.) Batsch. Apuntes para la cátedra de Fruticultura de hoja caduca. Recuperado el 25 de noviembre de 2017, de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/211462.pdf>.
- Gutiérrez, A. F. y Padilla R. J. S. 2004. Rendimiento y calidad del fruto de durazno tipo San Gabriel de maduración temprana. *Rev. Agricultura Técnica en México.* 30:75-88.
- Gutiérrez, A., Padilla, R., y Reyes, M. 2005. Características de fruto de durazno (*Prunus persica* L. Batsch) "San Gabriel" de floración tardía en Aguascalientes. In: Memorias

- de artículos en extenso XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Chihuahua, Chih., México. 197-200 pp.
- Gutiérrez, A. F., R. J. S. Padilla, M. L. Reyes. 2008. Fenología, producción y características de fruto de selecciones de durazno (*Prunus persica* L. Batsch.) Ana en Aguascalientes. Rev. Chapingo serie Horticultura 14:23-32 pp.
- Gutiérrez, A. J. 2007. Pre-commercial sorting line for peaches firmness assessment. Food eng (8), 721-727. doi:10.1021/jf020136b.
- Guerrero, P., Quintero, R., Espinoza, V., Benedicto, G. y Sánchez, M. 2011. Respiración de CO₂ como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de Lupinus. Rev. Terra Latinoamericana. 30: 355-362 pp.
- Hancock, J., Scorza, R., Lobos, G. 2008. Peaches in Temperature fruit crop breeding: Germplasm to Genomics. Dordrecht, The Netherland. 265-298 pp.
- Herrera, C. A., Laitón, A. y Sánchez, G. 2006. Manejo poscosecha en durazno y ciruelo. Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias. Bogotá.
- Hernández, L., Munive, J., Sandoval, E., Martínez, D. y Villegas, Ma. C. 2013. Efecto de las prácticas agrícolas sobre las poblaciones bacterianas del suelo en sistemas de cultivo en Chihuahua, México. Rev. Mexicana de Ciencias Agrícolas. 4: 353-365 pp.
- Hiwasa, K. y Ezura, H. 2014. Physiology and metabolism. In: Fruit ripening: Physiology, signalling and genomics. (Ed.). National Botanical Research. Vol. 1. Harback. 1-336 pp.
- Hünemeyer, J.A. 1997. Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: indicadores para la agricultura y los recursos naturales. IICA/GTZ. San José, Costa Rica. 157 p.
- Ibáñez, J. 2008. Un Universo invisible bajo nuestros pies, los suelos y la vida. Recuperado el 2 de diciembre de 2017, de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/01/29/83481>
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Altzayanca, Tlaxcala. Ciudad de México, Ciudad de México, México: Clave geoestadística 29004. Recuperado el 20 de noviembre de 2017, de http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/29/29004.pdf
- INIFAP. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2011. Variedades mejoradas y selecciones de durazno del INIFAP. Querétaro, México. Recuperado el 19 de Diciembre de 2017, de file:///C:/Users/End%20User/Desktop/Bibliograf%C3%ADa%20Prunus%20persica_suelos/variedades%20mejoradas%20y%20seleccionadas%20de%20durazno_INIFAP.pdf.
- INIFAP. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2012. variedades alternativas de durazno y su manejo fitosanitario para zonas frías de Tlaxcala. Querétaro, México. Recuperado el 28 de Noviembre de 2017, de http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/15/2013/anuales/anu_885-25-2014-05-5.pdf.

- Jackson, L. M. 1982. Análisis químico de suelos. Omega. Barcelona, España.
- Jaramillo, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Medellín, Colombia.
- Jenkinson, D. y Ladd, J. 1981. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. *Rev. Soil Biochemistry*. 5: 415-471 pp.
- Juárez, M., Franco, M., Jaens, T. y Palmira, V. 2009. Manual de prácticas de laboratorio de química ambiental II. Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Departamento de Ciencias Básicas. 24-31 pp.
