

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Caracterización fitoquímica del dátil (*Phoenix dactylifera* L.), vinculada con características químicas del suelo de tres huertas de traspatio

Por:

Judith Gutiérrez Martínez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México

Abril 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Caracterización fitoquímica del dátil (*Phoenix dactylifera* L.), vinculada con características químicas del suelo de tres huertas de traspatio

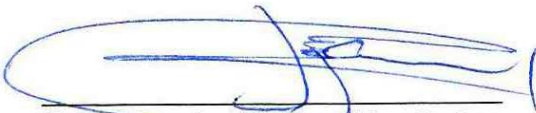
Por:

Judith Gutiérrez Martínez
TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por:



Dr. Alejandro Moreno Reséndez
Presidente



MCA. Rafael Ávila Cisneros
Vocal



Biol. María Isabel Blanco Cervantes
Vocal



Dr. Héctor Javier Martínez Agüero
Vocal suplente



Dr. J. Isabel Márquez Mendoza
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México

Abril 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Caracterización fitoquímica del dátil (*Phoenix dactylifera* L.), vinculada con características químicas del suelo de tres huertas de traspatio

Por:

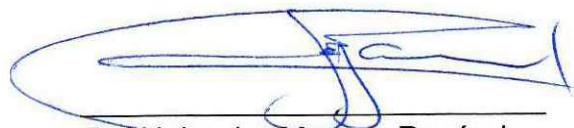
Judith Gutiérrez Martínez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Alejandro Moreno Reséndez
Asesor principal



MCA. Rafael Avila Cisneros
Asesor



Biol. María Isabel Blanco Cervantes
Asesor



Dr. Héctor Javier Martínez Agüero
Asesor suplente



Dr. J. Isabel Márquez Mendoza
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México

Abril 2024

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por proveerme salud, fuerza y perseverancia para completar esta tesis. Su presencia en mi vida me motivó a continuar cuando sentía que mis fuerzas declinaban. Su bondad y misericordia me han acompañado en cada paso de mi camino.

A mis padres el **Sr. Brígido Gutiérrez Cipriano y Sra. Lucina Martínez García**, por ser el pilar fundamental en mi vida. Su tenacidad y sacrificios me han traído hasta aquí. Este logro no hubiese sido posible sin su amor inagotable. Su presencia ha sido mi fortaleza.

A mi querida hermana **Berenice**, por creer en mí, por su paciencia y fe ciega en mis capacidades. Su presencia ha sido un regalo invaluable.

A mi mejor amigo **Miguel Ángel Álvaro Deara**, por iluminar con su alegría y optimismo mis días más grises durante mi estancia en la Universidad y en la fase de redacción de esta tesis.

A mi Asesor principal el **Dr. Alejandro Moreno Reséndez**, por la paciencia y dedicación, por compartir generosamente su experiencia y conocimientos a fin de orientarme de la mejor manera para el buen desarrollo de esta tesis.

A la **Biol. María Isabel Blanco Cervantes** y a la **Ing. Jessica Lizbeth Reyes Montes**, por su apoyo incondicional durante mi estancia en la UAAAN, por compartir su experiencia, conocimientos y amistad.

A mi **Alma Mater**, le debo gran parte de mis logros académicos. Me siento honrada de ser egresada de esta institución.

DEDICATORIAS

A **Dios** por ser mi guía y fortaleza en los momentos de debilidad y luz en medio de la oscuridad. Me levantaste cada vez que tropecé y pusiste en mi camino a las personas indicadas para guiarme, te dedico todos mis esfuerzos y desvelos invertidos en este trabajo, fruto de la sabiduría que me otorgaste.

A mi madre la **Sra. Lucina Martínez García**, por creer en mí incondicionalmente, por tus sacrificios y tu incansable apoyo en cada paso de mi camino, me inspiraste con tu fortaleza y me enseñaste a trabajar duro para cumplir mi meta.

A mi querida hermana **Berenice**, te dedico esta tesis como un pequeño reconocimiento a tu amor incondicional y tu apoyo constante. Has estado conmigo en cada momento, celebrando mis logros y motivándome en los tropiezos. Tu fortaleza y optimismo han inspirado mi vida. El mejor ejemplo de esfuerzo, valentía y resiliencia. Verte superar los obstáculos me han enseñado a nunca rendirme. Esta tesis es el resultado de tu fe en mí. Eres lo mejor que la vida me ha regalado.

A mi gran amigo **Miguel Ángel Álvaro Deara**, has estado conmigo en los momentos alegres y desafíos. Tu apoyo incondicional ha sido esencial para culminar esta etapa de mi vida. Me siento afortunada de poder contar con un amigo sincero como tú.

