



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, FISICOQUÍMICA Y FITOQUÍMICA
DE NÍSPERO (*Eriobotrya japonica* Lindl.) EN TRES REGIONES DE
MÉXICO**

TESIS

**Que como requisito parcial para
obtener el grado de:**

MAESTRA EN CIENCIAS EN BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA

Presenta:

LINA XIMENA PARRADO MUÑOZ

Bajo la supervisión de: MARGARITA GISELA PEÑA ORTEGA, Dra.



Instituto de Horticultura

Chapingo, Estado de México, diciembre de 2021

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, FISICOQUÍMICA Y FITOQUÍMICA DE
NÍSPERO (*Eriobotrya japonica* Lindl.) EN TRES REGIONES DE MÉXICO**

Tesis realizada por **LINA XIMENA PARRADO MUÑOZ** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA

DIRECTOR:



Dra. MARGARITA GISELA PEÑA ORTEGA

CO-DIRECTOR:



Dr. JUAN GUILLERMO CRUZ CASTILLO

ASESOR:



Dra. DIANA GUERRA RAMÍREZ

ASESOR:



Dr. JUAN MARTÍNEZ SOLÍS

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
DATOS BIOGRÁFICOS	viii
RESUMEN GENERAL	ix
GENERAL ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	11
1.1. Literatura citada	12
2. REVISIÓN DE LITERATURA	123
2.1. El níspero (<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.)	13
2.2. El fruto del níspero	20
2.3. Compuestos fenólicos y antioxidantes	24
2.4. Literatura citada	27
3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DEL NÍSPERO EN TRES REGIONES DE MÉXICO	31
3.1. Introducción	33
3.2. Materiales y métodos	34
3.3. Resultados y discusión	36
3.4. Conclusiones	42
3.5. Literatura citada	43
4. FITOQUÍMICOS EN NÍSPERO EN TRES REGIONES DE MÉXICO	47
4.1. Introducción	49
4.2. Materiales y métodos	50
4.3. Resultados y discusión	54
4.4. Conclusiones	59
4.5. Literatura citada	59
5. CONCLUSIONES GENERALES.	63

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido de vitaminas y minerales en pulpa de fruto maduro de níspero (<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.).	23
Cuadro 2. Agrupaciones de características morfológicas de frutos de níspero (<i>Eriobotrya japonica</i> L.).....	36
Cuadro 3. Mediciones morfológicas de frutos de níspero (<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.) de tres regiones mexicanas.	37
Cuadro 4. Mediciones morfológicas de frutos de níspero (<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.) de diferentes tipos de plantaciones.....	40
Cuadro 5. Mediciones fisicoquímicas de frutos de níspero (<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.) de tres regiones mexicanas y tres tipos de plantaciones.....	41
Cuadro 6. Contenido de fenoles totales (CFT), flavonoides totales (CF) y capacidad antioxidante por ensayos FRAP y ABTS en frutos de níspero (<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.) de tres regiones de México.....	54
Cuadro 7. Contenido de fenoles totales (CFT), flavonoides totales (CF) y capacidad antioxidante por ensayos FRAP y ABTS en frutos de níspero (<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.) de tres tipos de plantaciones.....	56
Cuadro 8. Mediciones fitoquímicas: azúcares totales y carotenoides totales de frutos de níspero (<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.) de tres regiones mexicanas.....	57
Cuadro 9. Mediciones fitoquímicas: azúcares totales y carotenoides totales de frutos de níspero (<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.) de tres tipos de plantaciones.	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Origen y expansión del cultivo del níspero (<i>Eriobotrya japonica</i> L.). Fuente: Badenes <i>et al.</i> , (2009).....	164
Figura 2. Descripción botánica del níspero. A) hoja, B) base de la hoja mostrando estípula ventral y lateral, C) porción de la rama inflorescente, D) inflorescencia de las brácteas, E) sección longitudinal de la flor, F) pétalos, G) estambre, H) sección longitudinal del gineceo, I) infructescencia, J) sección longitudinal del fruto. Fuente: Zappi & Turner (2001).....	15
Figura 3. Inflorescencia del níspero. A) Panícula de níspero antes de la floración. B) Polinización de níspero. Fuente: Jiménez (2017).....	15
Figura 4. A) fruto de níspero. Fuente: López (2010). B) Árbol de níspero injertado en membrillero de Provence. Fuente: Jiménez (2017).	16
Figura 5. Zonas de distribución del cultivo de níspero (<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.). Fuente: Calabrese (2006).	17
Figura 6. Modelo de crecimiento del fruto de níspero (<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl). Fuente: Blumenfeld (1980)..	21
Figura 7. Estructura de compuestos fenólicos. A) Ácidos fenólicos, B) Flavonoides. Fuente: López (2010).	26
Figura 8. Componentes de frutos de níspero en gramos. PC: Peso cascara, PS: Peso semillas, PP: Peso pulpa..	38
Figura 9. Tamaño y color de frutos de níspero (<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.) de regiones del Estado de México, Oaxaca y Veracruz. La regla amarilla indica una medición de 5 cm.....	38

DEDICATORIA

A mi madre: Ledy Muñoz Tecano, quien con su apoyo, sus enseñanzas, su amor y sus valores, ha logrado educarme y enseñarme lo que hoy en día me hace ser la mujer que soy. A ella, quien ha hecho todo lo posible para que yo cumpla cada una de las metas que me he propuesto en la vida. Para usted madre mía, mi más grande motivación en la vida.

A mi padre: Fermín Parrado Rincón, quien educó a una niña que hoy se convirtió en una mujer con grandes objetivos en la vida. A usted padre mío, gracias por cada consejo de vida.

A mis hermanos: Solmar Esteban Parrado Muñoz y Ronaldo Andrés Parrado Muñoz, por sus consejos, cariño y compañía. Ustedes son el motor que me impulsa a cumplir objetivos como este.

A mi familia en general, por sus consejos y gran apoyo siempre.

A mi novio, Erick Cervantes Granados, por estar para mí en momentos difíciles, quién me ha brindado su amor y compañía en los mejores momentos, pero también en los malos y sus cuidados en la enfermedad.

A todos mis maestros, desde el inicio de mi educación primaria, la secundaria, la universidad y el posgrado, que influyeron con sus lecciones y experiencias en mi preparación para afrontar los retos que me impone la vida.

A todos mis amigos en Colombia y México, que siempre han creído en mí, que me han entregado su cariño, su empatía y su tiempo, por mí y mi felicidad.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo por permitir mi ingreso a la Maestría y ser parte fundamental de mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por brindarme el apoyo económico durante la realización de mi Maestría.

A la Doctora Margarita Gisela Peña Ortega, por su apoyo y por dirigir de manera atenta esta tesis de Maestría.

A la Doctora Diana Guerra Ramírez por su apoyo, tiempo y dedicación para que este proyecto se llevara a cabo de forma exitosa.

Al Doctor Juan Guillermo Cruz Castillo por co-dirigir esta tesis y participar de manera conjunta para poder realizar este trabajo.

Al Doctor Juan Martínez Solís por ser parte del comité asesor, por su tiempo y colaboración en este proyecto.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre: Lina Ximena Parrado Muñoz

Fecha de nacimiento: 17 de abril de 1995

Lugar de nacimiento: Cumaral, Meta, Colombia

Nacionalidad: Colombiana

CURP: PAML950417MNERXN01

Profesión: Ingeniero Agrícola

Desarrollo académico

Bachillerato: Colegio Nacionalizado José Antonio Galán
Cumaral, Meta, Colombia.

Licenciatura: Ingeniera agrícola
Universidad Surcolombiana (2014-2018)
Neiva, Huila, Colombia

RESUMEN GENERAL

Caracterización morfológica, fisicoquímica y fitoquímica de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) en tres regiones de México

En México, el cultivo comercial de frutos de níspero es poco frecuente y generalmente se fomentan en huertos o jardines. El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad de frutos de níspero de tres regiones de México. Se midieron: pesos de fruto completo, cáscara, pulpa y semillas; dimensiones y la relación pulpa/fruto (P/F). En pulpa fresca se determinaron: pH, acidez titulable y SST y en la pulpa liofilizada: fenoles, flavonoides, carotenoides, azúcares totales y capacidad antioxidante. Los frutos pesaron entre 8.6 ± 0.4 - 19.8 ± 0.3 g y la relación P/F estuvo en el rango de 64.0 ± 0.4 - 70.2 ± 0 %. Los frutos del Estado de México y de cultivos comerciales fueron los de mayor peso, dimensiones y relación P/F. La acidez de la pulpa mostró variaciones entre 0.6 ± 0.06 - 0.93 ± 0.07 %. Veracruz y Estado de México mostraron los valores más altos, mientras que los SST se encontraron entre 14.5 ± 0.3 - 17.3 ± 0.4 °Brix, los mayores para Veracruz y Oaxaca. La concentración de fenoles totales se encontró entre 3.2 ± 0.1 - 3.8 ± 0.2 mg EAG g-1bs, de éstos, los flavonoides representan entre 55.2-68.4 %, para estos parámetros los frutos de Veracruz y los de jardines, mostraron las concentraciones más altas, para fenoles estos junto a los de Estado de México y los comerciales. El rango de los carotenoides fue de 30.3 ± 8.4 - 75.4 ± 7.3 µg Eβ-C g-1bs con mayor contenido en frutos de Estado de México, Oaxaca, cultivos comerciales y huertos. La capacidad antioxidante por los ensayos ABTS y FRAP fueron 23.9 ± 0.8 - 28.2 ± 1.4 y 20.2 ± 1.1 - 22.5 ± 1.5 µmol ET g-1bs, respectivamente, la mayor capacidad antioxidante se encontró en frutos de Veracruz, huertos y jardines. La metodología FRAP y el contenido de azúcares no mostraron diferencias ($p \leq 0.05$). Las variaciones entre los frutos podrían estar determinadas por el manejo agronómico, condiciones climáticas y genotipo. Los resultados obtenidos en este trabajo pueden ser de utilidad para futuros estudios de mejoramiento genético.

Palabras clave: *Eriobotrya japonica* Lindl., morfología, parámetros fisicoquímicos, propiedades antioxidantes.

GENERAL ABSTRACT

Morphological, physicochemical and phytochemical characterization of loquat fruit (*Eriobotrya japonica* Lindl.) from three regions of Mexico

In Mexico, the loquat commercial plantations are infrequent and generally are grown in orchards and gardens. The aim of this research was to assess loquat fruit quality from three regions of Mexico. Measured traits were: full fruit weight, peel weight, pulp weight, seed weight; dimensions and pulp/fruit ratio (P/F). In fresh pulp was determined: pH, titratable acidity and TSS and for lyophilized pulp: phenols, flavonoids, carotenoids, total sugars and antioxidant capacity were determined. Fruit weighed between 8.6 ± 0.4 - 19.8 ± 0.3 g and the P/F ratio was on 64.0 ± 0.4 - 70.2 ± 0 % range. Fruits from State of Mexico and commercial crops were the highest weight, dimensions and P/F ratio. Acidity of the pulp showed variations between 0.6 ± 0.06 - 0.95 ± 0.07 %. Veracruz and State of Mexico showed the highest value while TSS was found between 14.5 ± 0.3 - 17.3 ± 0.4 °Brix, the highest for Veracruz and Oaxaca. Total phenols concentration was found between 3.2 ± 0.1 - 3.8 ± 0.2 mg EAG g⁻¹_{bs}, flavonoids represent between 55.2-68.4 %, for these parameters fruits from Veracruz And gardens showed the highest concentration, for phenols along with the State of Mexico and commercial fruits. The carotenoids range was 30.3 ± 8.4 - 81 ± 7.3 µg Eβ-C g⁻¹_{bs} with higher content in fruits from the State of Mexico, Oaxaca, commercial crops and orchards. The antioxidant capacity by the ABTS and FRAP assays were 23.9 ± 0.8 - 28.2 ± 1.4 and 20.2 ± 1.1 - 22.5 ± 1.5 µmol ET g⁻¹_{bs}, respectively, the highest antioxidant capacity was found in Veracruz, orchards and gardens. FRAP methodology and sugar content didn't show differences ($p \leq 0.05$). Variations between fruits could be determined by agronomic management, climate conditions and genotype. The results achieved in this research could be useful for future breeding research.

Keywords: *Eriobotrya japonica* Lindl., Morphology, physicochemical parameters, antioxidant properties.

Thesis, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Ing. Lina Ximena Parrado Muñoz
Advisor: Dra. Margarita Gisela Peña Ortega

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) es un árbol de hoja perenne que es originario de China (Lin *et al.*, 1999) pero se cultiva ampliamente en muchos países como Japón, España, India y Brasil. Los frutos de níspero son pomos de color amarillo pálido a naranja intenso, de forma ovalada y pesan entre 30 y 150 g. En la actualidad existe un creciente interés en los alimentos de buen sabor, atractivos y que promuevan la salud de los consumidores. Los frutos de níspero, además de su sabor agradable, contienen una serie de fitoquímicos activos como fenoles y carotenoides, sustancias capaces de eliminar los radicales libres que ocasionan daños a las células. Tanto la fruta como las hojas son utilizadas en China para la preparación de remedios caseros para la tos y el asma, ya que su composición química muestra efectos anticancerígenos, antiinflamatorios e hipoglucemiantes.

La investigación sobre frutos de níspero se ha centrado en la morfología. Algunos estudios correlacionan el papel antioxidante y el contenido de fenoles y flavonoides de la fruta, la hoja y la flor de níspero. Sin embargo, la investigación sobre compuestos fitoquímicos, capacidad antioxidante, morfología y fisicoquímica relacionada con frutos cultivados y fomentados en México, es limitada. Debido a que la aceptación comercial de un fruto depende de su tamaño, color, firmeza, azúcares, ácidos orgánicos y el contenido de compuestos antioxidantes, el níspero ha sido objeto de mejora frutícola en países como China y Japón. Por otro lado, en España se han descrito trabajos relacionados con los rendimientos de cultivo, características organolépticas y contenido de nutrientes.

En este estudio se compararon las características morfológicas de 96 cultivares de frutos de níspero de tres regiones de México (Oaxaca, Veracruz y Estado de México) y de tres tipos de plantaciones: cultivos comerciales, cultivos fomentados

en huertos y plantas fomentadas en jardines para autoconsumo. Las propiedades fisicoquímicas evaluadas fueron: sólidos solubles totales, acidez titulable, pH y azúcares totales. Para determinar el potencial nutraceutico se cuantificó el contenido de fenoles, flavonoides y carotenoides totales, además se determinó la capacidad antioxidante por los ensayos 2,2-azino-bis (3-etilbenztiozolina 6-ácido sulfónico) (ABTS) y el poder reductor-antioxidante férrico (FRAP), en extractos de frutos de níspero. El objetivo del estudio fue evaluar la calidad de frutos mediante la caracterización morfológica, fisicoquímica y el potencial nutraceutico o fotoquímico de cultivares de níspero de tres regiones de México, que pueden ser de utilidad para un plan de mejoramiento genético.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.)

2.1.1. Origen y distribución

El níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) es una especie frutal subtropical, de hoja perenne que existe desde hace más de 2000 años (Lin *et al.*, 1999). Su origen se remonta a China, en el valle del río Daduhe, de las montañas (Badenes *et al.*, 2009). De esta especie, la primera referencia fue documentada, entre los años 502 y 506 de la era moderna. Desde China, el níspero se extendió a Japón, donde se describió por primera vez en el año 1180 (Ichinose, 1995). Sin embargo, la primera descripción completa se debe al botánico Engelbert Kaempfer en 1690. En el año 1926, el botánico Vavilov Ivanovic identificó ocho “centros genéticos” de níspero y uno de ellos se encuentra en su lugar de origen (Agustí *et al.*, 2006).

El níspero era cultivado como ornamental y así inicio su expansión (Figura 1), se llevó a Europa, al Jardín Nacional de París en 1784 y en 1787 al Jardín Botánico de Kew, Inglaterra. Desde allí se extendió rápidamente a España y otros países Mediterráneos (Lin *et al.*, 1999). Desde Europa fue llevado a Florida y México entre los años 1867 y 1870 y a California y Brasil desde Japón. Se llevó a Hawái por migrantes chinos (Morton, 1987) y posteriormente se extendió por el sudeste de Asia y la India.

2.1.2. Taxonomía y descripción botánica

El níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) pertenece a la familia *Rosaceae*, subtribu *Pyrinae* (Philips *et al.*, 1991) y género *Eriobotrya* (Lin *et al.*, 1999). *Eriobotrya* proviene de las palabras griegas “*erion*” que significa lana y “*botrys*” que significa racimo (López, 1982). El árbol de níspero se caracteriza por ser perenne y muy productivo. Su producción inicial se da entre 2 y 3 primeros años (2-3 años),

además, suelen alcanzar los 5-6 m de altura y con tendencia a la verticalidad (Agustí *et al.*, 2006).