- Kaschuk, G., Alberton, O. y Hungria, M. 2011. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. *Plant and Soil* 338: 467-481.
- Kay, R. 1993. Fruticultura, Ciencia y Arte. AGT, editor S.A., México. 400 p.
- Keesstra, S.D., Quinton, J.N., Van Der Putten W.H., Bardgett, R.D. y Fresco, L.O. 2016. The significance of soils and soil science: Towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. *Rev. Soil*. 2:111–128 pp.
- Lavado, R. 2006. La región Pampeana: Historia, características y uso de sus suelos. En: *Materia Orgánica “Valor Agronómico y Dinámica en Suelos Pampeanos”*. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 12 p.
- López, A. y Argaiz, A. 1993. Sustitución parcial de sacarosa y ácido cítrico en duraznos conservados por factores combinados. *Información Tecnológica* 5:27-31.
- Lisetskii, F., Stolba V. y Marinina, O. 2015. Indicators of agricultural soil genesis under varying conditions of land use, Steppe Crimea. *Rev. Geoderma*. 239: 304-316.
- Luchsinger, L., Ortin, P., Reginato, G. y Infante, R. 2002. Influence of canopy fruit position on the maturity and quality of ‘Angel’ peach. *Acta Hortic*. 592: 515-521.
- Mahecha, J., Trujillo, J. y Torres M. 2015. Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari, Departamento del Meta. *Rev. Orinoquia*. 19: 118-122 pp.
- Masera, O. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS. GIRA. Mundi-Prensa e Instituto de Ecología-UNAM. México. 109 p.
- Martin, N. y Adad, I. 2006. Generalidades más importantes de las ciencias del suelo. En: *Disciplina Ciencias del Suelo. Tomo I. Pedología*. Universidad Agraria de La Habana. Cuba. 504 p.
- Marinari, S., Mancinelli, R., Campiglia, E., Grego, S. 2006. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. *Rev. Ecological Indicators*. 1: 701-711 pp.
- Montes, M. R. 2016. Guía para cultivar duraznero en Tlaxcala. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Tlaxcala, México. Recuperado el noviembre de 2017, de <http://www.inifap.gob.mx>.

- Montoya, S., Menjivar, F., y Bravo, R. 2013. Fraccionamiento y cuantificación de la MO en Andisoles bajo diferentes sistemas de producción. *Rev. Acta Agronómica* 6: 333-343 pp.
- Moreno, C., González, M. y Egido, J. 2015. Influencia del manejo sobre la calidad del suelo. *Rev. Científica Ecuatoriana*. 1: 33-40 pp.
- Motta, B. 1990. Métodos analíticos del Laboratorio de Suelos. IGAC. Bogotá.
- Murphy, B. 2014. Soil Organic Matter an Soil Function-Review of the Literature and Underlyng Data. Effects of soil organic matter on functional soil properties. Project in the Grains Research and Development Corporation and Departament of the Enviroment. "Improved management of soil organic matter for sustainable" Cropping. Australian Goverment. Departament of the Enviroment.
- Nannipieri, P. et al. 2003. Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*. 54: 655
- Obade, V. de P. y R. Lal. 2016. Towards a standard technique for soil quality assessment. *Rev. Geoderma*. 265: 96-102 pp.
- Orazem, P., Mikulic, M., Stampar, F. y Hudina, M. 2013. Changes during the last ripening stage in pomological and biochemical parameters of the 'Redhaven' peach cultivar grafted on different rootstocks. *Rev. Ciencias Hortícolas*. 160: 326-334 pp.
- Orsag, V. 2010. El recurso suelo principios para su manejo y conservación. Universidad Mayor de San Andrés. San Pedro, Bolivia. 473 p.
- Ortiz, C. y González, G. 1989. Rentabilidad de la producción de duraznos para consumo fresco. IPA, La Platina N° 51. Recuperado el 20 de noviembre de 2018, de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR08668.pdf>.