RESUMEN

El siguiente trabajo describe los estudios realizados sobre el fruto del dátil, éstos fueron recolectados de tres huertas de traspatio, de la Villa de Bilbao, municipio de Viesca, del estado de Coahuila de Zaragoza, México. Para evaluar sus características fitoquímicas y posteriormente vincularlas con las características químicas del suelo de cada huerta. Para lo anterior, se determinó el contenido total de fenoles por el método de Folin-Ciocalteu, el contenido total de flavonoides por el método de Cloruro de Aluminio por espectrofotometría de UV, así como la actividad antioxidante por el método del radical libre DPPH. Los análisis se realizaron por triplicado. Cada Huerta fue considerada, como tratamiento, empleándose un diseño experimental completamente al azar y la prueba de comparación de medias de Tuckey_{0.05}. Además se aplicó el análisis de correlación lineal de Pearson para determinar la relación entre las características fitoquímicas de los dátiles y las propiedades químicas de los suelos de las huertas de traspatio. La hipótesis planteada fue que los compuestos bioactivos presentes en los dátiles obtenidos en huerta de traspatio pueden variar dependiendo de las características químicas de sus suelos donde se producen. Las correlaciones estadísticamente significativas fueron entre el contenido de sólidos solubles (SS) en los dátiles y dos características del suelo: la materia orgánica (MO) y la conductividad eléctrica (CE). En conclusión, esto indica que a mayor MO en el suelo, mayor será el contenido de SS en los dátiles y a mayor CE en el suelo, menor será el contenido de SS en los dátiles.

Palabras clave: Abono orgánico, Actividad Antioxidante, Compuestos fenólicos, Nutrición vegetal, Producción de frutales

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 General	2
1.2.2 Específicos.....	2
1.3 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Antecedentes del dátil.....	4
2.2 Producción mundial.....	4
2.4 Descripción anatómica del fruto dátil	7
2.5 Composición nutricional del dátil	8
2.6 Influencia de las características edafoclimáticas en la composición del dátil ...	9
2.7 Abonos orgánicos	10
2.8 Metabolitos Secundarios.....	11
2.9 Antecedentes e importancia de los metabolitos secundarios	12
3. Clasificación de los metabolitos secundarios	13
3.1 Terpenos	13
3.2 Compuestos fenólicos o fenilpropanoides.....	14
3.3 Alcaloides	14
3.4 Glucósidos	15
4. Flavonoides	16
5. Actividad antioxidante.....	16
6. Sólidos solubles.....	17
7. pH.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 Material vegetal	20
3.2 Preparación de las muestras.....	20
3.3 Determinación de contenido total de fenoles	20

3.4 Determinación de contenido total de flavonoides	21
3.5 Determinación de actividad antioxidante.....	22
3.6 Determinación del contenido de sólidos solubles	22
3.7 pH.....	23
3.8 Determinación de la fertilidad de suelos.....	23
3.9 Análisis estadístico	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1 Contenido total de polifenoles	25
4.2 Contenido total de flavonoides.....	26
4.3 Actividad Antioxidante	27
4.4 Sólidos solubles	28
4.5 pH.....	29
4.6 Coeficientes de correlación	29
V. CONCLUSIONES	32
LITERATURA CITADA.....	33

CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 1. Valores promedio y significancia estadística de las variables evaluadas en dátiles, de tres huertas de la Villa de Bilbao, municipio de Viesca, Coahuila de Zaragoza, México.	25
Cuadro 2. Coeficientes de correlación de Pearson para las variables fitoquímicas, de calidad de los dátiles y las características de los suelos, de tres huertas de traspatio, de la Villa de Bilbao, municipio de Viesca, del estado de Coahuila de Zaragoza, México.	30

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Producción de <i>Phoenix dactylifera</i> a nivel mundial.	5
Figura 2. Producción de <i>Phoenix dactylifera</i> del 2019-2022 en México.	6
Figura 3. Principales municipios de México productores de <i>Phoenix dactylifera</i> en 2022.	7

I. INTRODUCCIÓN

P. dactylifera es un fruto que contiene una amplia variedad de compuestos bioactivos, tales como fenoles, flavonoides, carotenoides, vitaminas y minerales (Al-Farsi *et al.*, 2007). Estos compuestos le confieren al dátil propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas y cardioprotectores que son benéficas para la salud humana (Vayalil, 2012). Sin embargo, la composición y contenidos de estos metabolitos en el dátil pueden reflejar una gran variabilidad dependiendo de factores genéticos y ambientales, especialmente las propiedades físico-químicas de los suelos donde se desarrollan las palmas datileras (Fawole & Opara, 2013).

Se ha reportado que parámetros edáficos como el pH, el contenido de materia orgánica, así como de nitrógeno, fósforo y potasio influyen, significativamente, en la acumulación diferencial de compuestos fenólicos y carotenoides en frutos (Di Vaio *et al.*, 2020).

En el caso del dátil, la literatura reporta efectos variables de las características químicas del suelo sobre la composición fitoquímica; sin embargo, son escasos los estudios en huertos de traspatio (Al-Abdoulhadi *et al.*, 2011). Por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo determinar el perfil fitoquímico de los dátiles, así como las características físico-químicas de los suelos, de tres huertas de traspatio y establecer las correlaciones entre estas características.