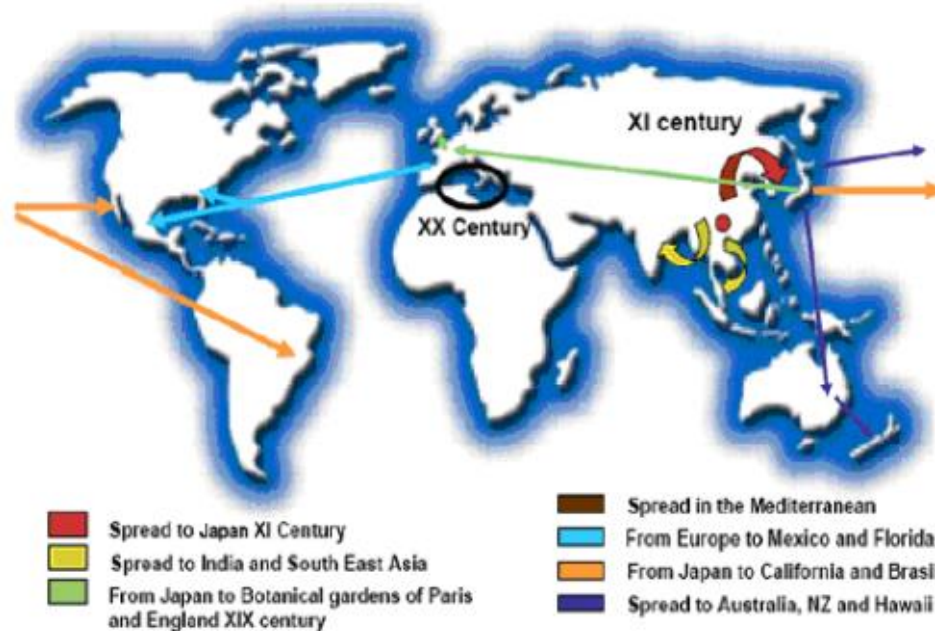


Figura 1. Origen y expansión del cultivo del níspero (*Eriobotrya japonica* L.). Fuente: Badenes *et al.* (2009).

El níspero presenta hojas coriáceas y lanceoladas (Figura 2) de 10 a 20 cm de largo y 5 a 8 cm de ancho (Mendoza *et al.*, 2004), presenta haz verde oscuro y envés vellosa. Sus flores se distribuyen en panículas (Figura 3A), y se forman en racimo hasta más de cien (Agustí, 2000), la corola de las flores tiene cinco pétalos, oblongos y ovoides, y de textura delicada, los estambres son veinte o más, con dos a cinco estilos, de ovario ínfero, con dos a cinco celdas, dos óvulos en cada celda y placentación axial (Mendoza *et al.*, 2004), son pequeñas, hermafroditas, de color blanco (Figura 3B) y cáliz marrón.

El fruto es un pomo ovalado (Figura 4A), de piel dura y fina, color amarillo-anaranjado, su pulpa es carnosa de color blanco y amarillo intenso. Contiene de

2 a 4 semillas unidad y grandes ubicadas en el centro del fruto y de color marrón oscuro (Agustí, 2006).

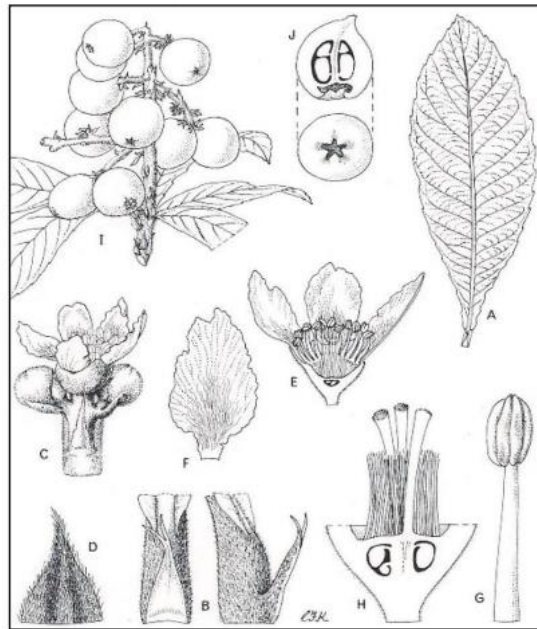


Figura 2. Descripción botánica del níspero. A) hoja, B) base de la hoja mostrando estipula ventral y lateral, C) porción de la rama inflorescente, D) inflorescencia de las brácteas, E) sección longitudinal de la flor, F) pétalos, G) estambre, H) sección longitudinal del gineceo, I) infructescencia, J) sección longitudinal del fruto. Fuente: Zappi & Turner (2001)



Figura 3. Inflorescencia del níspero. A) Panícula de níspero antes de la floración. B) Polinización de níspero. Fuente: Jiménez (2017)

El árbol presenta un sistema radicular ramificado, somero y con gran fuerza de penetración al suelo. La raíz principal es pivote hasta de 2.5 m de profundidad. Tronco recto (Figura 4B), ramificado, de copa circular u oval densa y corteza de color pardo grisáceo (Mendoza *et al.*, 2004).



Figura 4. A) fruto de níspero. Fuente: López (2010). B) Árbol de níspero injertado en membrillero de Provence. Fuente: Jiménez (2017)

2.1.3. Importancia económica

El níspero se cultiva en áreas localizadas entre el paralelo 25° LN y 38° LS en una franja tropical y subtropical muy estrecha. El níspero se cultiva en China, Japón, Pakistán, países mediterráneos (España, Portugal, Turquía, Italia, Grecia, Israel) (Figura 5) y en menor medida en la India y Brasil, y de manera muy limitada en Chile y Estados Unidos, especialmente en California y Florida (Lin, 2007)

La superficie mundial cultivada de níspero era de 128,000 has en 2007. El primer productor es China (453,600 t anuales) y con una superficie de cultivo de 118,270 has, y representan aproximadamente el 90 % de la superficie mundial. Seguido por España (43,400 t) como primer exportador mundial (19,000 t) (Lin, 2007).

En China, actualmente, el níspero se cultiva en 20 de las 32 provincias chinas, Lin (2004) con más de 379 cultivares. Las variedades más importantes son 'Zhaozhong', 'Runtiao-Baisha' y 'Jiefanzhong' (Lin, 2004). En España, la producción de níspero se concentra en Valencia y Andalucía. Valencia es el mayor productor con más del 56 % de la producción nacional. Las variedades más cultivadas son 'Algerie' (Caballero & Fernández, 2003). También producen

'Golden Nugget', 'Magdal', 'Peluche' y 'Nadal'. Pakistán es el primer productor del sureste asiático. La variedad más importante es 'Tanaka' (Llácer *et al.*, 2004). En la cuenca mediterránea, el níspero se cultiva en pequeños huertos familiares o en pequeñas plantaciones destinando la producción al autoconsumo con variedades locales. Sin embargo, en Turquía, Marruecos y Portugal los principales cultivares son foráneos 'Golden Nugget', 'Tanaka' y 'Algerie' (Llácer *et al.*, 2004).

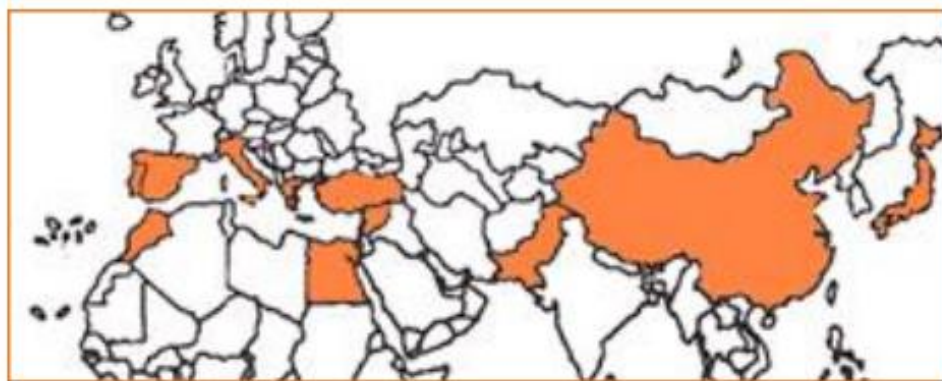


Figura 5. Zonas de distribución del cultivo de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.). Fuente: Calabrese (2006).

En Latinoamérica, Brasil es el principal productor seguido por Chile, donde se produce de forma minoritaria. En Brasil, el Estado de Sao Paulo es el mayor productor de níspero con 3,700,000 cajas (cajas de 5 kg) de níspero/año. Por lo tanto, Brasil produce cerca de 18,500 t al año (Pio *et al.*, 2006). Chile cuenta con 145 has sembradas de cultivo de níspero (Odepa, 2002).

En México, el níspero se ha cultivado en forma de huertos caseros o como árboles aislados en los jardines de las casas (López, 1998) y no se le ha dado mucha importancia como cultivo; en 1979 se tenían sembradas 55 has y en 1994 se aumentó a 250 has (Mendoza *et al.*, 2004). En la parte central de México, este frutal tiene potencial de producción debido a que las condiciones climáticas imperantes en esta zona favorecen el crecimiento de esta planta. Según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2016), México produce más de 90 toneladas al año y el Estado de México es el líder productor. Las variedades

producidas son '*Tanaka*', '*Argelino*', '*Golden Nugget*' y '*Peluche*' (Mendoza *et al.*, 2004), siendo '*Tanaka*' y '*Argelino*' las más importantes (INTAGRI, 2020).

2.1.4. Ciclo fenológico

El ciclo fenológico del níspero comprende una etapa vegetativa y una etapa reproductiva. En México, la floración del níspero se presenta entre la primavera y el verano (mayo-julio); la diferenciación de las yemas ocurre de 3 a 5 meses antes de la floración (enero-marzo) y pasados de 4 a 6 meses de la floración se da la cosecha de los frutos en otoño (octubre-noviembre) (Mendoza *et al.*, 2004). En España, por su parte, el ciclo fenológico cambia respecto a México, inicia con la brotación a partir de las yemas en primavera (mayo-abril), la inducción floral se produce a finales de primavera y la diferenciación floral iniciando el verano. La floración se da en otoño (octubre-diciembre) y en primavera se da la cosecha de los frutos (Molina, 2014).

La polinización del níspero es entomófila, es decir, realizada principalmente por abejas (familia *Apidae*) e insectos (género *Bombus*). El cuajado de las flores es bajo (10-15 %). La polinización cruzada en níspero mejora la producción y tamaño del fruto hasta en un 20 % (Agustí y Reig, 2006). La técnica como el aclareo, también es importante para mejorar el tamaño del fruto (Agustí & Reig, 2006) pero es una práctica que generalmente no se lleva a cabo en México. El ciclo fenológico del níspero está sujeto a variaciones donde se pueden adelantar o retrasar etapas importantes como la floración y desarrollo del fruto, por factores como la variedad, las condiciones climáticas, estrés hídrico, entre otras (Molina, 2014).

2.1.5. Requerimientos agroclimáticos para el cultivo

Clima: El níspero es un frutal de clima subtropical, clima cálido o de zona templada e inviernos suaves. La temperatura media anual óptima es de 15 °C (Castro & Pinto, 2008). Los árboles adultos soportan temperaturas a -10 °C y las flores y frutos son afectados a 0 °C. Se desarrolla a alturas entre 1,000 y 2,000 msnm. Soporta zonas con precipitaciones de 500 a 1,000 mm de lluvia anuales,

pero requiere irrigación en zonas secas. El fruto está sujeto a pérdidas de calidad cuando se encuentre bajo precipitaciones constantes o sequías largas (Mendoza *et al.*, 2004; Castro & Pinto, 2008).

Suelo: El árbol del níspero prefiere suelos arcillo-arenosos con pH entre 6 y 8, buena retención de humedad y buen drenaje. Es un árbol sensible a la salinidad y a suelos calizos. (Mendoza *et al.*, 2004).

Agua: El fruto no se desarrolla bien cuando la planta presenta déficit de agua. Sus necesidades hídricas están entre 900 y 1,000 mm anuales. Puede ser cultivado sin riego adicional cuando la lluvia es superior a 1,200 mm anuales. El requerimiento de agua es indispensable en la floración y engorde del fruto, y después de la recolección (Mendoza *et al.*, 2004).

2.1.6. Propagación

La propagación del níspero se puede llevar a cabo por dos vías: sexual mediante semillas y asexual por acodo o injerto. Para la propagación sexual se emplea el fruto entero o huesos recién extraídos y se siembra en bolsas individuales, vivero o directamente en el suelo. Para la producción comercial se usa la planta como portainjerto para injertar a 18 meses de edad (Paucar, 2020).

La propagación asexual (vegetativa), se da por injerto o acodo. El injerto más conveniente para el níspero es el de yema en escudete y hendidura utilizando vareta. La producción inicial se da entre el cuarto y quinto año de plantado. La propagación por acodo se hace mediante el anillando de una rama y aplicando ácido indolbutírico, se coloca musgo deshidratado y un plástico con aporte de humedad (Mendoza *et al.*, 2004).

2.1.7. Establecimiento de la plantación

Para el establecimiento de un cultivo de níspero se deben tener en cuenta algunos factores importantes como: la pendiente del terreno, preparación del suelo, trazos de la plantación y el proceso de plantación. La pendiente idónea es la que no excede el 5 %. La preparación del suelo consta de subsoleo, barbecho y trastreos (González *et al.*, 2009). El trazo de plantación puede realizarse en

cuadro o a tresbolillo y finalmente los árboles se plantan en cepas de 40x40x40 cm (Mendoza *et al.*, 2004).

2.1.8. Labores culturales

Una vez plantado el níspero, se debe realizar riego, fertilización, poda y aclareo de flores y frutos. El riego se desarrolla basado en las condiciones del suelo-planta-atmosfera. Para ello se debe conocer las necesidades hídricas del cultivo (900 a 1,000 mm anuales). Además, es importante realizar un análisis de suelo y conocer las condiciones climáticas para desarrollar un buen sistema de riego. La fertilización puede ser orgánica o química. Para ello debe hacerse un análisis químico de suelo y conocer las necesidades nutricionales de la planta en cuanto a macronutrientes y micronutrientes (Mendoza *et al.*, 2004). La fertilización orgánica más usada en México es la de abonos verdes y estiércol descompuesto. Los fertilizantes químicos se aplican en épocas de lluvias. Una de las fórmulas usadas en México es 150-100-100 de N-P-K. (Pérez, 2000). La poda de formación consiste en cortar el árbol joven de 3 años a unos 80 cm del suelo. La poda de fructificación consiste en eliminar ramas a los dos años de la siembra. La mejor época para podar es finalizando la cosecha. El aclareo consiste en despuntar racimos de flores y frutos y no dejar más de 10 frutos por racimo (Mendoza *et al.*, 2004).

2.1.9. Plagas y enfermedades

Las plagas y enfermedades en el níspero son pocas. Entre las plagas principales se destacan murciélagos, ardillas, aves, mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*) y polilla. Para ello se embolsan los frutos para prevenir daños (Castro & Pinto, 2008). Las enfermedades principales son la marchitez provocada por *Bacillus amylovorus*, *Colletotrichum gloesporioides*, *Fusicladium eryobotriae* y *botryosphaeria ribis*. En México el control fitosanitario se realiza con saprol, sulfato de cobre tribásico e Inex-A, diluido en agua (Mendoza *et al.*, 2004).

2.2. El fruto del níspero

2.2.1. Crecimiento del fruto

El crecimiento del fruto está regulado por factores ambientales como la radiación y la temperatura, y por factores nutricionales, hormonales y genéticos (Cutanda, 2015). El crecimiento se divide en tres fases: 1) división celular (Fase I), 2) engrosamiento celular (Fase II) y 3) el fruto deja de crecer y madura (Fase III). Estas fases se relacionan con el crecimiento sigmoidal de los frutales, y doble sigmoidal para las *Prunoideae* (Figura 6) (Gariglio *et al.*, 2002).

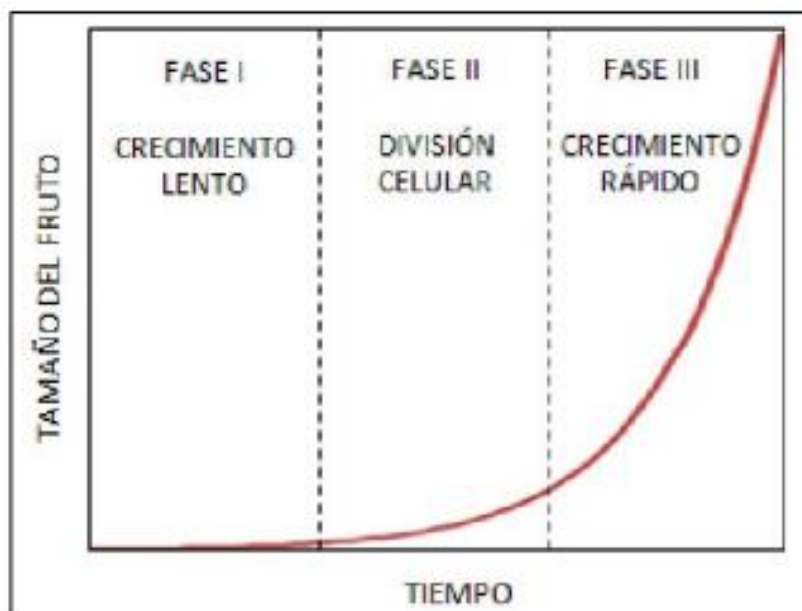


Figura 6. Modelo de crecimiento del fruto de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl). Fuente: Blumenfeld (1980).