- Ortiz, Z., Güemes, A., Gariglio, N. y Pirovani, M. 2007. Comparación de la calidad de duraznos de diferentes variedades cultivadas en la región centro-este de la provincia de Santa Fe. *Rev. Ciencias Agrarias* 6: 27-33 pp.
- Orellana, R. 2001. La conservación del suelo, requisito fundamental para mantener la diversidad de plantas cultivadas. *Agricultura Orgánica I*. Recuperado el 19 de febrero de 2019, de http://www.actaf.co/revistas/revista_ao_95-2010/Rey%202001-1/09-ConservaciónSuelos.pdf.
- Otero, L., Ortega, F. y Morales, M. 1998. Participación de la arcilla y la materia orgánica en la capacidad de intercambio catiónico de Vertisoles de la Provincia Granma. *Rev. Terra*. 16: 189-194 pp.
- Padilla, B. L. E. y Pérez, V. O. 2008. El consumidor potencial de durazno (*Prunus persica*) orgánico en Zacatecas, Aguascalientes y San Luis Potosí. *Rev. Agrociencia*. 42: 379-389 pp.
- Paine D., Repo, T. y Taylor, S. 2002. Electrical impedance spectroscopy in relation to seed viability and moisture content in snap vean (*Phaseodus vulgaris* L.) *Rev. Seed Science Research*. 12: 17-29 pp.
- Parkin, T., Doran, J. y Franco, E. 1996. Field and laboratory tests of soil respiration. 231-246 pp. In: J.W. Doran and A.J. Jones (eds.) *Methods for assessing soil quality*. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ. 49. SSSA, Madison, WI.

- Paz, J., y Fu, S. Biological Indices for Soil Quality Evaluation: Perspectives and Limitations. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
- Pérez, E. 2013. Análisis de fertilidad de suelos en el Laboratorio de Química del Rencinto de Grecia, sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. Rev. Intersedes. 14:6-18 pp.
- Pinedo, E., Cortés, J., Colinas, L., Turrent, F., Alcazar, G., Rodríguez, A., Livera, M. y Hernández, F. 2004. Calidad del fruto de durazno “Diamante” y “CP-88-8” intercalados en maíz y frijol. Rev. Chapingo Serie Horticultura 10:211-218 pp.
- Pires, L., Borges, J., Rosa, J., Cooper, M., Heck, R., Passoni, S. y Roque, W. 2017. Soil structure changes induced by tillage systems. Rev. Soil Till. Res. 165: 66-79 pp.
- Quiroga, A., Buschiazzo, D. y Peinemann, N. 1998. Management discriminant properties in semiarid soils. Rev. Soil Science. 163: 591-597 pp.
- Quiroga, A y Funaro, D. 2003. Indicadores de calidad de suelos. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de: <http://www.aacrea.org.ar/soft/nro275.htm>.
- Quiroga, A. y Funaro, D. 2004. Materia orgánica, factores que condicionan su utilización como indicador de la calidad en molisoles de las regiones semiárida y subhúmeda pampeana. XIX C.A.C.S., Paraná. Resumen pág. 476, trabajo en CDROM.
- Ramírez, M. 2004. Indicadores de estado: factores biológicos que limitan la calidad agrícola de los suelos. En: Primer Taller Nacional sobre indicadores de calidad del suelo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Palmira, Colombia.
- Ramos, E. y Zúñiga, D. 2008. Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel laboratorio. Rev. Ecología aplicada. 7:123-130.
- Richards, L. 1990. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos (Sexta ed.). México: Limusa. Recuperado el 22 de noviembre de 2017.
- Rodríguez, A., Villegas, M., Soto, H. y Silveira, M. 1996. Patrón de maduración de durazno ‘Flordaprince’. Rev. Horticultura Mexicana 4: 119-129 pp.
- Rodríguez F. H., Rodríguez A. J. 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas. Trillas. México, D. F.