1.1 Justificación

Es importante conocer cómo las características de los suelos en diferentes huertos de traspatio influyen en la composición fitoquímica del dátil. Este estudio pretende

llevar a cabo una caracterización de compuestos bioactivos presentes en el dátil, cosechado en tres huertas de traspatio. Adicionalmente, se evaluarán los principales parámetros químicos de cada suelo, como: pH, contenido de materia orgánica, conductividad eléctrica (CE) y capacidad de intercambio catiónico (CIC). Al establecer la correlación de la información fitoquímica de los dátiles, con las propiedades edáficas, permitirá conocer cómo las características químicas del suelo pueden afectar la acumulación de antioxidantes y de otros compuestos en el dátil y en consecuencia determinar las prácticas agrícolas que permitan mejorar el manejo de las palmas datileras y una mayor calidad fitoquímica de sus frutos.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Analizar la composición química y características físicas del dátil, así como de los suelos de las huertas de traspatio. Relacionando ambos análisis se generarán recomendaciones para mejorar el manejo agronómico y productividad de estos frutales. Los productores podrán aplicar esta información para aumentar la calidad y rentabilidad de sus cultivos. Determinar el perfil fitoquímico de los dátiles, así como las características físico-químicas de los suelos, de tres huertas de traspatio, y establecer las correlaciones entre estas características.

1.2.2 Específicos

- Determinar la composición fitoquímica de dátiles de las tres huertas de traspatio.

- Efectuar el análisis químico de muestras de suelos de tres huertas de traspatio.
- Establecer la correlación entre características fitoquímicas de los frutos y las químicas de los suelos de las huertas de traspatio.

1.3 Hipótesis

Los compuestos bioactivos presentes en los dátiles, obtenidos en diferentes huertas de traspatio, pueden variar dependiendo de las características químicas de los suelos donde se desarrollan las palmas datileras.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes del dátil

El cultivo de las palmas datileras tiene una larga historia que se remonta al antiguo Medio Oriente, hace aproximadamente 6000-8000 años (Zohary y Hopf, 2000). Se cree que esta especie se domesticó, por primera vez, en los oasis del desierto en Irak, Arabia Saudita, Bahrein, Israel y norte de África. Los fenicios y árabes expandieron su cultivo a través del norte de África y sur de Europa. (Barrow, 1998). Según Dowson (1982), sus frutos, los dátiles, han sido un alimento básico en el Medio Oriente durante miles de años. Las palmas datileras llegaron a América con los colonizadores españoles en el siglo XVIII y se establecieron en California, Arizona y Texas (Chao y Krueger, 2007).

Actualmente los principales productores de dátiles son los países de Medio Oriente y del norte de África. De acuerdo a la base de datos de la FAO (2023) estos países son: Egipto, Arabia Saudita, Irán, Argelia, Irak y Pakistán los cuales produjeron 1, 733,432.48 1,610,731, 1,030,459.72, 1,247,403.75, 715,293.32 y 732,935.96 t, respectivamente.

2.2 Producción mundial

La palma datilera es cultivada comercialmente en más de 30 países, siendo los mayores productores Egipto, Arabia Saudita, Argelia, Irán, Israel, Emiratos Árabes Unidos, Túnez, Estados Unidos de América y México ocupando el décimo lugar con una producción de 19,720 t. Se estima una producción mundial de 7.89 millones de

toneladas métricas en 2022, con Egipto como principal productor con 1.73 millones de toneladas (FAO, 2023).