El crecimiento del fruto ocurre en la fase I, aquí se presenta un crecimiento lento, al menos unas 6 semanas siguientes al amarre (Ateyyeh & Qrunfleh, 1998). La división celular (fase II) dura 4 semanas. En la fase III, el fruto aumenta su crecimiento hasta alcanzar el mayor tamaño. Por lo tanto, debería existir una fase IV donde se detiene el crecimiento para iniciar la maduración. De acuerdo con esto, la curva de crecimiento del fruto del níspero no es sigmoidal, ni doble sigmoidal, sino exponencial (Blumenfeld, 1980). En el último mes y medio del crecimiento del fruto, se acumula el 85 % del peso fresco (80 % del peso seco). El agua se acumula en la pulpa, y la materia seca se reparte entre la pulpa (37 %) y la semilla (73 %) (Gariglio *et al.*, 2002).

2.2.2. Maduración del fruto

El color del fruto se ha establecido como el principal factor de la recolección (Cautín *et al.*, 2006). El níspero se clasifica como fruto no climatérico, ya que no muestra producción de etileno ni aumento de la tasa de respiración después de su cosecha (Blumenfeld, 1980). Sin embargo, existe controversia para clasificarlo, ya que, algunos autores encontraron producción de etileno y aumento de la tasa respiratoria como sucede en frutos climatéricos (Hirai, 1980). Por lo que Amorós *et al.*, (2003) establecieron que podrían existir algunos frutos intermedios.

La maduración del níspero se da en la planta, donde ocurren cambios fisicoquímicos hasta la senescencia del fruto. El cambio de color consiste en la degradación de cloroplastos y clorofilas, y en la síntesis de cromoplastos y carotenoides respectivamente. Esta coloración se da desde la zona estilar hasta la zona peduncular. Los carotenoides son los responsables del tono amarillo-anaranjado del fruto. Con la maduración, desciende la acidez de la pulpa y aumenta el contenido de sólidos solubles disueltos, debido al aumento de azúcares. El ácido málico es el ácido predominante en el níspero y los azúcares más abundantes son sacarosa, fructosa, glucosa y sorbitol (Serrano *et al.*, 2004). La pulpa pierde firmeza con la maduración y se liberan compuestos volátiles que son los responsables de los aromas característicos del fruto. Aumenta el peso y diámetro del fruto y hay disminución de taninos (Agustí, 2008). La maduración de la cascara es similar, ya que está conectada vascularmente a la pulpa (Besada *et al.*, 2011). La maduración del fruto es un proceso complejo y está regulado por factores nutricionales y hormonales, y por las condiciones ambientales (Agustí, 2008).

2.2.3. Técnicas agronómicas para aumentar el desarrollo del fruto

El níspero es un fruto cuyo destino final es el consumo en fresco y su tamaño es un parámetro muy importante para su comercialización y consumo. Generalmente, el tamaño que alcanza el fruto del níspero en su desarrollo y maduración no es aceptable en los mercados (Ateyyeh & Qrunfleh, 1998). Este

tamaño bajo en frutos se da por la competencia por carbohidratos entre la gran cantidad de frutos en una panoja que inician su desarrollo hasta la maduración. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo una serie de técnicas agronómicas para evitar este problema y lograr obtener frutos de buen tamaño.

La reducción del número de flores y frutos mediante el aclareo es muy efectiva pero, supone entre un 25-30 % del aumento de costos del cultivo (Lin, *et al.*, 1999). El rayado de ramas para mejorar la disponibilidad de carbohidratos (Agustí *et al.*, 1997) y la aplicación de reguladores de crecimiento con auxinas son prácticas con muy buenos resultados para este problema, debido a su efecto directo sobre su desarrollo (Agustí *et al.*, 1997).

2.2.4. Composición química y nutricional del fruto

El níspero es un fruto compuesto principalmente por agua y bajo en grasa. Cuenta con un 70 % de pulpa, 19 % de semilla y 9 % de cáscara (Hall *et al.*, 1980). Es consumido fresco y cuenta con un contenido importante de vitaminas y minerales, lo que hace que sea un buen aliado del consumidor (Ding *et al.*, 2001). El Cuadro 1 enlista las vitaminas y minerales predominantes en la pulpa de níspero maduro.

Cuadro 1. Contenido de vitaminas y minerales en pulpa de fruto maduro de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.).

Contenido	Cantidad/100g de pulpa	Contenido	Cantidad/100g de pulpa
Calorías (kcal)	40	Caroteno (µg)	25
Carbohidratos (g)	12.14	Calcio (mg)	30
Proteínas (g)	0.43	Magnesio (mg)	12.4
Grasas (g)	0.20	Potasio (mg)	219
Fibra (g)	1.7	Fosforo (mg)	20
Vitamina A (µg) ER	153	Hierro (µg)	126
Vitamina C (mg)	14	Magnesio (µg)	148
Vitamina B1 (mg)	0.02	Cobre (µg)	40
Vitamina B2 (mg)	0.03	Aluminio (µg)	29
Vitamina B3 (mg)	0.18	Zinc (µg)	48
Vitamina B6 (mg)	0.10	Boro (mg)	1.8
Ácido ascórbico (mg)	4.1	Agua (g)	86.73

Fuente: (Nagy & Shaw, 1980; Gariglio *et al.*, 2002)

La pulpa del fruto maduro cuenta con alto contenido de azúcares que le proporciona el sabor y dulzor. Se ha encontrado la presencia de sacarosa, fructuosa, glucosa y sorbitol. El ácido málico es el más abundante con 89 % de total de la acidez libre del futo, pero se ha reportado otros ácidos en cantidades mínimas como son el cítrico, tartárico y succínico. (Nagy & Shaw, 1980). Las dos vitaminas más importantes son la vitamina C (ácido ascórbico) y la vitamina A (-Caroteno) (Nagy & Shaw, 1980); además, contiene una gran cantidad de compuestos fenólicos (Ding *et al*, 2001). El potasio es el elemento mineral más abundante en la pulpa y el hierro y cobre son los micronutrientes más abundantes, seguidos del zinc y del manganeso (Gariglio & Agustí, 2005).

2.2.5. Propiedades medicinales

El níspero es un fruto que proporciona beneficios para la salud a sus consumidores debido a su composición química. Luck (2000) determinó que el consumo del fruto fresco baja los niveles de colesterol, ejerce acciones astringentes y reguladoras sobre las mucosas intestinales, posee efecto diurético y antidiarreico, ejerce una acción antiinflamatoria en las enteritis, útil en dietas por su baja concentración en sodio, importante para el impulso nervioso y para la actividad muscular por su alto contenido de potasio, la vitamina A presenta un alto contenido y es importante para la visión, la piel, el cabello, los huesos y el sistema inmunológico, contiene propiedades antioxidantes (Castro & Pinto, 2008).

2.3. Compuestos fenólicos y antioxidantes

Los compuestos fenólicos son sustancias presentes en las plantas, que poseen un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilos unidos (Figura 7A). Estos compuestos pueden ser clasificados de acuerdo con el número y el arreglo de sus átomos de carbono y comúnmente se encuentran combinados con azúcares y ácidos orgánicos. Estas sustancias tienden a ser hidrosolubles por ser glucósidos. Unas 8000 estructuras fenólicas han sido reportadas (Crozier *et al.*, 2009). Los fenoles son importantes en la apariencia de los alimentos, un ejemplo de ello son las antocianinas y carotenoides (Tomás & Espín, 2001). En algunos

casos tienen un impacto negativo en su calidad, tal es el caso de los monohidroxifenoles y ortodihidroxifenoles, los cuales son sustratos de las polifenoloxidasas de plantas, y forman polímeros oscuros que llevan a la pérdida de la calidad de algunos alimentos. Esto es importante en frutos y vegetales frescos (Tomás & Espín, 2001). Los fenoles poseen la capacidad de funcionar como antioxidantes, debido a que son capaces de donar electrones para neutralizar radicales libres y convertirlos en moléculas inocuas (Charles *et al.*, 2012). El método colorimétrico, comúnmente utilizado para determinar el contenido fenólico total en una muestra, es el propuesto por Folin-Ciocalteu, dicho procedimiento es simple, rápido y confiable (López, 2011).

Los flavonoides son el grupo más grande de compuestos fenólicos. Presentan estructura de difenilpropano en dos anillos aromáticos unidos por tres carbonos que son formados por un anillo heterocíclico oxigenado (Pietta, 2000) (Figura 7B). Se clasifican en: antocianinas, flavanoles, flavonas, isoflavonas, flavanonas y sus derivados. Muchos de los flavonoides excepto flavan-3-ols, son usualmente glicosilados, en alguno de sus grupos hidroxilo pueden estar unidos diversos azúcares como la glucosa, galactosa, ramnosa y arabinosa (Shahid & Naczki, 2004). El método colorimétrico con cloruro de aluminio es comúnmente utilizado para la determinación de flavonoides totales (López, 2016).

De acuerdo con estudios previos de las hojas de *Eriobotrya japonica* L. se aislaron 5 compuestos nuevos (Huang *et al.*, en 2007), de éstos, predomina el ácido ursúlico (Kim *et al.*, 2008) el cual presenta propiedades semejantes a los estrógenos. Algunos estudios farmacológicos han demostrado que las hojas en infusión ayudan al tratamiento de bronquitis crónica, flemas, tos, fiebres y úlceras (Huang *et al.*, 2007), además poseen propiedades anti-inflamatorias, anti-VIH e hipoglucemiantes (Liu *et al.*, 2007). En otras investigaciones se documenta que las hojas han sido utilizadas para tratamiento de enfermedades de la piel y diabetes mellitus (De Tommasi *et al.*, 1992).

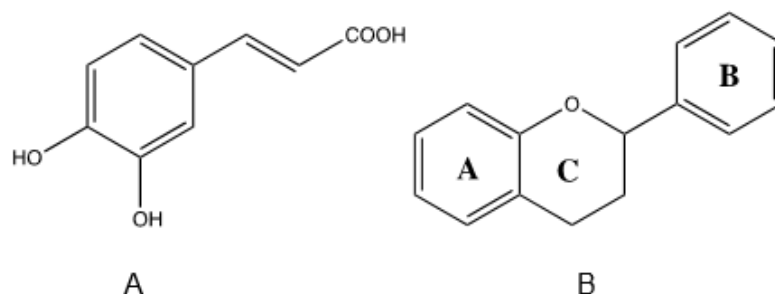


Figura 7. Estructura de compuestos fenólicos. A) Ácidos fenólicos, B) Flavonoides.

Por otra parte, en extractos de semilla de níspero también se han encontrado compuestos con propiedades inhibitorias cicatrizantes para el tratamiento de heridas en mucosas gástricas en ratas (Yokota *et al.*, 2008). Entre los otros compuestos fenólicos, en semilla de níspero se identificaron: ácido clorogénico, epicatequina, epigallocatequina galato, procianidina B2 y cianidina glucósido, que mostraron tener actividad antioxidante y suprimieron la oxidación de lipoproteínas (Koba *et al.*, 2007). En flores de níspero se han aislado algunos compuestos interesantes antioxidantes (como β -sitosterol, ácido ursúlico, quercetina-3-O- α -L-arabinosido, y quercetina-3-O- β -D-glucosido (Movsumov, 2004) y en la cáscara se han encontrado, el ácido clorogénico y cinanidina glucósido (Koba *et al.*, 2007). De la pulpa de níspero se aislaron algunos compuestos fenólicos: ácido clorogénico, ácido neoclorogénico, ácido hidroxibenzóico, ácido 5-p-feruloilquínico, feruloilquinico, ácido protocatético, epicatequina, ácido 4-cafeoilquínico, ácido p-cumárico, ácido telúrico, ácido o-cumárico (Ding *et al.*, 2001).

2.4. Literatura citada

- Agustí, M. & Reig, C. 2006. *Fisiología*. En: *El Cultivo del Níspero Japonés*, M. Agustí, C. Reig y P. Undurraga (Eds.), Gráficas Alcoy, 97-129.
- Agustí, M. (2008). *Crecimiento y maduración del fruto*. En: Azcón J. & Talón M. (Eds.), *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (2ª ed.). Ed. McGraw-Hill y Ed. UB. 519-536.
- Agustí, M., Almela, V., Juan, M., & Gariglio, N. (2000). Loquat fruit size is increased through the thinning effect of naphthaleneacetic acid. *Plant Growth Regulation*, 31, 167-171.
- Agustí, M., Juan, M., Almela, V., Andreu, I. & Speroni, C. (1997). Estímulo del desarrollo de los frutos de hueso. *Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Valencia, España. 45-67.
- Agustí, M., Reig, C. & Undurraga, P. (2006). El cultivo del níspero japonés. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y Universidad Politécnica de Valencia. 65-79.
- Amorós, A., Zapata P., Pretel M.T., Botella M.A. & Serrano M. (2003). Physico-chemical and physiological changes during fruits development and ripening of five loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl) cultivars. *Food Science and Technology International*, 9. 43-51.
- Ateyyeh, A.F., & Qrunfleh, M.M. (1998). Studies on the loquat *Eriobotrya japonica* Lindl cv. *Tanaka*. I. Vegetative and reproductive growth in the Jordan Valley. *Dirasat: Agricultural Sciences*, 25. 55-63.
- Badenes, M. L., Shunquan, L. Xianghui, Y., Chengming, L., & Xuming, H. (2009). Loquat (*Eriobotrya* Lindl.). In: *Genetic and Genomics of Rosaceae*. Springer Science. 636 p.
- Besada, C., Gil, R., Navarro, P., Soler, E. & Salvador, A. (2011). Physiological characterization of 'Algeri' loquat maturity: external colour as harvest maturity index. *Acta Horticulturae*, 887, 351-356.
- Blumenfeld, A. (1980). Fruit growth of loquat. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105. 747-750.
- Calabrese, F. 2006. Origen de la especie. 17-26. En Agustí, M., Reig, C. & Undurraga, P. (eds.), *El Cultivo del Níspero Japonés*. Universidad Politécnica de Valencia (España) y Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile). 123 p.
- Castro, H.S.V & Pinto, C.L.L. (2008). Obtención y conservación de liofilizado de níspero, *Eriobotrya japonica*. Universidad Técnica del Norte. 76 p.
- Cautín, R., Castro, M., Reig, C., & Agustí, M. (2006). *Técnicas de cultivo*. En: *El Cultivo del níspero japonés*. M. Agustí, C. Reig & P. Undurraga (Eds.), Gráficas Alcoy. 163-206.

- Crozier, A., Jaganath, I. B. & Clifford, M. N. (2009). Current developments in natural products chemistry. *Natural Product Reports*, 26. 965-1096.
- Cutanda, T.A. (2015). *Efecto del rayado de ramas y la aplicación de auxinas de síntesis sobre el desarrollo del fruto y la maduración del níspero japonés (Eriobotrya japonica Lindl.)*. Universidad Politécnica de Valencia. 65 p.
- De Tommasi, N., Aquino, R., De Simone, F. & Pizza, C. (1992). Plant metabolites. New sesquiterpene and ionone glycosides from *Eriobotrya japonica*. *Journal of Natural Products*, 55. 1025-1032.
- Ding, C.K., Chachin, K., Ueda, Y., Imahori, Y. & Wang, C. Y. (2001). Metabolim phenolics Compounds during loquat fruit development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49. 2883-2888.
- Ding, C.K., Chachin, K., Ueda, Y., Imahori, Y., & Wang, C. Y. (2001). Metabolim phenolics compounds during loquat fruit development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2883-2888.
- Gariglio, N. & Agustí, M. 2005. Effect of fruit thinning on the mineral composition of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruit and its connection with purple spot. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 3. 439-445.
- Gariglio, N., Castillo, A., Juan, M., Almela, V. & Agustí, M. (2002). El níspero japonés. Técnicas para mejorar la calidad del fruto. Generalitat Valenciana. Serie Divulgación Técnica No. 52. 61.
- González, E.D., Pérez, S.A., Álvarez, L.A., León, M., Abad, C.P., Armengol, J., & García, J.J. (2009). Fungal agents detected in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) orchards showing decline symptoms in Alicante province. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 35. 453-467.
- Hirai, M. (1980). Sugar accumulation and development of loquat fruit. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science*, 49. 347-353.
- Huang, Y., Wang, R., Wu, Q., Li, Y.H., Yu, S.C. & Cheng, W.M. W.Y. (2007). Effect of triterpene acids of *Eriobotrya japonica* (Thunb) Lindl. leaf on inflammatory cytokine and mediator induction from alveolar macrophages of chronic bronquitis rats. *Inflammation Research*, 56. 76-82.
- Ichinose, I. (1995). The origin and development of loquat. Serie Agronomical Techniques, 4,1-5.
- INTAGRI. (2020). El Cultivo del Níspero. Serie Frutales, Núm. 63. Artículos técnicos de INTAGRI. 3. <https://www.intagri.com/articulos/frutales/el-cultivo-de-nispero>
- Jiménez, J.J. (2017). La mancha morada en níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv. 'Algenie'. Factores relacionados en su aparición. Universidad de Almería.