- Rodríguez, A., Fortiz, J. y Villegas, M. 2011. Cambios en enzimas pectolíticas durante la maduración del durazno ‘Flordaprince’. Rev. Interciencia 36: 65-70 pp.
- Rodríguez C. J., Cortiza M. A. W., Pereira M. C. A., Chacón I. A., Gattorno M. S., Rodríguez L. O., Rodríguez U. A., Jiménez C. R. y Torres A. P. N. 2015. Determinación VIS/NIR del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas pardos mullidos medianamente lavados. Centro Agrícola 42 5-12.
- Rodríguez, A., Acevedo, D., Álvarez, E. y Uribe, M. 2016. Indicadores de calidad de un suelo para la producción de maíz bajo sistemas agroforestal y monocultivo. Rev. Mexicana de Ciencias Agrícolas. 16: 3263-3275 pp.
- Rodríguez Zamudio Z. 2017. Análisis de la estructura arbórea de encinos para la producción de carbono vegetal y el impacto en el suelo. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala de Xicohténcatl, Tlaxcala. 55 p.

- Romero, C., García E., Hernández, E. 2015. Materia orgánica y densidad aparente en suelos del suroeste de La Malinche, Tlaxcala, México. *Rev. Iberoamericana de Ciencias*. 2: 63-70 pp.
- Ryugo, K. 1993. *Fruticultura Ciencia y Arte*. AGT. México.
- Sánchez, G. 2010. Manejo integral de la nutrición del duraznero. Colegio de Postgraduados, campus Montecillo, In: VI Congreso Nacional Sistema Producto Durazno, México. 71-82.
- Sánchez, D. E. 2011. *Manual de Procedimientos Analíticos para Suelos y Plantas*. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Santibáñez, C. 2009. Evaluación de la actividad microbologica del suelo. Recuperado el 19 de febrero de 2019, de <http://www.dgf.uchile.cl/mece>.
- Sapek, B. y Sapek, A. 1999. Determination of optical properties in weakly humified samples. *Dziadowieec. The study of soils organic matter the methodical guide* Warszawa, Poland.
- Santiago, E., Cortés, J., Turrent, A., Hernández, E. y Jaen, D. 2008. Calidad del fruto del duraznero en el sistema milpa intercalada con árboles frutales en laderas. *Rev. Agricultura técnica en México*, 34:159-166.
- Schinitzer M. 1967. Humic-fulvic acid relationships in organic soils and humification of the organic matter in these soils. *Soil Science*. 47:245-250 pp.
- Segura, C., Guzmán, S., Ortiz, S. y Guitierrez, C. 2005. Carbono orgánico de los suelos de México. *Rev. Terra Lationamericana*. 23: 21-28 pp.
- Sena, M., Frighetto, R., Vlarini, P., Tokeshi, H. y Poppi, R. 2002. Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: a multivariate analysis case study. *Rev. Soil Till Res*. 67: 171-181 pp.
- SEMARNAT. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. *Suelos*. Ciudad de México, México. Recuperado el 15 de noviembre de 2017, de http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf.
- Seta, S. y M. Moyano. 2007. Duraznos para el consumo en fresco en Santa Fe. ¿Cómo definir su momento óptimo de cosecha?. *Cátedra de Cultivos Intensivos. Rev. Agromensajes* 23:1544-1545 pp.
- Shao, Y., Weixin, Z., Juecui, S., Lixia, Z., Hanping, X., Wensheng, S. y Shenglei, F. 2008. Nematodes as indicators of soil recovery in tailings of a lead/zinc mine. *Rev. Soil Biology and Biochemistry*. 1: 2040-2046 pp.
- Shaxson, F. y Barber, R. 2005. Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal, el significado de la porosidad del suelo. FAO. Roma, Italia. 105 p.
- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*, 12th edition. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Stryder, L. 1995. *Biochemistry*. 4th Edition. Freeman and Company, New York. 385 p.