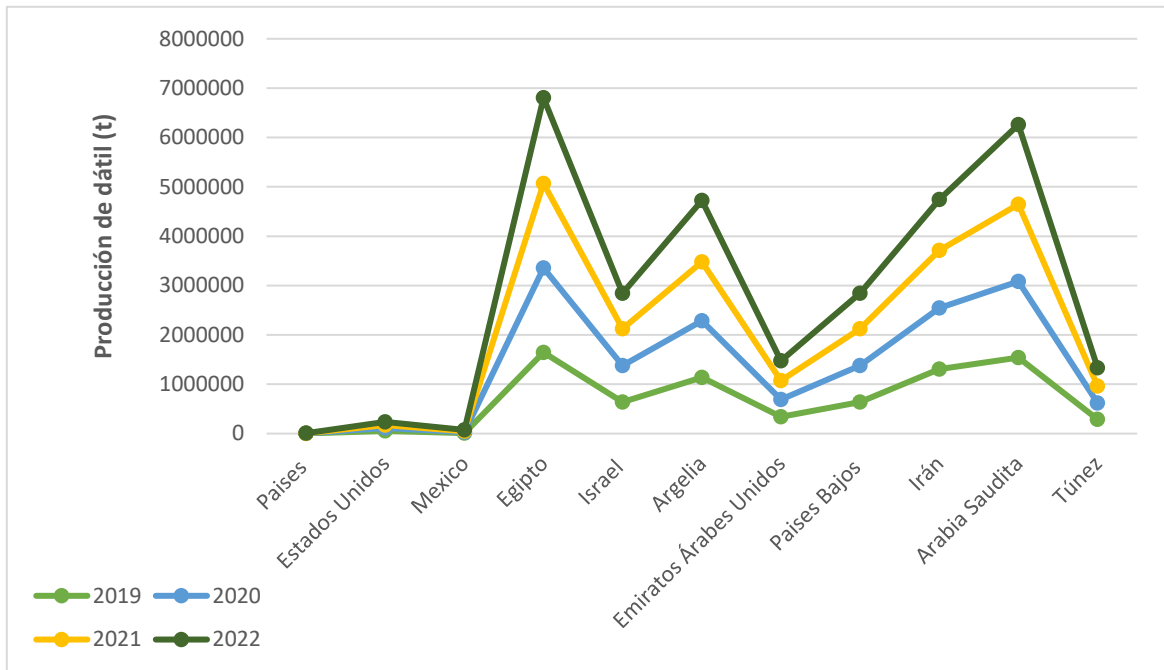


Figura 1. Producción de *Phoenix dactylifera* a nivel mundial.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la FAO, 2023.

2.3 Producción en México

El dátil es una fruta que se produce principalmente en las regiones áridas y semiáridas del norte de México, principalmente en los estados de Sonora, Baja California, Baja California Sur (SIAP, 2022).

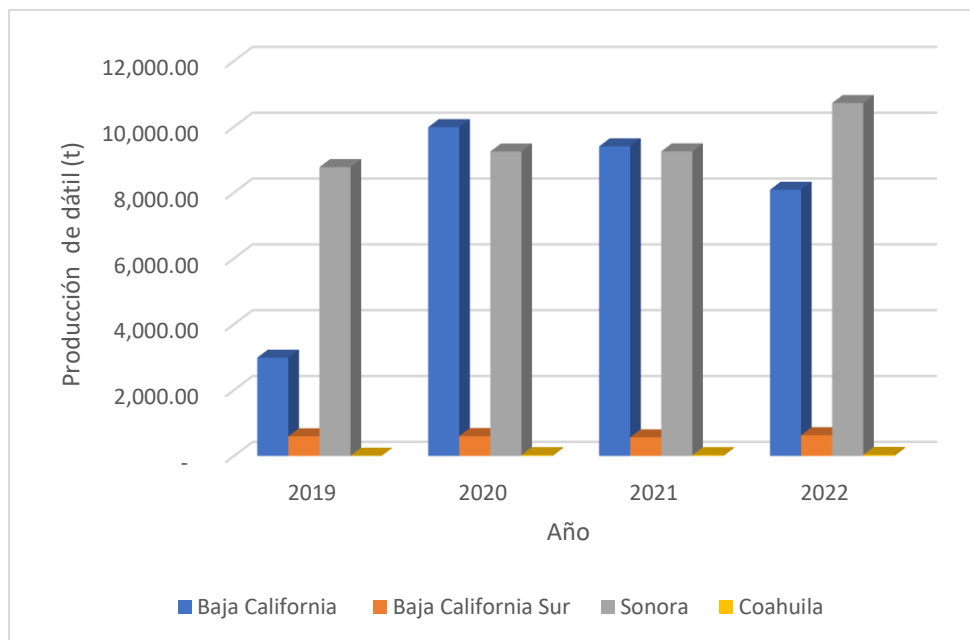


Figura 2. Producción de *Phoenix dactylifera* del 2019-2022 en México.

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP (2023).

En 2022, México tuvo una producción de 19,465.02 t de dátiles, con un valor de 1,287,152.01 en miles de pesos. Los principales municipios productores son San Luis Río Colorado, Sonora, con 10,592.64 t y Mexicali, Baja California, con 8,085.14 t, de las cuales se exportaron poco más de siete mil toneladas a los mercados de Estados Unidos y Australia (SIAP, 2023).