- Kim, I., Kang, S., Kim, K., Choung, E. & Zee, O. (2008). Screening of estrogenic and antiestrogenic activities from medical plants. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 25. 75-82.
- Koba, K., Matsuoka, A. O. and Huang, Y.-S. (2007). Effect of loquat (*Eriobotrya japonica*) extracts on LDL oxidation. *Food Chemistry*. 104. 308-316.
- Lin, S. (2004). Plant material of loquat in Asian countries. *Options Méditerranéennes*. 58, 41-44.
- Lin, S., Huang, X., Cuevas, J., & Janick, J. (2007) Loquat: an ancient fruit crop with a promising future. *Chronica Horticulturae*, 47, 12–15.
- Lin, S., Sharpe, R.H., & Janick, J. (1999). Loquat: botany and horticulture. *Horticultural Reviews* 23, 233–276.
- Liu, L., Cao, S., Xie, B., Sun, Z., Li, X. & Miao, W. (2007). Characterization of polyphenoloxidase from Litchi pericarp using (-)-epicatequina as substrate. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 55. 7140-7143.
- Llácer, G., Badenes, M. L. & Martínez-Calvo, J. (2004). Plant material of loquat in Mediterranean countries. First International Symposium on Loquat. *Options Méditerranéennes* 58. 45-52.
- López, L. L. (1998). Caracterización de frutos de nueve selecciones de níspero. *Memoria Fundación Salvador Sánchez Colín*. 109-114.
- López, Y.A. (2016). Aprovechamiento integral de frutos de *Persea schiedeana* Nees. *Universidad Autónoma Chapingo*. 23-45.
- Luck, E. (2000). Conservación Química de los Alimentos en el Campo de la Ciencia y Tecnología de Alimentos. Editorial Acriba. Zaragoza – España. Capítulo 1 Introducción. 25 -27.
- Mendoza, L.M.R., Luis, A.A., & Larios, G.A. (2004). El cultivo del níspero (*Eriobotrya japonica* L., una alternativa de producción frutícola. Folleto Técnico Núm. 1. Campo Experimental Uruapan. CIRPAC. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Michoacán, México. 35-55.
- Molina, A.L. (2014). *Control hormonal del desarrollo del fruto en el níspero japonés (Eriobotrya japonica Lindl.)*. Universidad Politécnica de Valencia. 112 p.
- Morton, J. (1987). Loquat. In *fruits of warm climates*. Creative Resources Systems Inc. 103-108.
- Movsumov, I. (2004). Chemical study of *Eriobotrya japonica*. *Chemistry of Natural Compounds*, 40. 599.
- Nagy, S., & Shaw, P. E. (1980). *Tropical and subtropical fruits*. Avi Publishing Company Inc. 76-89.

- Odepa (2002). Boletín agrario informativo. Ministerio de Agricultura, Oficina de Planificación, Santiago, Chile. 23-34.
- Paucar, P.W.G. (2020). Uso de lodos residuales compostados como componente porcentual de sustratos en dos métodos de propagación de níspero (*Eriobotrya japonica*), en la provincia de pichincha, Quito, periodo 2019-2020. Universidad Técnica de Cotopaxi. 123 p.
- Pérez, Á. R. (2000). Cultivo del níspero de Japón, *Eriobotrya japonica*, en España. Vida Rural, 57, 46-65.
- Philips, J. B., Robertson, K. R., Rohrer, J. R., y Smith, P. G. (1991). Origins and evolution of subfam Maloideae (*Rosaceae*). Systematic Botany. 16. 303-332.
- Pietta, P. G. (2000). Flavonoids as antioxidants. Journal of natural products, 63(7), 1035-1042.
- Pio, R., Chagas, E.A., Barbosa, W. & Pio, L.B.O. (2006). Aspectos econômicos do cultivo de nêspersa em São Paulo. Jornal Toda Fruta, 29. 12 p.
- Sahid, F. & Naczek, M. (2004). Phenolics in food and nutraceuticals. CRC PRESS.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (31 de julio 2016). Níspero, una fruta sana y sabrosa. Gobierno de México. <https://www.gob.mx>
- Serrano, M., Zapata, P.J., Pretel, M.T., Almansa, M.S., Botella, M.A. & Amorós, A. (2004). Changes in organic acids and sugar levels during ripening of five loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars. Options Méditerranéennes, 58, 157-160.
- Tomás, B.F. & Espín, J. (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. Journal of Science of Food and Agriculture, 81. 853-876.
- Yokota, J., Takoma, D., Hamada, A., Onogawa, M., Yoshioka, S., Kusunose, M., Miyamura, M., Kyotani, S. & Nishioka, Y. (2008). Gastroprotective activity of *Eriobotrya japonica* seed extract on experimentally induced gastric lesions in rats. Journal of Natural Medicines, 62. 96-100.
- Zappi, D. & Turner, J. (2001). *Eriobotrya japonica*. Benth-Moxon Turst. 65-78.

3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE FRUTOS DE NÍSPERO (*Eriobotrya japonica* Lindl.) EN TRES REGIONES DE MÉXICO

Resumen

El conocimiento de las propiedades fisicoquímicas de frutos, permite establecer su variabilidad según el manejo agronómico y las condiciones edafoclimáticas de su desarrollo. El objetivo de este estudio fue analizar morfológica y fisicoquímicamente frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) procedentes de tres regiones de la República Mexicana. Se colectaron 30 frutos por árbol, 96 accesiones y se clasificaron por región y tipo de plantación. La caracterización morfológica en diez frutos por accesión tomados al azar en los que se midieron: 1) peso de frutos completos y las proporciones de cáscara, pulpa y semillas; 2) diámetros polar y ecuatorial; 3) contabilización de semillas y relación pulpa/fruto; 4) En la pulpa, se determinaron los siguientes parámetros: pH, acidez titulable y SST. Los frutos se agruparon por tamaños y peso; los correspondientes a las regiones de Oaxaca y Estado de México se conjuntaron en 2 grupos y los de Veracruz formaron solo uno. Los frutos de Veracruz fueron los más pequeños y de menor relación pulpa/fruto ($p \leq 0.05$); además presentaron mayor acidez con los frutos del Estado de México, un pH más bajo y el mayor valor de SST junto a los de Oaxaca ($p \leq 0.05$). Los frutos de cultivos comerciales tuvieron mayor peso, dimensiones y relación pulpa/fruto ($p \leq 0.05$). Los frutos de árboles de jardines presentaron mayor concentración de SST junto a frutos de huertos, menor pH y mayor acidez junto a frutos de cultivos comerciales ($p \leq 0.05$). En general se encontró variabilidad morfológica y fisicoquímica. Todos los frutos presentaron calibre pequeño, solo los frutos comerciales presentaron calibre mediano pero bajo contenido de SST. Las características morfológicas y fisicoquímicas son muy valoradas en la comercialización y el consumo de frutos. Con base en los resultados es posible proponer un plan para mejorar las características morfológicas y fisicoquímicas de los frutos de níspero.

Palabras clave: Calibre de fruto, *Eriobotrya japonica* Lindl., parámetros fisicoquímicos, morfología.

MORPHOLOGICAL AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF LOQUAT FRUITS (*Eriobotrya japonica* Lindl.) FROM THREE REGIONS OF MEXICO

Abstract

Knowledge of physicochemical properties fruits allow to stablish its variability according to agronomic management and edaphoclimatic conditions for its development. The aim of this research was to analyze morphological and physicochemical fruits of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) from three areas of Mexican Republic. Tirthy fruits were collected per tree, 96 accessions and were classified by geographical location and cultivation method. Morphological characterization for ten fruits per accession randommly selected was measured: 1) fruit full weight and peel, pulp and seeds proportions; 2) polar diameter and equatorial diameter; 3) seed accounting and pulp/fruit weight ratio; 4) In the pulp the following traits were measured: pH, titrable acidity and TDS. Fruits were clusters by size and weight: fruits corresponding to the regions of Oaxaca and Mexico State were blended into two clusters and Veracruz formed just one cluster. Fruits from Veracruz were the smallest and lowest P/F ratio ($p \leq 0.05$); furthermore, they showed the highest acidity alongwith the fruits from State of México, a low pH value and the highest TDS value along with the fruits from Oaxaca ($p \leq 0.05$). Fruits from commercial crops achieved highest weight, dimensions and P/F ($p \leq 0.05$). Fruits from garden trees showed highest TDS along with orchand tres, low pH value y high tritable acidity along with fruits from comercial crops ($p \leq 0.05$). In general morphological and physicochemical variability was found. All fruits showed a small size, just comercial fruits showed médium size but low TDS content. Morphological and physicochemical characteristics are highly valued in the marketing and consumption of fruit. According with the results is possible to suggest a plan for improve morphological and physicochemical characteristics of loquat fruit.

Keywords: characterization, fruit size, *Eriobotrya japonica* Lindl., physicochemical, morphology, soluble solids.

Thesis, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Ing. Lina Ximena Parrado Muñoz
Advisor: Dra. Margarita Gisela Peña Ortega

3.1. Introducción

El níspero se considera una especie, con variedades parcialmente autocompatibles y autoincompatibles (Agustí y Reig, 2006). Su polinización es entomófila y el amarre de sus flores es bajo, entre 10-15 % en condiciones óptimas, siendo el fruto el resultado de su polinización (Ateyyeh y Qruenfleh, 1998). El fruto del níspero es un pomo, oval piriforme de color amarillo-anaranjado, con un número de semillas que suele oscilar entre 2 y 5 (Agustí, 2010). Su destino mayoritariamente es el consumo en fresco, por lo que su calidad se basa en sus características organolépticas y físicas, como son la forma, tamaño, color y ausencia de lesiones (Sellés, 2007).

El tamaño que alcanza el fruto depende significativamente, de la disponibilidad de carbohidratos durante su desarrollo y, por tanto, del número de frutos que se desarrollan por panícula (Cabrera, 2015). El crecimiento del fruto está regulado exógenamente por factores como la radiación y la temperatura, nutricionales, hormonales y genéticos (Cutanda, 2015). La maduración del fruto se clasifica como no climatérica, ya que después de la cosecha no muestra un aumento de la tasa de respiración y producción de etileno (Blumenfeld, 1980 y Alós *et al.*, 2017).

Durante la maduración el fruto experimenta una serie de cambios fisicoquímicos. Estudios realizados demostraron que el cambio de color se debe a la degradación de las clorofilas y la síntesis de carotenoides (González *et al.*, 2004). Existen cambios en pulpa como, la pérdida de firmeza, el incremento de azúcares, la reducción de la concentración de ácidos (Famiani *et al.*, 2015). Otros autores determinaron la producción de compuestos volátiles que modifican el aroma (Agustí, 2008), el aumento de peso del fruto, aumento del diámetro y aumento de sólidos solubles totales (Besada *et al.*, 2011).

En México, el níspero se produce principalmente en los estados de México, Guerrero y Oaxaca. En 2008 la superficie total sembrada fue de 59.5 hectáreas (SAGARPA, 2008). El cultivo tiene una gran capacidad para adaptarse y crecer fructíferamente en suelos mexicanos, sin embargo, a la fecha ha sido poco

aprovechado. Alternativamente, como es el caso de la región de Veracruz, los árboles de esta especie crecen en huertos caseros y en los jardines de las casas (López, 1998). A pesar de su poca importancia económica en México, es un cultivo con gran potencial frutícola, por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue caracterizar morfológica y fisicoquímicamente los frutos de níspero procedentes de tres regiones mexicanas localizadas en los estados de México, Veracruz y Oaxaca, que pueden ser de utilidad para un plan de mejoramiento genético.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Material vegetal

Los frutos de níspero maduros (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fueron colectados, durante los meses de octubre y noviembre de 2020, en las comunidades de San Agustín Etla, Oaxaca; Acultzingo, Veracruz; Temascaltepec de González y Coatepec Harinas, Estado de México. Los árboles se seleccionaron al azar a partir de los siguientes criterios: cultivos comerciales con manejo agronómico (CC), cultivos fomentados en Huertos (FH) y árboles fomentados en jardines y para autoconsumo (FJ). La altura de los árboles varió entre 2 a 7 m. Los frutos fueron trasladados al Laboratorio de Productos Naturales del Área de Química del Departamento de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, para su caracterización morfológica y fisicoquímica.

3.2.2. Caracterización morfológica de frutos

Las dimensiones de los frutos: diámetro polar (DP) y diámetro ecuatorial (DE) fueron determinadas con vernier digital (IPGRI 1995); el peso de los frutos (PFC), cáscara (PC), pulpa (MP) y semilla (PS) en balanza digital OHAUS® CS200. Además, se cuantificó el número de semillas por fruto. Posteriormente se calculó la proporción pulpa/fruto (P/F). En total se caracterizaron 960 frutos. La pulpa de los frutos restantes se utilizó para la caracterización fisicoquímica. El calibre se determinó en milímetros mediante el diámetro ecuatorial (DE) del fruto,

agrupándolos en las diferentes categorías, desde muy grandes ($DE \geq 53$ mm) hasta muy pequeños ($25 \leq DE < 32$ mm) según MAPA, (1990).

3.2.3. Análisis fisicoquímico de frutos

La pulpa de una parte de los frutos de níspero (96 muestras), libre de cáscara y semillas se sometió a un proceso de liofilización. Otra porción de frutos se congeló a -20 °C para evaluar las siguientes propiedades: pH, acidez titulable y sólidos solubles totales (SST). El extracto utilizado para acidez titulable y pH fue el mismo.

3.2.3.1. Sólidos Solubles Totales (SST)

3.2.3.2. pH y acidez titulable

Para la preparación del extracto se trituró 1 g de pulpa fresca en 10 mL de agua destilada para obtener una concentración de 0.1 g mL^{-1} en tubos falcón. El extracto se agitó en vortéx (1 min, a 3000 rpm, Vortéx synergy, WVR International), se llevó a sonicación (15 min, Ultrasonic Cleaner 8890, Cole Parmer®), se agitó en incubadora (30 min, a 30 ° C, Incubadora Orbital Prendo® INO-650 M), se centrifugó (15 min, 4000 rpm, centrifuga SOLBAT® J-600, México) y el sobrenadante se transfirió a un matraz volumétrico de 10 mL y se aforó con agua destilada. El pH se midió en el extracto obtenido con un potenciómetro digital siguiendo el método 981.12 de la A.O.A.C. (1990). Para la acidez se utilizó una alícuota de 5 mL del extracto preparado y tres gotas de fenolftaleína, se neutralizó con NaOH al 0.01N hasta alcanzar un pH de 8.0. Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido málico (Famiani *et al.*, 2015) y se siguió el método 942.15 de la A.O.A.C. (1990). El procedimiento se hizo por triplicado.

3.2.4. Análisis estadístico

Los experimentos se manejaron con un diseño experimental completamente al azar para tres regiones Mexicanas y tres tipos de plantación. Se realizaron tres repeticiones por tratamiento. Se llevó a cabo un análisis de conglomerados por el método promedio para agrupar los árboles con base en las características

morfológicas y se aplicó un análisis de varianza ANOVA y comparación de medias de tratamientos (Tukey $\leq$ 0.05) mediante el paquete estadístico Infostat versión 2015.

3.3. Resultados y discusión

3.3.1. Caracterización morfológica de frutos

Los frutos evaluados de *Eriobotrya japonica* L. se clasificaron en tres grupos (Cuadro 2). En el grupo uno (69.7 %) se incluyeron los frutos con las menores dimensiones y menor peso, la mayoría correspondió a la región de Veracruz, mientras que el grupo dos, comprendió el 26.1 % de frutos, en su mayoría de la región del estado de México y Oaxaca con frutos de mayor tamaño (DP, DE), peso (PFC, PC, MP), y mayor proporción P/F. El grupo tres incluyó solo el 4.2 % de frutos, mayormente de la región Estado de México y se agruparon frutos con mayor PS.