- Ting, S. (1956). Rapid Colorimetric Methods for Simultaneous Determination of Total Reducing Sugars and Fructose in Citrus Juices. *Agric. Food*, 263-266. Recuperado el 24 de noviembre de 2017.
- Tisdale, S y Nelson, W. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Montaner y Simón. Barcelona, España.
- Torres, J. P., Cortés, J.I., Turrent, A., Hernández, E. y Muratalla, A. 2008. Rendimiento de fruto y número de ramas principales en árboles de durazno intercalados con milpa. *Terra Latinoamericana*. 26: 265-273 pp.
- UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification).1996. Desertification, particularly in África. Recuperado el 30 de abril de 2018, de www.unccdint/convention/text/convention.php.
- Vallejo, V. 2013. Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. *Colombia Forestal* 16(1): 83.
- Vallejo, V. E., Afanador, L.N., Hernández, M.A. y Parra, D.C. 2018. Efecto de la implementación de diferentes sistemas agrícolas sobre la calidad del suelo en el municipio de Cachipay, Cundinamarca, Colombia. *Rev. Bioagro*. 30: 27-38 pp.
- Valencia, P. R. 2016. Problemática fitosanitaria del durazno y su manejo en Tlaxcala. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Tlaxcala, México. Recuperado el 20 noviembre de 2017, de <http://www.inifap.gob.mx>.
- Valero, C., Crisosto, C. y Slaughter, D. 2007. Relationship between nondestructive firmness measurements and commercially important ripening fruit stages for peaches, nectarines and plums. *Rev. Postharvest Biol. Technol.* 44: 248-253 pp.
- Vázquez, M.E. 2005. Calcio y Magnesio, acidez y alcalinidad del suelo. Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. 161 pp.
- Versari, A., Castellari, M., Parpinello, G., Riponi, C. y Galassi, S. 2002. Characterization of peach juices obtained from cultivars Redhaven, Suncrest and Maria Marta grown in Italy. *Food chemistry*.
- Victoria M., Chaves, S., Mendoza, Y., Molina, J. y Sangerman, D. 2013. Diseño, fabricación y evaluación del prototipo de simulación de esfuerzos dinámicos en durazno (*Prunus persica*). *Rev. Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4: 933-945 pp.
- Von Mersi, W. y Schinner, F. 1991. An improved and accurate method for determining the dehydrogenase activity of soils with iodinitrotetrazolium chloride. *Rev. Biology and Fertility of Soils*. 11: 216-220 pp.
- Weber, M., D. Güemes, M. Pirovani, A. Piagentini, A. Zanuttini y N. Gariglio. 2003. Características del fruto del duraznero "flordaking" cultivado en la zona centro-este de la provincia de Santa Fe, Argentina. *Rev. FAVE* 2:30-35.
- Wert, T., Williamson, J., Chaparro, J., Miller, E. y Rouse, R. 2009. The influence of climate on fruit development and quality of four low-chill peach cultivars. *Rev. Ciencias Hortícolas* 44: 666-670 pp.

- Wu, B., Quilot, B., Kervella, J., Génard, M. y Li, S. 2003. Analysis of genotypic variation of sugar and acid contents in peaches and nectarines through the principle component analysis. *Rev. Euphytica* 132: 375-384 pp
- Yahía, E.M. y Ellis-Irigoyen, L. 2002. Frutas y hortalizas en la nutrición humana. *Rev. Horticultura*. 161:1-9.
- 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.
- Zamboni, C., Ballesteros, G., Zamudio, S. y Adriana, M. 2006. Caracterización de ácidos húmicos y fúlvicos de un molisol bajo dos coberturas diferentes. *Rev. Colombiana de Química*. 35: 191-203 pp.
- Zbythiewski, A. y Buszewski, B. 2005. Characterization of natural organic matter derived from sludge compost. *Biores Technol.* 96:479-484.