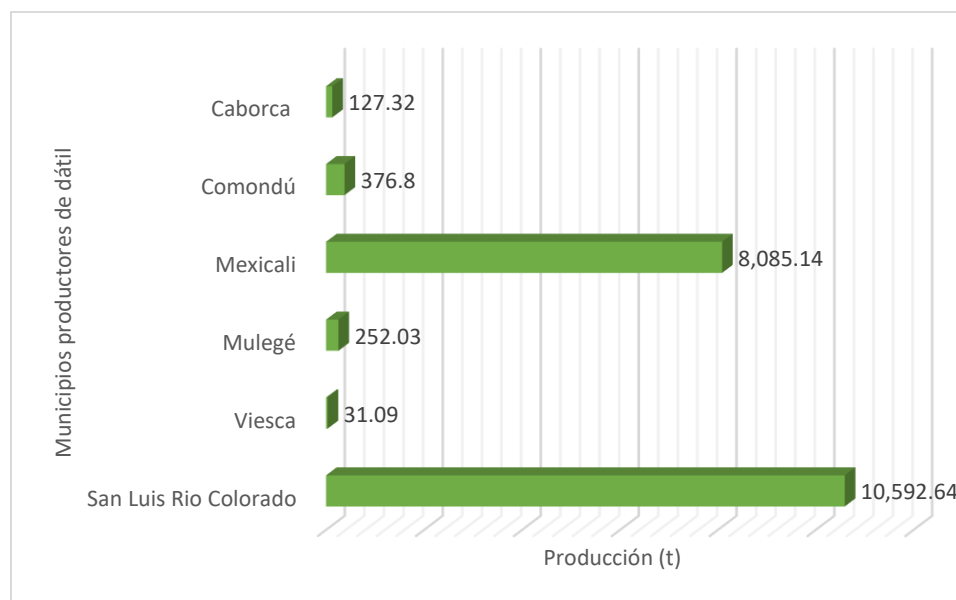


Figura 3. Principales municipios de México productores de *Phoenix dactylifera* en 2022.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del SIAP (2023).

2.4 Descripción anatómica del fruto dátil

El dátil es una drupa carnosa con una sola semilla alargada. El fruto consiste de una fina capa exterior llamada epicarpio, una capa media carnosa conocida como mesocarpio y una capa interna leñosa denominada endocarpio (Chao y Krueger, 2007). El mesocarpio es la parte que se consume fresca, o que se utiliza en la elaboración de otros productos alimenticios, derivados del dátil como: jarabes y mermeladas (Al-Farsi *et al.*, 2007). El mesocarpio contiene entre un 70–80 % de carbohidratos en forma de azúcares invertidos, fructosa y glucosa, que le dan el sabor dulce característico (Chaira *et al.*, 2009). También contiene fibra dietética, minerales como potasio, magnesio y calcio, así como diversas vitaminas del complejo B. La forma y tamaño del dátil varía de acuerdo a la variedad,

describiéndose formas ovoidales, cilíndricas o esféricas, con longitudes entre 3 a 7 cm. El color exterior puede ser amarillo, rojo o negro en la madurez (Dowson, 1982).

2.5 Composición nutricional del dátil

El dátil es considerado un alimento nutritivo debido a su alto contenido de carbohidratos, fibra, vitaminas y minerales. De acuerdo a Ghnimi *et al.* (2017), los dátiles contienen una gran cantidad de azúcares (hasta un 88 % en su base seca), incluyendo glucosa, fructosa y sacarosa. Son una fuente importante de fibra dietética, proporcionando 8-12 % de fibra soluble e insoluble. La fibra del dátil puede contribuir a la salud gastrointestinal y reducir los niveles de colesterol (Singh *et al.*, 2017). El contenido de humedad de los dátiles frescos oscila entre 10-30 %, mientras que los dátiles secos contienen menos del 10 % (Chandrasekaran & Bahkali, 2013). Los dátiles también contienen vitaminas hidrosolubles como tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico, así como vitaminas liposolubles como A, E y K (Baliga *et al.*, 2011).

De acuerdo a diversos estudios, los elementos minerales presentes en el dátil son: potasio, calcio, magnesio, hierro y zinc. Al-Farsi *et al.* (2007) reportaron potasio con un rango de 656-1262 mg por cada 100 g de su parte comestible. Saafi *et al.* (2011) determinaron contenidos de calcio entre 39.8-58.5 mg•100 g⁻¹ en diferentes variedades del dátil tunecino y valores entre 0.13-0.18 mg•100 g⁻¹ de zinc. Las variedades evaluadas por Chandra *et al.* (2019) contenían niveles de magnesio de 43.2-62.7 mg•100 g⁻¹ en peso fresco. Adicionalmente, se han reportado contenidos de hierro que varían entre 0.29-1.22 mg•100 g⁻¹ de acuerdo a la variedad (Ahmed *et al.*, 1995).

2.6 Influencia de las características edafoclimáticas en la composición del dátil

Los factores como el clima, tipo de suelo, topografía y disponibilidad de agua determinan el potencial de una región para el establecimiento exitoso de un cultivo (Awad, 2007). Asimismo, las condiciones climáticas como precipitación, temperatura, intensidad lumínica y humedad relativa influyen sobre el crecimiento vegetativo, floración, cuajado de frutos y rendimiento de los cultivos (Das, 2012). Las propiedades físicas y químicas del suelo como la textura, estructura, capacidad de intercambio catiónico, salinidad, acidez, entre otras, afectan procesos vitales de las plantas como la germinación de semillas, anclaje, absorción de agua y nutrientes (Shao y Chu, 2008).