Cuadro 2. Agrupaciones de características morfológicas de frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* L.).

Grup	DP (mm)	DE (mm)	PFC (g)	PC (g)	MP (g)	PS (g)	P/F (%)
1	29.1 $\pm$ 0.2	25 $\pm$ 0.2	11.4 $\pm$ 0.2	1.6 $\pm$ 0.03	7.8 $\pm$ 0.04	2.1 $\pm$ 0.04	66.3 $\pm$ 0.3
2	39.9 $\pm$ 0.4	33.4 $\pm$ 0.4	24.7 $\pm$ 0.2	3.1 $\pm$ 0.05	17.7 $\pm$ 0.1	3.8 $\pm$ 0.1	71.6 $\pm$ 0.4
3	31 $\pm$ 0.5	28.8 $\pm$ 0.4	15.5 $\pm$ 0.4	2.3 $\pm$ 0.1	9.2 $\pm$ 0.2	3.9 $\pm$ 0.2	59.6 $\pm$ 0.9

DP: Diámetro polar; DE: Diámetro ecuatorial; PFC: Peso fruto; PC: Peso de la cascara; MP: Peso de la pulpa; PS: Peso de semillas; P/F: Proporción pulpa/fruto.

Las características morfológicas encontradas en los frutos de las tres regiones en estudio se muestran en el Cuadro 3. Los tamaños de los frutos (DP y DE) fueron diferentes en las tres regiones ($p \leq 0.05$) y el Estado de México presentó valores superiores frente a los de Oaxaca y Veracruz ($p \leq 0.05$). Las dimensiones variaron desde 26.1 $\pm$ 0.4 mm a 35.1 $\pm$ 0.3 mm de DP y 21.9 $\pm$ 0.3 mm a 30.5 $\pm$ 0.2 mm de DE. Morton (1987) observó longitudes de 25 a 50 mm semejantes a las encontradas en este estudio en DP. De igual manera, Aslmoshtaghi & Shahsavar (2013) encontraron valores de 27.12 mm de DP y 28.99 mm de DE.

Cuadro 3. Mediciones morfológicas de frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) de tres regiones mexicanas.

Est	DP (mm)	DE (mm)	PFC (g)	PC(g)	MP(g)	PS(g)	P/F (%)
Oax	32.6±0.3 ^{bt}	27.4±0.2 ^b	14.6±0.4 ^b	1.9±0.05 ^b	10.1±0.3 ^b	2.5±0.07 ^b	66.9±0.4 ^b
Ver	26.1±0.4 ^c	21.9±0.3 ^c	8.6±0.4 ^c	1.3±0.05 ^c	5.6±0.3 ^c	1.8±0.08 ^c	64.0 ±0.4 ^c
deMéx	35.1±0.3 ^a	30.5±0.2 ^a	19.8±0.3 ^a	2.6±0.04 ^a	14±0.3 ^a	3.2±0.06 ^a	70.2±0.3 ^a
DMSH	1.11	0.79	1.26	0.15	1.0	0.23	1.28

tValores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) $\pm$ desviación estándar. Oax: Oaxaca; Ver: Veracruz; deMéx: Estado de México; DP: Diámetro polar; DE: Diámetro ecuatorial; PFC: Peso fruto; PC: Peso de la cascara; PP: Peso de la pulpa; PS: Peso de semillas; P/F: Proporción pulpa/fruto. DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

El peso del fruto es uno de los principales parámetros de calidad en la comercialización de la fruta. En este estudio, los valores medios de PFC, PC, PP y PS se presentan en el Cuadro 3. En el análisis morfológico del fruto se determinó que la pulpa es el componente mayoritario comparado con la cáscara y la semilla (Figura 8). Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los frutos de las tres regiones. Los frutos de Veracruz presentaron menores PFC, PP, PC y PS. Los frutos de la región del estado de México mostraron los valores superiores ($p \leq 0.05$). El peso varió desde 8.6±0.4g a 19.8±0.3g de PFC, 1.3±0.05g a 2.6±0.04g para PC, 5.6±0.3g a 14±0.3g para PP y 1.8±0.08g a 3.2±0.06g para PS. Estos resultados indican que existe variabilidad morfológica. Aslmoshtaghi y Shahsavar (2013) encontraron valores de 14.8 g de PFC, Pérez (2014) presentó frutos de peso 23.7 g similares a este estudio. Por su parte Molina (2014) determinó que la pulpa de los frutos siempre pesa más que la semilla, llegando a representar hasta el 80 % de su peso fresco.

Un aspecto importante en el fruto de níspero es su tamaño, ya que a mayor calibre (DE) podrá venderse más caro (Molina, 2014). Según MAPA (1990) los frutos de Oaxaca y México se clasificaron como frutos de calibre pequeño ya que presentaron DE entre 25 y 32mm. En el caso de los frutos de Veracruz con DE menor de 25 mm, no entraron en esta clasificación, por lo tanto, se consideran como frutos no comerciales. Esto puede verificarse visualmente en la Figura 9.

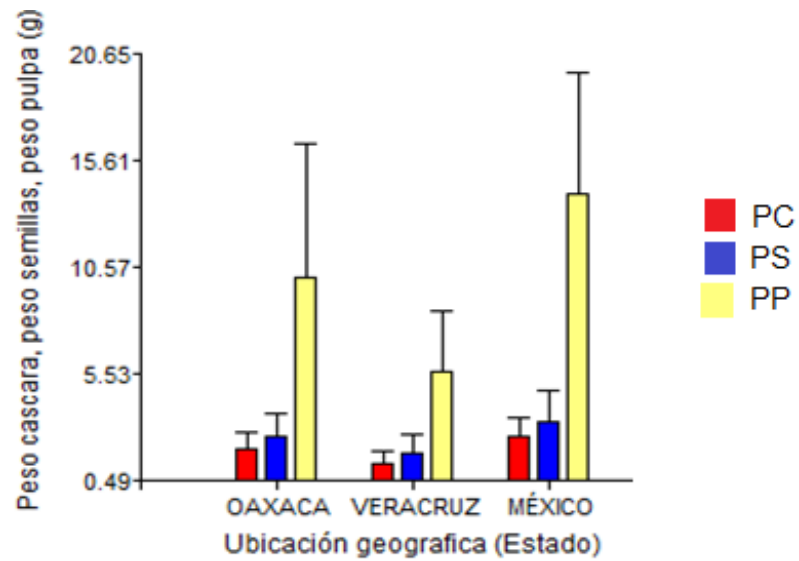


Figura 8. Componentes de frutos de níspero en gramos. PC: Peso cascara, PS: Peso semillas, PP: Peso pulpa.

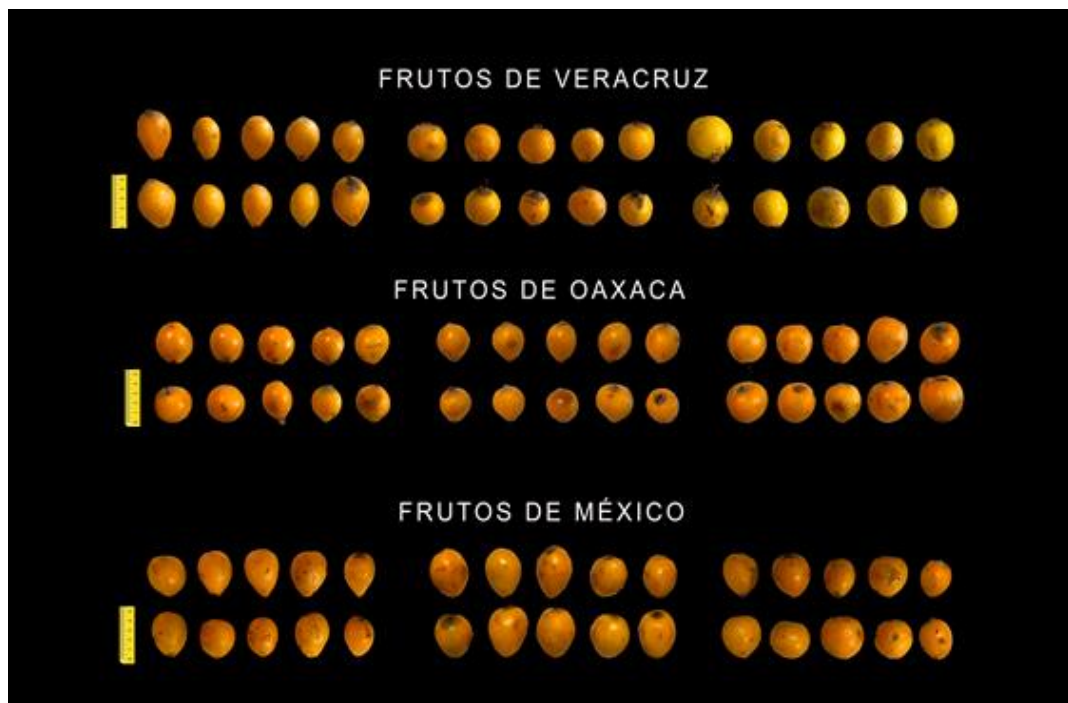


Figura 9. Tamaño y color de frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) de regiones del Estado de México, Oaxaca y Veracruz. La regla amarilla indica una medición de 5 cm.

En el Cuadro 3, también se observa un valor importante del 60 % de la proporción de pulpa/fruto (P/F) de las tres regiones; sin embargo, Ercisli *et al.* (2012) encontraron valores por encima del 80 % en todos los cultivares de su estudio. La proporción P/F mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los frutos

evaluados, siendo los frutos de Veracruz los de menor proporción P/F (64.0 ± 0.4 %) y los del Estado de México los de mayor P/F (70.2 ± 0.3 %). La proporción P/F encontrada, es conforme a lo reportado por Lin (1999). En cuanto al número de semillas se encontraron 3 ± 0.08 , 3 ± 0.06 , 2 ± 0.08 para Estado de México, Oaxaca y Veracruz respectivamente, datos similares a los descritos por Cuevas *et al.* (2003) con frutos que contienen desde una hasta cinco semillas. De igual manera Agustí *et al.* (2006) describió el fruto de níspero con 2 a 4 semillas marrones grandes de cubiertas marrón oscuro. Estas semillas se hallan unidas formando un núcleo en el centro del fruto y ocupan el 40 % a 50 % del volumen total de la fruta (Ruiz, 2017). En el caso del níspero el tamaño del fruto depende más del tamaño alcanzado por sus semillas, que de su número (Salvador, 1999). Gentile *et al.* (2016) encontraron valores desde 33.2 de PFC, 28 de PP, 4.6 de PS, 41.6 de DP y 35.4 de DE, caracterizándose por ser frutos más grandes en países del Mediterráneo, por lo tanto se identifica que los frutos evaluados de las regiones Mexicanas requieren mejorar en aspectos morfológicos para su comercialización incluyendo los de cultivos comerciales, lo que a futuro traería una enorme posibilidad de incluir un programa de mejoramiento genético que permitiera mejorar la calidad física de los frutos que sean de interés comercial y exportación para épocas del año donde los países productores mundiales como China y España no puedan producir por sus variaciones climáticas.

Algunos autores como Onofre & Toscano (2019) describieron los frutos como pomos cuya forma depende de la variedad y pueden ser redondeada, ovalada o elíptica, su color en la piel va desde el amarillo pálido al anaranjado intenso, y el color de la pulpa desde el blanco a naranja, pasando por diversos tonos de amarillo (Llácer *et al.*, 2004). La Figura 9 muestra 30 frutos de cada región de estudio escogidos aleatoriamente (3 muestras de un total de 30 por región) para visualizar la variabilidad en tamaño y color de los frutos de níspero. Se evidencia que en la zona de Veracruz los frutos colectados de árboles en jardines y para autoconsumo son más pequeños comparados con los de las demás regiones.

La importancia del color y tamaño del fruto radica en que, desde el punto de vista agronómico, el color externo del fruto se ha establecido como el principal factor determinante de la época de recolección (Cautín *et al.*, 2006). Los frutos de las regiones de los Estados de Oaxaca, de México y Veracruz, fueron mínimamente aceptados o no aceptados comercialmente en la clasificación M.A.P.A debido a su bajo calibre. Este problema agronómico puede ser debido a la competencia por carbohidratos entre los frutos durante el proceso de maduración antes de su colecta (Lin *et al.*, 1999), por lo que estudios realizados demostraron que el aclareo de frutos (Lin *et al.*, 1999), el rayado de ramas y la aplicación de reguladores de crecimiento como auxinas (Agustí *et al.*, 1997) son prácticas de gran interés que mejoran este problema en frutos de níspero.

Los valores medios de la morfología de frutos de níspero colectados de tres tipos de plantaciones se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Mediciones morfológicas de frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) de diferentes tipos de plantaciones.

Estado	DP (mm)	DE (mm)	PFC (g)	PC (g)	PP (g)	PS (g)	P/F (%)
CC	37.7±0.3 ^{af}	31.3±0.3 ^a	22.4±0.4 ^a	2.8±0.05 ^a	16.1±0.3 ^a	3.4±0.08 ^a	70.7±0.4 ^a
FH	32.1±0.3 ^b	28.1±0.2 ^b	15.1±0.3 ^b	2.1±0.04 ^b	10.4±0.2 ^b	2.6±0.06 ^b	67.9±0.3 ^b
FJ	26.1±0.3 ^c	21.9±0.3 ^c	8.6±0.4 ^c	1.3±0.05 ^c	5.6±0.3 ^c	1.8±0.08 ^c	63.9±0.4 ^c
DMSH	1.05	0.79	1.21	0.15	0.96	0.23	1.3

^fValores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) $\pm$ desviación estándar. Cultivos comerciales y con manejo agronómico (CC), Cultivos fomentados en Huertos (FH) y árboles fomentados en jardines y para autoconsumo (FJ); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

Todos los árboles de jardines (FJ) pertenecen a la región de Veracruz. Se encontraron diferencias significativas para todas las características morfológicas ($p \leq 0.05$) entre los frutos evaluados en este estudio. Los frutos de los jardines (FJ) presentaron los valores medios más bajos, mientras los correspondientes a cultivos comerciales (CC), presentaron los valores mayores para todas las características morfológicas. Según MAPA (1990) los frutos de los cultivos comerciales (CC) se clasificaron como frutos de calibre mediano ya que presentaron DE entre 32 y 39mm, los frutos fomentados en huertos (FH) como frutos pequeños y los frutos de jardines (FJ) como frutos no comerciales. Esto

pudo ser ocasionado por el manejo agronómico y la fertilización llevada a cabo en los cultivos comerciales (CC), permitiendo alcanzar mejor tamaño en frutos, ya que este tipo de prácticas son esenciales para alcanzar mayores rendimientos en los cultivos (Álvarez et al., 2011)

3.3.2. Propiedades fisicoquímicas en fruto

El análisis fisicoquímico (Cuadro 5) mostró que los frutos del Estado de México, Oaxaca y Veracruz presentaron valores de pH diferentes ($p \leq 0.05$), los cuales variaron desde 3.7 ± 0.05 a 4.1 ± 0.05 y Oaxaca presentó valores superiores de pH. Los valores de acidez variaron desde 0.6 ± 0.06 a 0.93 ± 0.07 %, siendo los frutos de Veracruz superiores frente a los de Oaxaca ($p \leq 0.05$). Se identificó el comportamiento de menor acidez y mayor pH en los frutos estudiados. Los frutos de Oaxaca presentaron menor acidez y mayor pH ($p \leq 0.05$). El contenido de sólidos solubles totales (SST) de los frutos de Veracruz y Oaxaca fue superior frente a los frutos del Estado de México ($p \leq 0.05$) y no mostraron diferencias entre sí.

Cuadro 5. Mediciones fisicoquímicas de frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) de tres regiones mexicanas y tres tipos de plantaciones.

Región	SST (°Brix)	pH	Acidez (%)
Oaxaca	16.6 ± 0.4 ^{at}	4.1 ± 0.05 ^a	0.6 ± 0.06 ^b
Veracruz	17.3 ± 0.4 ^a	3.7 ± 0.05 ^c	0.93 ± 0.07 ^a
de México	14.5 ± 0.3 ^b	3.9 ± 0.04 ^b	0.8 ± 0.05 ^{ab}
DMSH	1.27	0.15	0.20
Tipo plantación	SST (°Brix)	pH	Acidez (%)
CC	13.9 ± 0.4 ^{bt}	3.9 ± 0.05 ^a	0.8 ± 0.07 ^{ab}
FH	16.1 ± 0.3 ^a	4.0 ± 0.04 ^a	0.7 ± 0.05 ^b
FJ	17.3 ± 0.4 ^a	3.7 ± 0.05 ^b	0.9 ± 0.07 ^a
DMSH	1.27	0.15	0.20

^tValores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) $\pm$ desviación estándar. Cultivos comerciales y con manejo agronómico (CC); Cultivos fomentados en Huertos (FH) y árboles fomentados en jardines y para autoconsumo (FJ); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

Resultados similares fueron reportados por varios autores: pH 3.51, 11.8 °Brix de SST, 0.28 a 0.95 % acidez (Undurraga et al., 2011), 7 a 13 °Brix de SST y 0.25 a 1.7 % acidez (Martínez et al., 2000), 8.7° a 11.3 °Brix de SST y 0.56 a 1.32 % acidez (Pérez, 2014). 12 °Brix de SST a 0.9 % acidez (Jiménez, 2017), 15.5 °Brix

de SST y 1.3 % acidez (Cuevas & Rubí, 2019), 11.84 °Brix de SST y 0.75 a 0.98 % acidez (Hasegawa, 2010), 9.01 a 14.58 °Brix de SST a 0.21 a 1.31 % acidez (Ercisli *et al.*, 2012), 11.8 a 13.9 °Brix de SST y 0.18 a 0.24 % acidez (Xu *et al.*, 2014) y 11.4 a 19.6 °Brix de SST y 0.15 a 0.73% acidez (Xu & Chen, 2011) en frutos de China. pH desde 3.5 a 4.3, 10.9 a 14.6 °Brix de SST y 0.7 hasta 1.2 % Toker *et al.* (2013). En todos los casos la acidez fue expresada en porcentaje de ácido málico.

Para el tipo de plantación (Cuadro 5), los frutos de jardines (FJ) y huertos (FH), presentaron mayor contenido de SST y son diferentes frente a los cultivos comerciales (CC) ($p \leq 0.05$). Los frutos FJ y CC presentaron alto contenido de acidez y presentaron diferencias con frutos FH ($p \leq 0.05$). El menor pH lo presentaron los frutos FJ y mostraron diferencias con las demás plantaciones ($p \leq 0.05$). Estas variaciones podrían estar influenciadas por las condiciones agronómicas (especie, cultivar, fertilización, entre otras), los factores climáticos, la disponibilidad de agua, presentando de esta manera efectos sobre la valoración de SST, pH y acidez de la pulpa del fruto ya que involucra a los fitoquímicos del mismo (Björkman *et al.*, 2011).

3.4. Conclusiones

Los frutos de níspero de las regiones de los Estados de Veracruz, México y Oaxaca presentaron variabilidad morfológica y fisicoquímica. En general, se identificó frutos de calibre pequeño en todo el estudio, ocasionando su rechazo mediante la clasificación M.A.P.A. para su comercialización. Los frutos mostraron un importante contenido de SST, acidez y pH, siendo los de Veracruz y México los de mayor acidez y los de Oaxaca y Veracruz los de mayor SST. La clasificación M.A.P.A permitió identificar frutos medianos a los frutos de mayor tamaño en el estudio (los frutos de cultivos comerciales) pero con contenidos bajos de SST, Por lo tanto, mejorar mediante prácticas agronómicas el tamaño de los frutos, no le asegura las propiedades fisicoquímicas de interés. Basado en esto, es importante pensar en la posibilidad de un plan de mejora genética con el fin de obtener frutos de mayor tamaño y mayor contenido de SST, debido a su

gran importancia que estas características presentan en la calidad de frutos para la comercialización y consumo.

3.5. Literatura citada

- Álvarez H. J. C. & Munro, O. D. (2011). Relación entre el contenido de nitrógeno en peciolo y producción de frutos de papaya. *Revista Bio Ciencias*. 1(3):18-26.
- A.O.A.C. Association of official analytical chemists. (1990). *Official Methods of Analysis*. Arlington, VA : The Association. 15, 1000-1050.
- Agustí, F.M. (2010). Fruticultura. Ed. Mundi Prensa, Madrid. 2, 179-188.
- Agustí, M. (2008). Crecimiento y maduración del fruto. En Azcón J. y Talón M. (Eds.), *Fundamentos de Fisiología Vegetal (2ª ed.)*. Ed. McGraw-Hill y Ed. UB, 519-536.
- Agustí, M., & Reig, C. (2006). Fisiología. En Agustí, M., Reig, C., & Undurraga, P. (Eds.), *El cultivo del níspero japonés*. Gráficas Alcoy, 97-129.
- Agustí, M., Juan, M., Almela, V., Andreu, I. & Speroni, C. (1997). *Estímulo del desarrollo de los frutos de hueso*. Generalitat Valenciana, Serie Divulgación Técnica, 38, 89-105.
- Agustí, M., Reig, C., & Undurraga, P. 2006. El cultivo del níspero japonés. 183-209. 67-83.
- Alós, E., Martínez, F.A., Reig, C., Mesejo, C., Rodrigo, M.J., & Agustí, M. (2017). Ethylene biosynthesis and perception during ripening of loquat fruit (*Eriobotrya japonica* Lindl.). *Journal of Plant Physiology*, 210, 64-71.
- Aslmoshtaghi, E., & Shahsavar. A.R. (2013). Study on the Induction of Seedless Loquat. *Thai Journal of Agricultural Science*, 46(1): 53-57.
- Ateyyeh, A.F., & Qrunfleh, M.M. (1998). Studies on the loquat *Eriobotrya japonica* Lindl cv. Tanaka. I. Vegetative and reproductive growth in the Jordan Valley. *Dirasat: Agricultural Sciences*, 25, 55-63.
- Besada, C., Gil, R., Navarro, P., Soler, E. & Salvador, A. (2011). Physiological characterization of 'Algeri' loquat maturity: external colour as harvest maturity index. *Acta Horticulturae*, 887, 351-356.
- Björkman, M., Klingen, I., Birch, A. N. E., Bones, A. M., Bruce, T. J. A., Johansen, T. J., Meadow, R., Mølmann, J., Seljåsen, R., Smart, L. E. & Stewart, D. 2011. Phytochemicals of *Brassicaceae* in plant protection and human health - influences of climate, environment and agronomic practice. *United Kingdom Phytochemistry*, 72. 538-556.
- Blumenfeld, A. (1980). Fruit growth of loquat. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105, 747-750.

- Cabrera, V.D. (2015). *Influencia de la aplicación de las auxinas de síntesis 2,4-DP y 3, 5, 6-TPA durante la fase lineal del crecimiento del fruto en el tamaño final y maduración del níspero japonés (Eriobotrya japonica Lindl.)*. Universidad Politécnica de Valencia. 45 p.
- Cautín, R., Castro, M., Reig, C., & Agustí, M. (2006). Técnicas de cultivo. 163-200.
- Cuevas, J.; Salvador, F.J.; Gavilán, J.; Lorente, N.; Hueso, J.J. & González-Padierna, C.M. (2003). Loquat fruit sink strength and growth pattern. *Scientia Horticulturae*, 98, 131-137.
- Cuevas, V. & Rubí, C. (2019). Efecto de la cinética de acidez, sólidos solubles y azúcares reductores en pulpa de níspero (*Eriobotrya japonica* L.). Universidad Nacional de Trujillo. 53-67.
- Cutanda, T.A. (2015). *Efecto del rayado de ramas y la aplicación de auxinas de síntesis sobre el desarrollo del fruto y la maduración del níspero japonés (Eriobotrya japonica Lindl.)*. Universidad Politécnica de Valencia. 18-21.
- Ercisli, S., Gozlekci, S., Sengul, M., Hegedus, A., & Tepe, S. (2012). Some physicochemical characteristics, bioactive content and antioxidant capacity of loquat (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.) fruits from Turkey. *Scientia Horticulturae*, 148. 185–189.
- Famiani, F., Battistelli, A., Moscatello, S., Cruz-Castillo, J.G., & Walker, R.P. (2015). The organic acids that are accumulated in the flesh of fruits: occurrence, metabolism and factors affecting their contents – a review. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 21(2), 97-128.
- Gentile, C., Reig, C. Corona, O., Todaro, A., Mazzaglia, A, Perrone, A., Gianguzzi, G., Agustí, M., & Farina, V. (2016). Pomological traits, sensory profile and nutraceutical properties of nine cultivars of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruits grown in Mediterranean Area. *Plant Foods for Human Nutrition*, 71 (3), 330-8.
- González, L., Lafuente, M.T. & Zacarías, L. (2004). Maturation of loquat fruit (*Eriobotrya japonica* Lindl.) under Spanish growing conditions and its postharvest performance. *Options Médit.*, 58, 171-179.
- Hasegawa, P., Faria, A., Mercadante, A., Chagas, E., Pio, R., Lajolo, F., Cordenunsi, B. & Purgatto, E. (2010). Chemical composition of five loquat cultivars planted in Brazil. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 30 (2), 552-559.
- Jiménez, J.J. (2017). *La mancha morada en níspero japonés (Eriobotrya japonica Lindl.) cv. 'Algenie'. Factores relacionados en su aparición*. Universidad de Almería. 45-62.
- Lin, S., Sharpe, R.H., & Janick, J. (1999) Loquat: Botany and Horticulture. *Horticultura. Reviews*, 23, 233-276.

- Llácer, G., Badenes, M. L. & Martínez-Calvo, J. (2004). *Plant material of loquat in Mediterranean countries. First International Symposium on Loquat, Valencia (España)*. April 2002. *Options Méditerranéennes* 58. 45-52.
- López, L. L. (1998). Caracterización de frutos de nueve selecciones de níspero. *Memoria Fundación Salvador Sánchez Colín*. 109-114.
- M.A.P.A. (1990). Normas de calidad para nísperos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 12 p.
- Martínez-Calvo, J., Badenes, M.L. y G. Llácer. 2000. *Descripción de variedades de níspero japonés. Generalitat Valenciana*. Conserjería de Pesca Agricultura y Alimentación. 119, 124-134.
- Molina, A.L. (2014). Control hormonal del desarrollo del fruto en el níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.). Universidad Politécnica de Valencia. 76-87.
- Morton, J.F. (1987). *Fruits of warm climates*. Ed. Creative Resource System. Inv. N.C. 505, 65-89.
- Onofre, H.J.L. & Toscano, E.J.A. (2019). *Desarrollo de una bebida refrescante y aderezo utilizando el níspero (Eriobotrya japonica) del cantón Pimampiro de la provincia de Imbabura*. Universidad de Guayaquil. 67-73.
- Pérez, C.S. (2014). *Aclarantes químicos alternativos a la amida del ácido naftalen acético (anam) en el cultivo del Níspero japonés*. Universidad de Almería. 45-52.
- Ruiz, P. L. (2017). *Deshidratación del níspero para producto de infusión*. Chiapas: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. 57-75.
- Salvador, S.F. (1999). Predicción del tamaño del fruto en níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv `Algerie´. Determinación de los niveles óptimos de aclareo de frutos. Universidad de Almería. 67-74.
- Sellés, S. (2007). *Pardeamiento enzimático del fruto de níspero (Eriobotrya japonica cv. Algerie): enzimología y fisiología de las polifenol oxidasas*. Universidad de Alicante. 54-76.
- Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) con información de las delegaciones de la SAGARPA en los estados, 2008.
- Toker, R., Golukcu, M., Tokgoz, H., & Tepe, S. (2013). Organic acids and sugar compositions of some loquat (*Eriobotrya japonica* L.) cultivars grown in Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 19. 121-128.
- Undurraga, M.P.L, Olaeta, C.J.A, & Cancino, C. (2011). Ethylene, enzymatic and respiratory pattern evolution in loquat (*Eriobotrya japonica* (thunb.) Lindl.) Cv. Golden nugget in the last four sequential stages of maturation, *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71(4), 530-535.

- Xu, H.X, Li, X.Y., & Chen, J.W. (2014). Comparison of phenolic compound contents and antioxidant capacities of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruits. *Food Science Biotechnology*, 23 (6), 2013-2020.
- Xu, H.X. & Chen, J.W. (2011) Commercial quality, major bioactive compound content, and antioxidant capacity of 12 cultivars of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruits. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 91, 1057-1063.

4. PROPIEDADES ANTIOXIDANTES EN FRUTOS DE NÍSPERO (*Eriobotrya japonica* Lindl.) EN TRES REGIONES DE MÉXICO

Resumen

Actualmente existe un creciente interés por explorar especies vegetales introducidas y de consumo localizado, debido a su potencial como fuente de fitoquímicos útiles para la prevención de enfermedades. El objetivo de este estudio fue caracterizar la pulpa de frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) procedentes de tres regiones de México para determinar su potencial nutracéutico. Frutos por región y tipo de plantación se sometieron a un análisis de contenido de fenoles, flavonoides, carotenoides, azúcares totales y sus propiedades antioxidantes mediante los ensayos FRAP y ABTS. Las mediciones se realizaron a la pulpa liofilizada de 96 árboles de níspero. El contenido de fenoles varió entre 3.2 ± 0.1 y 3.8 ± 0.2 mg EAG g⁻¹_{bs} y los flavonoides entre 2.1 ± 0.1 y 2.6 ± 0.2 mg EC g⁻¹_{bs} con una proporción de 55.2 % a 68.4 % de flavonoides presentes en el contenido total de fenoles; el mayor contenido se encontró en frutos de Veracruz y México, así como los de jardines y comerciales ($p \leq 0.05$). Los carotenoides variaron entre 30.3 ± 8.4 y 75.4 ± 7.3 µg EβC g⁻¹_{bs} con mayor contenido en frutos de Estado de México y Oaxaca, los comerciales y de huertos ($p \leq 0.05$). La capacidad antioxidante ABTS se encontró entre 23.9 ± 0.8 y 28.2 ± 1.4 µmol ET g⁻¹_{bs} con mayor capacidad antioxidante en frutos de Veracruz, los de jardines y huertos ($p \leq 0.05$). La capacidad antioxidante mediante FRAP y los azúcares, no mostraron variabilidad. La variación en los fitoquímicos puede deberse a factores exógenos que involucran fertilización, manejo agronómico, condiciones climáticas, déficit de agua, entre otras. Los frutos de níspero estudiados muestran un nivel de fitoquímicos comparable con el de frutos de esta misma especie descritos para países productores de este cultivo.

Palabras clave: capacidad antioxidante, *Eriobotrya japonica* Lindl., potencial nutracéutico.

ANTIOXIDANT PROPERTIES IN LOQUAT FRUITS (*Eriobotrya japonica* Lindl.) FROM THREE REGIONS OF MEXICO

Abstract

Currently exist an increasing interest in exploring introduced and locally consumed plant species, due its potential as a phytochemicals source useful for disease prevention. The aim of this research was to characterized the pulp of loquats (*Eriobotrya japonica* Lindl.) from regions of State of México, to determine its nutraceutical potential. Fruits by region and cultivation method were submit for analysis of phenol content, flavonoids, total carotenoids, sugar content and its antioxidant properties was estimated by FRAP y ABTS assays. Measurements was realized on lyophilized pulp from 96 loquat trees. Phenols content ranged between 3.2 ± 0.1 y 3.8 ± 0.2 mg EAG $\text{g}^{-1}_{\text{bs}}$ and flavonoids between 2.1 ± 0.1 y 2.6 ± 0.2 mg EC $\text{g}^{-1}_{\text{bs}}$ in a proportion of 55.2 % to 68.4 % of flavonoids presents on total phenols content; the highest content was found in Veracruz and México as gardens and comercial crops ($p \leq 0.05$). Carotenoids ranged between 30.3 ± 8.4 and 81 ± 7.3 μg E β C $\text{g}^{-1}_{\text{bs}}$ with the highest content on fruits from State of Mexico and Oaxaca, comercial crops and orchards ($p \leq 0.05$). Antioxidant capacity ABTS was found between 23.9 ± 0.8 and 28.2 ± 1.4 μmol ET $\text{g}^{-1}_{\text{bs}}$ and FRAP between 20.2 ± 1.1 and 22.5 ± 1.5 μmol ET $\text{g}^{-1}_{\text{bs}}$ with the highest antioxidant capacity on fruits from Veracruz, gardens and orchards ($p \leq 0.05$). Antioxidant capacity using FRAP and sugars does not show variability. Variation found among phytochemicals could be due to exogenous factors related to fertilization, agronomic management, climate conditions, water deficit and others conditions. The loquat fruits studied showed levels of phytochemicals comparable with fruits of the same specie described by countries producing this crop.

Keywords: Total sugars, antioxidant capacity, carotenoids, *Eriobotrya japonica* Lindl., phenols, flavonoids.

4.1. Introducción

El níspero se consume preferentemente en fruta fresca por su agradable sabor, y contiene un gran número de nutrientes esenciales, principalmente minerales, vitaminas y polifenoles (Ding *et al.*, 2001). De los azúcares presentes en el fruto maduro los más sobresalientes son la fructosa, sacarosa, glucosa y sorbitol. De los ácidos orgánicos el más representativo es el ácido málico (Famiani *et al.*, 2015) con 89 % del total de los ácidos presentes, aunque también se ha reportado la presencia en pequeñas cantidades de ácido cítrico, tartárico y succínico (Nagy y Shaw, 1980). Las dos vitaminas más estudiadas son la vitamina C (ácido ascórbico) y la vitamina A (-caroteno). El contenido de ácido ascórbico en 100 g de pulpa fresca de níspero provee menos del 10 % de la cantidad diaria recomendada por la FDA (Food and drug administration), mientras que la cantidad de vitamina A es más del 100 % de lo recomendado ingerir diariamente (Nagy y Shaw, 1980).