Diversos estudios han demostrado que las condiciones de suelo y clima en las que se cultiva la palmera datilera tienen un efecto significativo en la composición nutricional y fitoquímica de los dátiles producidos. Según Al-Yahyai y Khan (2015), la calidad y composición química de los dátiles está determinada, en gran parte, por las propiedades físicas y químicas del suelo, el clima, las prácticas agrícolas y de manejo postcosecha. El contenido de azúcares, ácidos orgánicos, compuestos fenólicos y minerales en los dátiles puede variar de acuerdo a la ubicación geográfica y tipo de suelo donde se cultiven las palmas. Los suelos arenosos, por ejemplo, producen dátiles con menor contenido de azúcares y mayor acidez comparado con suelos arcillosos. Asimismo, en condiciones de mayor luminosidad, temperaturas cálidas y baja humedad favorecen la síntesis de azúcares en el fruto

En el mismo sentido, niveles más altos de compuestos poli fenólicos antioxidantes como ácidos fenólicos y flavonoides se han detectado en dátiles cultivados en ambientes más áridos y con mayor exposición solar (Habib *et al.*, 2014).

2.7 Abonos orgánicos

La fertilización de cultivos es una práctica agronómica esencial para obtener rendimientos adecuados, permite incrementar la producción y calidad de las cosechas, mejorando el estado nutricional de las plantas (González, 2020). El crecimiento poblacional y la mayor demanda de alimentos, han impulsado el que la agricultura dependa, en gran medida, de los fertilizantes sintéticos para incrementar los rendimientos. La gran dependencia de estos materiales conlleva riesgos ambientales y económicos que amenazan la sustentabilidad del sistema alimentario a futuro (Rodríguez y López, 2019).

Ante la situación, una alternativa, desde el enfoque sostenible, es la fertilización orgánica, empleando: compost, humus de lombriz, residuos de cosecha, estiércol y otros materiales orgánicos disponibles localmente (López, 2021). La fertilización orgánica mejora la estructura del suelo, incrementa la MO, aumenta la retención de humedad, mejora la CIC, favorece una mayor actividad microbiana, aporta nutrientes de lenta liberación y reduce la contaminación (Ramos, 2019; Moreno-Reséndez *et al.*, 2014).

Estudios en Omán y Egipto reportan que aplicar 5-10 t•ha⁻¹ de compost orgánico en palmeras aumenta rendimientos y calidad de dátiles, con frutos de mayor tamaño, sólidos solubles y contenido de vitaminas (Elsokkary *et al.*, 2020; Al-Amri, 2013). Adicionalmente, la incorporación al suelo de compost de cáscara de dátil puede

mejorar propiedades físico-químicas del suelo como la retención de humedad y fertilidad (Ibrahim *et al.*, 2022). Según Al-Oudat *et al.* (1998), la aplicación de estiércol ovino mejoró, significativamente, el rendimiento y la calidad de los frutos de dátil en comparación con el empleo de fertilizantes sintéticos. Además se aumentó el contenido de macronutrientes en las hojas.

Otros abonos orgánicos estudiados son los derivados de alperujo (subproducto de la extracción de aceite de oliva). Fernández-Escobar *et al.* (2009) concluyeron que la aplicación de compost de alperujo incrementó el número y peso de los frutos de dátil, así como los parámetros químicos del suelo. Por su parte, Baile *et al.* (2020) determinaron que el vermicompost de alperujo mejoró el crecimiento vegetativo y rendimiento de dátiles, al tiempo que redujo la salinidad del suelo. Por su parte, el uso de biochar, derivado de poda de palmeras datileras, aumenta la capacidad de intercambio catiónico del suelo, favoreciendo la disponibilidad de nutrientes para la palmera (El-Naggar *et al.*, 2019).

2.8 Metabolitos Secundarios

Los metabolitos secundarios son compuestos químicos provenientes de un ser vivo, generalmente, no están directamente relacionados con los procesos esenciales para su crecimiento, desarrollo y reproducción. Derivan bioquímicamente de rutas como el ciclo de Krebs o la ruta de ácido Shikímico ramificándose del metabolismo primario. A diferencia de los metabolitos primarios, los secundarios presentan una distribución taxonómica restringida y su producción depende de la planta, etapa de desarrollo y las condiciones ambientales (Taiz *et al.*, 2015). Los principales grupos de metabolitos secundarios son los terpenoides, compuestos fenólicos, alcaloides

y glucosinolatas. Éstos se acumulan en las vacuolas, glándulas secretoras o en tricomas (Wink, 2010).

2.9 Antecedentes e importancia de los metabolitos secundarios

Estos compuestos fueron descubiertos y estudiados inicialmente durante el siglo XIX, cuando los científicos empezaron a aislar y caracterizar los compuestos activos de las plantas medicinales (Bennett y Wallsgrove, 1994). Los metabolitos secundarios, compuestos bioactivos producidos por organismos vivos, tienen diversas aplicaciones biomédicas y biotecnológicas. Muchos de los metabolitos secundarios constituyen una fuente invaluable de medicamentos para el ser humano. Asimismo, se ha reportado que pueden ser de utilidad como: aditivos alimentarios, fragancias y pesticidas (Wink, 2003).