Además de los minerales y vitaminas, el níspero contiene una gran cantidad de compuestos fenólicos, los cuales están ampliamente distribuidos en las plantas (Ding *et al.*, 1998). Tanto la fruta como las hojas del níspero se incluyen a menudo en remedios caseros chinos para la tos y el asma (Want *et al.*, 2003) ya que por sus compuestos fenólicos y algunos triterpenos tienen efectos anticancerígenos, antiinflamatorios e hipoglucémicos (Ju *et al.*, 2003). Los compuestos fenólicos juegan un papel importante en la apariencia visual de alimentos y también son relevantes en términos de sabor y aroma (Tomás y Espín, 2001). El interés por los fitoquímicos dietéticos de la fruta se ha centrado principalmente en los compuestos fenólicos que se consideran los componentes antioxidantes más importantes de la fruta fresca del níspero (Xu *et al.*, 2014).

En estudios como el de Xu *et al.* (2011) se ha demostrado que hay una correlación positiva significativa entre la capacidad antioxidante y el contenido de fenólicos y flavonoides de la fruta de níspero. Zhou *et al.* (2001) describieron que el perfil fenólico del níspero varía de acuerdo con el crecimiento, la maduración, la genética, el ambiente y su forma de consumo.

La aceptación comercial de un genotipo depende del tamaño de la fruta, el color, los ácidos orgánicos, los azúcares, la firmeza de la pulpa y los componentes antioxidantes contenidos (Xu *et al.*, 2014). Por tanto, es importante conocer la variabilidad fitoquímica existente en frutos de níspero de plantaciones de la región que permita a futuro incursionar en planes de mejora hortícola. El objetivo de esta investigación es describir los fitoquímicos predominantes en los frutos de níspero cultivados en tres regiones mexicanas localizadas en los estados de México, Veracruz y Oaxaca, con el propósito de obtener información que sea de utilidad para futuros estudios de mejoramiento genético.

4.2. Materiales y métodos

4.2.1. Materia prima e instrumentación

El proceso de liofilización de las muestras de pulpa se llevó a cabo congelando la pulpa en nitrógeno líquido, seguido de la liofilización (LABCONCO 77510 00 con una temperatura de -44 °C y una presión de 17×10^{-3} mBar durante 72 horas). Posteriormente las muestras fueron cuidadosamente molidas en un procesador de alimentos NutriBullet para la obtención de pulpa de fruto de níspero liofilizado pulverizada. Las absorbancias se midieron en un lector de microplacas multidetector con el software Gen5 (Biotek Instruments Inc. Winoosky, VT, USA).

4.2.2. Preparación de extractos para ABTS, FRAP, fenoles y flavonoides totales

La pulpa liofilizada y pulverizada (0.6 g), se mezcló con 25 mL de metanol 80 % en tubos falcón, para obtener una concentración de 0.024 g mL^{-1} . La mezcla se agitó en vortéx (1 min, a 3000 rpm, vortéx synergy, WVR international) y se ajustó el pH a 3, usando ácido clorhídrico 10 %. Después, los extractos se obtuvieron por agitación en vortéx (3 min, a 3000 rpm, Vortéx synergy, WVR International), sonicación (15 min, ultrasonic cleaner 8890, Cole Parmer), agitación en incubadora (30 min, a 30 ° C, Incubadora Orbital Prendo INO-650 M). Finalmente, la mezcla fue centrifugada (15 min, 4000 rpm, centrifuga SOLBAT J-600, México) y el sobrenadante se recuperó y se aforó con metanol 80 % para obtener un

volumen final de 25 mL. Los extractos se prepararon por triplicado para cada muestra y se conservaron en frascos ámbar en refrigeración. A partir de estos extractos se midió la concentración de fenoles y flavonoides totales, así como la capacidad antioxidante.

4.2.2.1. Ensayo de decoloración con el radical catiónico ABTS•+ (2,2'-azino-bis (3 etilbenzotiazolina-6-sulfónico))

El ensayo ABTS para determinar la capacidad antioxidante del extracto metanólico de pulpa de nísperos se llevó a cabo mediante la metodología propuesta por Re *et al.*, (1999) adaptada a microplacas. La disolución ABTS•+ se preparó mezclando volúmenes iguales 1:1 (v/v) de la disolución ABTS (7.4 mL) y la disolución de persulfato de sodio (2.6mL). Esta mezcla se dejó incubar a temperatura ambiente por 16 horas protegiéndose de la luz para mantenerse posteriormente en refrigeración. Se utilizaron microplacas de 96 pozos. De la disolución ABTS•+ se tomó una alícuota de 600 μ L y se aforó a 10 mL con metanol puro. Finalmente se verificó que la absorbancia a 734 nm, estuviera en el rango de 0.7 a 1.2. La curva de calibración se preparó con trolox como agente antioxidante de referencia en un intervalo de concentraciones de 4.99 a 59.93 μ M, de donde se obtuvo una ecuación que fue utilizada para determinar la capacidad antioxidante de las muestras. Una muestra de 20 μ L del extracto se mezcló con 180 μ L de la disolución ABTS•+ y después de 15 min de reacción se midió la absorbancia a una longitud de onda de 734 nm, como blanco se utilizó 200 μ L de ABTS•+. Las muestras se evaluaron por cuadruplicado y sus resultados se expresaron en micromoles equivalentes de trolox por gramo de pulpa en base seca (μ mol ET g⁻¹_{bs}).

4.2.2.2. Ensayo FRAP (Ferric Reducing/Antioxidant Power)

En ensayo FRAP se evaluó por el método de Benzie y Strain (1996) adaptado a microplacas. Primero se prepararon las siguientes disoluciones: amortiguador de acetato (300 μ M, pH de 3.6), TPTZ (2, 4, 6 tripiridil-s triazina) (10 mL en 40 mL HCL) y FeCl₃·6H₂O (20 mL). Las disoluciones anteriores se mezclaron en una relación 10:1:1 (v/v), respectivamente. Se utilizaron microplacas de 96 pozos. La ecuación de la curva de calibración se obtuvo con trolox en un intervalo de

concentraciones de 3.8 a 46 μM . Las absorbancias de las mezclas de reacción se midieron a 595 nm. Se tomó una alícuota de 20 μL de estándar (Trolox) o muestra y se mezcló con 180 μL de disolución FRAP y 60 μL de agua destilada. Se usó como blanco 260 μL de FRAP. Finalmente, los resultados se expresaron en micromoles equivalentes de Trolox por gramo de pulpa en base seca ($\mu\text{mol ET g}^{-1}\text{bs}$).

4.2.2.3. Determinación de Fenoles Totales

El contenido de fenoles totales se determinó siguiendo el método de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965) adaptado a microplacas. Se prepararon carbonato de sodio 20 % y Folin-Ciocalteu 1:10 (v/v). Se utilizaron microplacas de 96 pozos. En cada pozo se mezclaron: extracto de pulpa de nísperos (25 μL), agua destilada (125 μL), el reactivo Folin-Ciocalteu (20 μL) y carbonato de sodio 20 % (30 μL). La mezcla de reacción se agitó y se dejó reposar durante 30 minutos en ausencia de la luz. La curva de calibración se preparó con ácido gálico en un intervalo de concentraciones de 2.5 a 29 $\mu\text{g/mL}$. Las absorbancias de las mezclas de reacción se midieron a 760 nm. La ecuación obtenida de la curva de calibración permitió determinar la concentración de fenoles de las muestras. Los resultados fueron expresados en miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra en base seca ($\text{mg EAG g}^{-1}\text{bs}$).

4.2.2.4. Determinación de Flavonoides Totales

El contenido de flavonoides totales fue determinado de acuerdo a Kubola y Siriamornpun (2011). Se prepararon las siguientes disoluciones: nitrito de sodio (NaNO_2 , 5%), cloruro de aluminio hexahidratado ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 10 %), hidróxido de sodio (NaOH , 5 %). La curva de calibración se preparó con catequina en un intervalo de 5 a 29.5 $\mu\text{g mL}^{-1}$. En un tubo falcón se mezclaron: extracto de pulpa de níspero (0.5 mL), agua destilada (2.5 mL), NaNO_2 5 % (0.15 mL) y se dejaron reposar durante 6 minutos, posteriormente se añadió $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0.3 mL), 5 minutos después se añadió NaOH 5 % (1mL). La mezcla se agitó en vortéx (3000 rpm, 3 min). Se utilizaron microplacas de 96 pozos. En cada pozo se adicionó 200 μL de cada mezcla de los tubos falcón. La absorbancia se midió a 510 nm.

La ecuación obtenida de la curva de calibración de catequina se usó para determinar la concentración de fenoles de las muestras. Los resultados fueron expresados en miligramos equivalentes de catequina por gramo de muestra en base seca ($\text{mg EC g}^{-1} \text{bs}$).

4.2.3. Determinación de azúcares totales

El contenido de azúcares totales se determinó mediante la metodología planteada por Rao y Pattabiraman (1990). Se prepararon las siguientes disoluciones: fenol al 5 % (2.5 g en 50 mL de agua destilada), ácido sulfúrico concentrado y stock de glucosa (152 mg en 50 mL de agua destilada). La curva de calibración se preparó con glucosa en un intervalo de concentraciones de 15.2 a 75.3 $\mu\text{g/mL}$. Cada muestra de pulpa de níspero liofilizada (0.1 g) se mezcló en 50 mL de agua destilada. La mezcla se agitó en vortéx (2500 rpm, 3 min), posteriormente se centrifugó (3500 rpm, 10 min). y el sobrenadante se aforó a 10 mL con agua destilada. Posteriormente se hicieron diluciones en las proporciones 1:8, 1:10, 1:15 y 1:20. En tubos de vidrio de 10 mL se mezclaron 300 μL de la muestra, 300 μL de fenol 5 %, 1.5 mL de ácido sulfúrico y se dejó reposar durante 20 minutos. Se utilizaron microplacas de 96 pozos con tapa. En cada pozo se añadió 200 μL de cada mezcla de reacción. Las absorbancias se midieron a 490 nm. La ecuación obtenida de la curva de calibración de glucosa se usó para determinar la concentración de azúcares de las muestras. Los resultados fueron expresados en miligramos equivalentes de glucosa por gramo de muestra en base seca ($\text{mg EG g}^{-1} \text{bs}$).

4.2.4. Determinación de carotenoides

El contenido de carotenoides se determinó mediante el método de Ordoñez *et al.* (2009). Se prepararon los extractos de las muestras de pulpa de níspero 0.1 gramo de muestra liofilizada en 10 mL de hexano-acetona 3:2 (v/v). Las muestras se agitaron en vortéx (3000 rpm, 1 min), y después en incubadora (9 min, 30 °C). La mezcla se centrifugó (1277 rpm, 15 min) y el sobrenadante se aforó a 10 mL con hexano-acetona 3:2 (v/v). La absorbancia se midió a 450 nm en espectrofotómetro. Se preparó β -Caroteno (100 mg en 100 mL de hexano-acetona 3:2 (v/v)) para obtener la curva de calibración en un intervalo de 0.5 a 4

µg/mL. La ecuación obtenida de la curva de calibración se usó para determinar la concentración de carotenoides de las muestras. Los resultados fueron expresados en miligramos equivalentes de β-Caroteno por gramo de muestra en base seca (mg EβC g⁻¹_{bs}).

4.2.5. Análisis estadístico

Los experimentos se manejaron con un diseño experimental completamente al azar para tres regiones de México y tres tipos de plantación. Se realizaron tres repeticiones por tratamiento. Se aplicó un análisis de varianza ANOVA y comparación de medias de tratamientos (Tukey≤0.05) mediante el paquete estadístico Infostat.

4.3. Resultados y discusión

4.3.1 Contenido de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante

En el Cuadro 6 se muestran los resultados del contenido de fenoles y flavonoides totales y capacidad antioxidante en la pulpa de frutos de níspero, procedentes de las regiones de Veracruz, Oaxaca y Estado de México. Como se puede observar, los frutos de Veracruz y Estado de México presentaron los frutos con valores superiores en contenido de fenoles (CFT) y diferentes al de frutos de Oaxaca ($p \leq 0.05$). Los frutos de Veracruz mostraron valores superiores de flavonoides totales (CF), siendo superiores y diferentes ($p \leq 0.05$) a los encontrados en los frutos de Oaxaca y de México. El contenido de flavonoides represento más de la mitad de contenido de fenoles totales.

Cuadro 6. Contenido de fenoles totales (CFT), flavonoides totales (CF) y capacidad antioxidante (FRAP y ABTS) en frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) de tres regiones de México

Estado	CFT (mg EAGg ⁻¹ _{bs})	CF (mgECg ⁻¹ _{bs})	ABTS (µmol ETg ⁻¹ _{bs})	FRAP (µmol ETg ⁻¹ _{bs})
Oaxaca	3.2±0.1 ^{bt}	2.1±0.1 ^b	24.5±0.9 ^b	20.2 ±1.1 ^a
Veracruz	3.8±0.2 ^a	2.6±0.2 ^a	28.2 ±1.4 ^a	22.5 ±1.5 ^a
de México	3.8±0.1 ^a	2.1±0.1 ^b	23.9 ±0.8 ^b	20.6 ±0.9 ^a
DMSH	0.4	0.3	3.5	4.1

^tValores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) ± desviación estándar. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

La capacidad antioxidante se obtuvo por los ensayos ABTS y FRAP (Cuadro 6). Para ABTS mostró valores mayores en frutos de Veracruz y diferentes a los de Oaxaca y México ($p \leq 0.05$). Los valores encontrados mediante la metodología FRAP mostraron contenidos iguales para los frutos de las tres regiones ($p \leq 0.05$). Muchos autores han realizado estudios en níspero para determinar la capacidad antioxidante de este fruto. Xu *et al.* (2014) reportaron valores similares de capacidad antioxidante, contenido de fenoles y flavonoides totales en base húmeda, con cantidades de 2.9 - 4.9 $\mu\text{mol ET g}^{-1}_{\text{bh}}$ para ABTS, 3.1 - 5.4 $\mu\text{mol ET g}^{-1}_{\text{bh}}$ para FRAP, 0.6 - 0.9 mg EAG $\text{g}^{-1}_{\text{bh}}$ para fenoles y 0.1 - 0.2 mg ERutina $\text{g}^{-1}_{\text{bh}}$ para flavonoides. Xu y Chen (2011) encontraron valores menores para fenoles, ABTS y FRAP con cantidades de 0.57 mg EAG $\text{g}^{-1}_{\text{bh}}$, 1.3 - 3.3 $\mu\text{mol ET g}^{-1}_{\text{bh}}$ y 2.6 - 3.7 $\mu\text{mol ET g}^{-1}_{\text{bh}}$, respectivamente. Ahumada *et al.* (2013) encontraron en frutos maduros un contenido de fenoles de 3.4 ± 0.07 mg EAG $\text{g}^{-1}_{\text{bh}}$ y ABTS con 30.5 ± 1.1 $\mu\text{mol ET g}^{-1}_{\text{bh}}$. Ercisli *et al.*, (2012) por su parte describieron valores similares en su estudio para fenoles totales (140 - 253 $\mu\text{g EAG g}^{-1}_{\text{bh}}$), ABTS (1.8 a 4.5 $\mu\text{mol ET g}^{-1}_{\text{bh}}$) y FRAP (3.1 a 5.9 $\mu\text{mol ET g}^{-1}_{\text{bh}}$). Además, Rivas *et al.* (2020) demostraron que existe una correlación positiva entre el contenido de fenoles totales, flavonoides y la capacidad antioxidante, esto sugiere que los flavonoides y compuestos fenólicos son los que contribuyen en gran manera a la actividad antioxidante. En el mismo estudio se evaluó la actividad antioxidante para diferentes frutas salvadoreñas, siendo el níspero el cual presentó mayores valores.

El contenido de fenoles, flavonoides totales y la capacidad antioxidante de los frutos de níspero para tres tipos de plantaciones encontradas en esta investigación se muestra en el Cuadro 7. Los frutos se clasificaron así: cultivos comerciales y con manejo agronómico (CC), árboles fomentados en Huertos (FH) y árboles fomentados en jardines y para autoconsumo (FJ). Se observó que el contenido de fenoles (CFT) de los frutos comerciales (CC) presentó valores superiores frente a los frutos de los huertos (FH) y no se observó diferencias con frutos de los jardines (FJ) ($p \leq 0.05$). El contenido de flavonoides (CF) es mayor en frutos de los jardines (FJ) y diferentes al de frutos comerciales (CC) y de

huertos (FH) ($p \leq 0.05$). Los frutos de los jardines (FJ) mostraron mayor capacidad antioxidante ABTS frente a los comerciales (CC) pero no mostró diferencia con los frutos de los huertos (FH) ($p \leq 0.05$) y el ensayo FRAP para capacidad antioicante no mostró diferencias entre los frutos de las tres regiones ($p \leq 0.05$).

Cuadro 7. Contenido de fenoles totales (CFT), flavonoides totales (CF) y capacidad antioxidante (FRAP y ABTS) en frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) de tres tipos de plantaciones

Tipo plantación	CFT (mg EAG g ⁻¹ _{bs})	CF (mg EC g ⁻¹ _{bs})	ABTS (μmol ET g ⁻¹ _{bs})	FRAP (μmol ET g ⁻¹ _{bs})
CC	3.84±0.1 ^a	2.2±0.1 ^b	23.3±0.9 ^b	22.3 ±1.1 ^a
FH	3.40±0.1 ^b	2.1±0.1 ^b	24.7 ±0.8 ^{ab}	19.2 ±0.9 ^a
FJ	3.77±0.2 ^{ab}	2.6±0.2 ^a	28.2 ±1.4 ^a	22.5 ±1.6 ^a
DMSH	0.42	0.4	3.5	4.0

^aValores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) ± desviación estándar. Cultivos comerciales y con manejo agronómico CC: Cultivos fomentados en Huertos; FH: y árboles fomentados en jardines y para autoconsumo (FJ). DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

La variabilidad encontrada podría deberse a que el contenido de fitoquímicos incluyendo los compuestos fenólicos, varía por muchos factores entre los que se encuentran los cambios por condiciones ambientales como clima y región (Zhou *et al.*, 2011). Los frutos de jardines (FJ) son árboles sin practicas agronómica inapropiada o nulas, como la fertilización y el riego, y presentan el menor tamaño del estudio, además de ser frutos con cantidades importantes de fitoquímicos, esto es posible que ocurra debido a que el déficit de nutrientes y agua, puede restringir el crecimiento de las plantas reduciendo la actividad fotosintética y en tales condiciones, los carbohidratos no estructurales tienden a acumularse y con ello se sintetizan mayor cantidad de sustancias de defensa basadas en carbono pertenecientes a los metabolitos secundarios como son los compuestos fenólicos (Valares, 2011); estos estudios han sido confirmados en especies que se desarrollan con baja disponibilidad de nutrientes o de agua como los cítricos (Bryant *et al.*, 1995 y Gershenzon, 1984).

3.3.2 Azúcares totales y carotenoides totales

El Cuadro 8 muestra el contenido azúcares y carotenoides totales para los frutos colectados de las regiones de Oaxaca, Veracruz y México.

Cuadro 8. Mediciones fitoquímicas: azúcares totales y carotenoides totales de frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) de tres regiones mexicanas

Estado	Azúcares totales (mg EG g ⁻¹ _{bs})	Carotenoides totales (µg EβC g ⁻¹ _{bs})
Oaxaca	498.5±45.7 ^a	49.5 ±6.5 ^{ab}
Veracruz	399.9±83.4 ^a	30.3 ±8.4 ^b
de México	466.1 ±51.1 ^a	75.4 ±7.3 ^a
DMSH	225	28.3

^aValores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) ± desviación estándar. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

El contenido de azúcares totales no muestra diferencias en las tres regiones estudiadas ($p \leq 0.05$). Valores similares fueron encontrados por Jiménez *et al.* (2017) en frutos de níspero de España (531 mg g⁻¹_{bs}). Considerando un valor de 21.4 % de contenido de materia seca en la pulpa de níspero, las muestras de Oaxaca, Veracruz y Estado México contienen 10.6, 8.5 y 9.9 g 100 g⁻¹_{bh} de azúcares totales, en base húmeda, respectivamente. Por lo tanto, estos datos son acordes con el estudio de Almeida *et al.* (2018) donde encuentran frutos de níspero con azúcares totales desde 1–18 g 100 g⁻¹_{bh} en base húmeda. Xu y Chen (2011) por su parte identificaron sacarosa, fructosa, glucosa y sorbitol como los principales azúcares en 12 cultivares de frutos de níspero. Cao *et al.*, (2013) encontraron una pequeña concentración de galactosa en fruto maduro de nísperos y Amorós *et al.*, (2003) determinaron que el azúcar predominante en el fruto maduro es la sacarosa.

Los carotenoides totales son superiores en los frutos de la región del Estado de México frente a los de Veracruz, pero no son diferentes a los de Oaxaca ($p \leq 0.05$). Ercisli *et al.*, (2012) encontraron valores similares para el contenido de carotenoides totales desde 38.9 hasta 78.5 µg EβC g⁻¹_{bh} y Ferreira *et al.* (2009) también observaron valores similares desde 15.5 hasta 30.2 µg EβC g⁻¹_{bh}. La acumulación de carotenoides es diez veces mayor en la piel que en la pulpa (Alós *et al.*, 2019). Estudios realizados por Ding (1998) encontraron que la pulpa del níspero contiene carotenoides principalmente β-caroteno y β-criptoxantina y son

los responsables del color amarillo y naranja. La síntesis de carotenoides y su acumulación en el fruto está influida por factores ambientales (Tasa *et al.*, 2019) y se da durante la maduración del fruto. Estudios realizados por González *et al.*, (2004) demostraron que a medida que aumenta el contenido de carotenoides en la pulpa del fruto, disminuye la acidez, aumenta los sólidos solubles totales y el contenido de glucosa, sacarosa, fructuosa y sorbitol, ácido abscísico, entre otros. En el Cuadro 9 se presentan los valores promedio de azúcares y carotenoides totales, para los frutos de níspero de las distintas plantaciones encontradas en este estudio. Cultivos comerciales y con manejo agronómico (CC), Cultivos fomentados en Huertos (FH) y árboles fomentados en jardines y para autoconsumo (FJ).

Cuadro 9. Mediciones fitoquímicas: azúcares y carotenoides totales de frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) de tres tipos de plantaciones.

Tipo de plantación	Azúcares totales (mg EG g ⁻¹ _{bs})	Carotenoides totales (µg EβC g ⁻¹ _{bs})
CC	421.0±36.8 ^a	65.6 ±7.6 ^a
FH	583.3±46.1 ^a	56.5 ±8.8 ^{ab}
FJ	399.9 ±70.4 ^a	30.3±100.3 ^b
DMSH	191.4	31.9

^aValores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) ± desviación estándar. Cultivos comerciales y con manejo agronómico (CC), Cultivos fomentados en Huertos (FH) y árboles fomentados en jardines y para autoconsumo (FJ). DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

Los azúcares totales no presentaron variaciones para el tipo de plantación ($p \leq 0.05$), por lo tanto, se infiere que los factores exógenos como manejo agronómico, clima y riego no causan diferencias entre los frutos en el contenido de azúcares. En cuanto al contenido de carotenoides mostró los valores mayores en los cultivos comerciales (CC) frente a los de jardines (FJ) pero sin diferencias con los de los huertos (FH) ($p \leq 0.05$). Las plantas de jardines (FJ) son las que no presentan manejo agronómico y se encuentran en los jardines pudiendo ser afectadas por las condiciones climáticas, de agua y suelo (Lima *et al.*, 2005). De manera general, la composición química de los frutos, específicamente la síntesis y acumulación de compuestos fenólicos, carotenoides y vitaminas en frutos puede verse afectada por varios factores como variedad, manejo agronómico,

condiciones climáticas, condiciones del suelo, etapa de maduración, almacenamiento, entre otros (Harris, 1997), esto podría deberse a que los frutos de Veracruz, los más pequeños en este estudio, acumularon alto contenido de fenoles y flavonoides, debido a que los carbohidratos no estructurales tenderían a acumularse ante condiciones de estrés por factores exógenos y con ello se sintetizaran mayor cantidad de sustancias de defensa basadas en carbono pertenecientes a los metabolitos secundarios como son los compuestos fenólicos y se afectara la síntesis de carotenoides y azúcares de los mismos.

4.4. Conclusiones

Los frutos estudiados presentaron variabilidad fitoquímica. Los frutos colectados en la región de Veracruz presentaron mayor contenido de flavonoides, capacidad antioxidante ABTS y el contenido de fenoles fue superior junto con los del Estado de México. Los flavonoides contribuyen en más de mitad al contenido de fenoles totales. Los frutos con mayor contenido de carotenoides son los de Oaxaca y Estado de México. Los frutos más pequeños del estudio (frutos de Veracruz) presentaron alto contenido de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante, pero también presentaron bajo contenido de carotenoides. No se observó variabilidad en azúcares. Los datos de este estudio, serán de utilidad para un futuro plan de mejoramiento genético.

4.5. Literatura citada

- Ahumada, J., Fuentealba, C., Olaeta, J.A., Undurraga, P., Pedreschi, R., Shetty, K., Chirinos, R., Campos, D., & Gálvez R. L. (2017). Bioactive compounds of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv. Golden Nugget and analysis of *in vitro* functionality for hyperglycemia management. *Ciencia e Investigación Agraria*, 44(3), 272-284.
- Almeida, M., Guimaraes, A., Souza, K., & Oliveira, E. (2018). Loquat/Nispero-*Eriobotrya japonica* Lindl. En Rodríguez, S., Oliveira, E., & Sousa, E. (Ed.), *Exotic Fruit*. Academic Press. 55-63.
- Alós, E., Martínez, F.A., Reig, C., Mesejo, C., Zacarías, L., Agustí, M., & Rodrigo, M.J. (2019). Involvement of ethylene in color changes and carotenoid biosynthesis in loquat fruit (*Eriobotrya japonica* Lindl. cv. Algerie). *Postharvest Biology and Technology*, 149, 129-138.

- Amorós, A., Zapata, P., Pretel, M., Botella, M., & Serrano, M. (2003). Physicochemical and physiological changes during fruit development and ripening of five loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars. *Food Science and Technology International*, 9, 43-51.
- Benzie, I. F.F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 78-93.
- Bryant, J.P., & Julkunen-Tiitto, R. (1995). Ontogenetic development of chemical defense by seedling resin birch: Energy cost of defense production. *Journal of Chemical Ecology*, 21, 883-896.
- Cao, S., Yang, Z., & Zheng, Y. (2013). Sugar metabolism in relation to chilling tolerance of loquat fruit. *Food Chemistry*, 136(1), 139-143.
- Ding, C. K. (1998). Effects of storage temperatures on physiology and quality of loquat fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 14(3), 309-315.
- Ding, C.K., Chachin, K., Ueda, Y., & Mochioka, R. (1998). Changes in polyphenol concentrations and polyphenol oxidase activity of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruits in relation to browning. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 67, 360-366.
- Ding, C.K., Chachin, K., Ueda, Y., Imahori, Y., & Wang, C. Y. (2001). Metabolism phenolics compounds during loquat fruit development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2883-2888.
- Ercisli, S., Gozlekci, S., Sengul, M., Hegedus, A., & Tepe, S. (2012). Some physicochemical characteristics, bioactive content and antioxidant capacity of loquat (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.) fruits from Turkey. *Scientia Horticulturae*, 148, 185–189.
- Famiani, F., Battistelli, A., Moscatello, S., Cruz-Castillo, J.G., & Walker, R.P. (2015). The organic acids that are accumulated in the flesh of fruits: occurrence, metabolism and factors affecting their contents – a review. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 21(2), 97-128.
- Ferreira de Faria, A., Hasegawa, P.N., Alves, C.E, Pio, R., Purgatto, E. & Mercadante, A.Z. (2009). Cultivar influence on carotenoid composition of loquats from Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, 196-203.
- Gershenzon, J. (1984). Changes in the production of plant secondary metabolites under water and nutrient stress. *Plenum Press, New York*. 67-78.
- González, L., Lafuente, M.T., & Zacarías, L. (2004). Maturation of loquat fruit (*Eriobotrya japonica* Lindl.) under Spanish growing conditions and its postharvest performance. *Options Méditerranéennes*, 58, 171-179.

- Harris, R.S. (1977). Effects of agricultural practices on foods of plants origin. En Harris, R.S., Karmas, E. (Ed.). Nutritional evaluation of food processing. Avi publishing. 25-34.
- Jiménez, J.J. (2017). La mancha morada en níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv. 'Algenie'. Factores relacionados en su aparición. Universidad de Almería. 98-105.
- Ju, J.H., Zhou, L., Lin, G., Liu, D., Wang, L.W., & Yang, J.S. (2003) Studies on constituents of triterpene acids from *Eriobotrya japonica* and their anti-inflammatory and antitussive effects. Chinese Pharmaceutical Journal, 38. 752-757.
- Lima, V.L.A.G., Mélo, E.A., Maciel, M.I.S., Prazeres, F.G., Musser, R.S., Lima, D.E.S. (2005). Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. Food Chemistry, 90, 565-568.
- Nagy, S., & Shaw, P. E. (1980). Tropical and subtropical fruits. Avi Publishing Company Inc. 45-57.
- Ordoñez, L., Vázquez, L., Arbones, E., & Romero, M. (2009). The influence of storage time on micronutrients in bottled tomato pulp. Food Chemistry, 4, 146-149.
- Rao, P. & Pattabiraman, T.N. (1990). Further studies on the mechanism of phenol sulfuric acid reaction with furaldehyde derivates. Analytical Biochemistry, 189, 178– 181.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization. Free Radical Biology and Medicine, 26(4), 45-65.
- Rivas, M.M., Zaldaña, J., Gálvez, A., Castillo, U.G., Menjívar, J. Martínez, M.L., & Nuñez, M.J. (2020). Contenido de fenoles totales y actividad antioxidante en frutos de la flora salvadoreña. Revista Científica Multidisciplinaria de la Universidad de el Salvador-Revista Minerva, 3(2), 21-33.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16(3), 48-56.
- Tasa C.M., Pascual E.B., Pérez P.J.G. (2019). Riego deficitario controlado precosecha para inducir precocidad en níspero japonés [*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.]. Universidad Politécnica de Valencia.
- Tomás, B. F., & Espín, J. (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. Journal of Science of Food and Agriculture, 81, 853-876.
- Valares, M.C. (2011). Variación del metabolismo secundario en plantas debida al genotipo y al ambiente. Universidad de Extremadura. 47-67.

- Wang, Y.F., Zhou, Y.H., & Zhang, J.J. (2003). Pharmacodynamics of arbutin on relieving cough, dispelling phlegm, and preventing asthma. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 34, 739-741.
- Xu, H.X, Li, X.Y., & Chen, J.W. (2014). Comparison of phenolic compound contents and antioxidant capacities of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruits. *Food Science Biotechnology*, 23(6), 2013-2020.
- Xu, H.X. & Chen, J.W. (2011) Commercial quality, major bioactive compound content, and antioxidant capacity of 12 cultivars of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruits. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 91, 1057-1063.
- Zhou, C., Sun, C., Chen, K., & Li, X. (2011). Flavonoids, phenolics, and antioxidant capacity in the flower of *Eriobotrya japonica* Lindl. *International Journal of Molecular Sciences*, 12, 2935-2945.

5. CONCLUSIONES GENERALES

En México, el cultivo de níspero es minoritario y no tiene importancia económica significativa, sin embargo, representa un alto potencial frutícola para el país por su capacidad de adaptación a suelos y climas mexicanos. Los frutos de níspero muestran características de interés por su sabor y contenido de fitoquímicos, que le confieren propiedades nutraceuticas de gran importancia para el consumidor.

Se encontró variabilidad morfológica, fisicoquímica y fitoquímica que involucra factores endógenos y exógenos como el genotipo, fertilización, cuidados agronómicos, clima, disponibilidad de agua, entre otros. Se determinó que los frutos de la región de Veracruz y de los jardines fueron los más pequeños pero mostraron alto contenido de acidez, sólidos solubles totales, capacidad antioxidante ABTS, contenido de fenoles y flavonoides totales. Los frutos de la región del Estado de México y cultivos comerciales presentaron mayor tamaño y alto contenido de carotenoides. Los frutos de Oaxaca presentaron alto contenido de SST y carotenoides. Los del Estado de México mostraron alto contenido de acidez y flavonoides pero bajo contenido de sólidos solubles totales, con respecto a los frutos cultivados en países donde se originó y desarrolló esta especie. El contenido de carotenoides fue menor en los frutos más pequeños. Los frutos de huertos mostraron alta capacidad antioxidante ABTS. Los azúcares totales no variabilidad y la capacidad antioxidante FRAP, no mostraron variabilidad por región ni tipo de plantación.

Los parámetros estudiados son de gran importancia para la producción agrícola y el consumo, por lo que, su mejoramiento traería grandes beneficios. Los resultados obtenidos en este trabajo pueden ser de utilidad para futuros estudios de mejoramiento genético.