Los metabolitos secundarios, como los terpenoides, alcaloides y fenoles, representan una rica fuente de compuestos bioactivos, que pueden ser aprovechados como nuevos fármacos. Muchos metabolitos secundarios tienen actividades farmacológicas benéficas para prevenir o tratar enfermedades crónicas en el hombre (De Luca y St Pierre, 2000). Por ejemplo, los fenoles, flavonoides y antioxidantes de frutas y verduras previenen enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Pandey y Rizvi, 2009). Los flavonoides y los taninos, están siendo estudiados como terapias coadyuvantes en enfermedades neurodegenerativas y cáncer (Salehi *et al.*, 2019). Algunos pigmentos naturales extraídos de plantas, insectos y microorganismos tienen aplicaciones como colorantes alimenticios y textiles amigables con el ambiente (Mishra *et al.*, 2020).

3. Clasificación de los metabolitos secundarios

Según Ávalos y Pérez-Urria (2019), los metabolitos secundarios de las plantas se clasifican, principalmente, en cuatro grupos: terpenos, compuestos fenólicos, alcaloides y glucósidos.

3.1 Terpenos

Los terpenos son metabolitos secundarios producidos por plantas que pertenecen a la clase de compuestos conocidos como terpenoides (Wang *et al.*, 2021). Existen más de 20,000 terpenos conocidos, que se pueden clasificar en: monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, sesterterpenos, triterpenos y tetraterpenos, según el número de unidades de isopreno que contienen (Zwenger & Basu, 2008). Los terpenos cumplen diversas funciones en las plantas como atraer polinizadores, repeler herbívoros y regular procesos de crecimiento (Tholl, 2015). Además, muchos terpenos contribuyen al aroma y sabor distintivo de plantas y especias (Zi *et al.*, 2014). Algunos de los terpenos más comunes en plantas son limoneno, pineno, linalol, mentol, eucaliptol y canfeno (Russo, 2011).

Se ha demostrado que los terpenos presentan actividades biológicas beneficiosas para la salud humana, incluyendo propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, antimicrobianas y anticancerígenas (Russo, 2011; Wang *et al.*, 2021). Por ejemplo, el limoneno tiene actividad anticancerígena y ha mostrado inducir apoptosis en células tumorales (Zwenger & Basu, 2008). El mentol tiene propiedades analgésicas y antimicrobianas (Tholl, 2015).

Según Jassbi *et al.* (2006), los terpenoides que en mayor cantidad han sido identificados en los dátiles, mediante GC-MS, son el caroteno β -caroteno y los triterpenos β -amirina, β -sitosterol y estigmasterol. El contenido de estos compuestos varía entre distintas variedades de dátiles.

3.2 Compuestos fenólicos o fenilpropanoides

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios, producidos por plantas, que contienen un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilo (-OH) (Bravo, 1998). Existen más de 8,000 compuestos fenólicos identificados que se clasifican en diferentes grupos como flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos y lignanos (Tsao, 2010).

Los compuestos fenólicos poseen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias beneficiosas para la salud (Machado *et al.*, 2020). Estos compuestos se encuentran en altas concentraciones en frutas, verduras, cereales integrales, legumbres, semillas, hierbas y especias (Pandey & Rizvi, 2009). Algunos flavonoides como la quercetina inhiben la liberación de histamina, reduciendo procesos alérgicos e inflamatorios (Middleton *et al.*, 2000).

3.3 Alcaloides

Los alcaloides son metabolitos secundarios nitrogenados producidos por varias especies de plantas, hongos, bacterias y algunos animales (Robinson, 2019). Históricamente, los alcaloides han sido utilizados como medicamentos debido a su actividad farmacológica, aunque algunos son extremadamente tóxicos (Sánchez,

2020). Estos compuestos bioactivos han sido ampliamente estudiados por sus propiedades farmacológicas y sus aplicaciones médicas (Johnson, 2021).

Diversos alcaloides poseen actividad analgésica, como la morfina y la codeína, que se unen a receptores opioides para aliviar el dolor (Macmillan, 2020). Otros tienen propiedades antimaláricas, como la quinina y la artemisinina, que actúan contra el parásito *Plasmodium* causante de la malaria (Taylor *et al.*, 2018). También, algunos alcaloides funcionan como estimulantes del sistema nervioso central, por ejemplo la cafeína, la nicotina y la cocaína (Johnson, 2021).

Sin embargo, muchos alcaloides son altamente tóxicos y pueden tener severos efectos secundarios. Por ejemplo, la estricnina causa parálisis muscular, la atropina produce taquicardia y delirio, y la coniina es un depresor del sistema nervioso (Macmillan, 2020). El uso de alcaloides con fines terapéuticos requiere un cuidadoso balance entre la actividad farmacológica deseada y la toxicidad potencial de cada compuesto. Su complejidad química y biológica representa un reto, pero también un área de investigación prometedora.

3.4 Glucósidos

Los glucósidos son metabolitos secundarios de origen natural que poseen una parte glucosa unida mediante enlace glucosídico a una aglicona o genina que puede ser esteroide, flavonoide, terpenoide u otro compuesto (Patel & Goyal, 2015). Se encuentran ampliamente distribuidos en plantas y tienden a ser bioactivos, pues la parte glucosa aumenta su solubilidad (Kumar *et al.*, 2020).

Mansouri *et al.* (2005) aislaron e identificaron varios glucósidos flavonoides en dátiles de la variedad Deglet Nour, incluyendo derivados de quercetina,

isoramnetina y kaempferol y determinaron que estos compuestos exhiben actividad antioxidante. Singh *et al.* (2012) aislaron e identificaron nuevos glucósidos flavonoides en las semillas de dátil, demostrando su actividad inhibitoria sobre la enzima α -glucosidasa relacionada con la diabetes.

4. Flavonoides

Los flavonoides son compuestos fenólicos ampliamente distribuidos en el reino vegetal que cumplen importantes funciones en las plantas (Kumar & Pandey, 2013). Químicamente poseen una estructura base compuesta de 15 átomos de carbono arreglados en una configuración C6-C3-C6. Se clasifican en flavonas, flavonoles, flavanonas, flavanoles, antocianidinas, isoflavonas, etc., (Panche *et al.*, 2016). En un estudio con 18 variedades de dátiles de Omán, se identificaron rutina, quercetina, miricetina y kaempferol como los principales flavonoides (Singh *et al.*, 2012). Los contenidos de flavonoides totales varían ampliamente entre cultivares de dátil, en rangos de 60.4 a 199 mg por 100 g de peso fresco (Barreira *et al.*, 2016). Los flavonoides en dátiles actúan como antioxidantes naturales, contribuyendo a la prevención de enfermedades crónicas asociadas al estrés oxidativo (Baliga *et al.*, 2011).

5. Actividad antioxidante

La actividad antioxidante se define como la capacidad de compuestos bioactivos de proteger contra el daño causado por los radicales libres, al retardar o inhibir la oxidación de diversas moléculas orgánicas (Lobo *et al.*, 2010) Diversos estudios demuestran que el dátil posee una notable actividad antioxidante debido a su

composición de compuestos fenólicos y flavonoides. Vayalil (2012) encontró que extractos metanólicos de dátil tienen elevada actividad de captura de radicales DPPH *in vitro*, así como capacidad para inhibir la peroxidación lipídica. Los fenoles del dátil fueron los principales antioxidantes. Abdallah *et al.* (2019) reportaron alta actividad reductora y de captura de radicales superóxido, hidroxilo y óxido nítrico en extractos acuosos de dátil. El contenido de fenoles y flavonoides se correlacionó positivamente con dichas actividades.

Mansouri *et al.* (2005) aislaron varios flavonoides antioxidantes a partir de dátiles Deglet Noor, incluyendo derivados de quercetina, luteolina y apigenina. Los flavonoides inhibieron la peroxidación de ácidos grasos *in vitro*. Al-Turki *et al.* (2010) destacaron que el dátil tiene mayor actividad antioxidante que muchas frutas, atribuida a sus altos niveles de compuestos fenólicos como ácidos cinámicos y protocatéquico. Estos y otros estudios demuestran que el dátil posee potente actividad antioxidante debido a su particular composición de polifenoles. La actividad antioxidante es muy importante para preservar la salud y prevenir diversas enfermedades. Algunas de las principales funciones de la actividad antioxidante es proteger al organismo del estrés oxidativo, asociado al desarrollo de enfermedades como: cáncer, diabetes, enfermedades neurodegenerativas y cardiovasculares (Valko *et al.*, 2007).

6. Sólidos solubles

Los SS están compuestos principalmente por azúcares y ácidos orgánicos, y su concentración aumenta con la maduración, por lo que son un indicador adecuado del estado de madurez y vida postcosecha esperada en frutos (Wills *et al.*, 2007).

Los SS Tienen una relación directa con las características organolépticas como sabor y palatabilidad en frutos. Un mayor contenido de SS se asocia a mejor sabor y calidad gustativa (Nunes, 2008).

Estudios de SS en dátiles reportan rangos de 14.5 °Brix de la variedad Barhi en etapa Khalal (inicio de maduración) hasta 32.1 °Brix en etapa Tamar (maduros) (Al-Yahyai *et al.*, 2018). Otra investigación en dátiles Deglet Nour de Túnez reportó valores entre 22.33 y 44.67 °Brix dependiendo de la zona de cultivo y estado de madurez (Jridi *et al.*, 2015). Los dátiles se consideran aptos para cosecha y consumo cuando alcanzan 18-24 °Brix, aunque esto varía de acuerdo a la variedad (Al-Redhaiman, 2019).

7. pH

En frutos, el pH influye en características como sabor, color y textura (Sadler & Murphy, 2010). El pH óptimo para la mayoría de frutos es ligeramente ácido, entre 3 y 5 aproximadamente. Los frutos muy ácidos ($\text{pH} < 3$) suelen tener sabores agrios no deseados. Frutos con $\text{pH} > 5$ se consideran “insípidos” (Kader, 2002). El pH en frutos está influenciado por factores pre-cosecha como variedad, suelo, clima y post-cosecha como temperatura y atmósfera de almacenamiento (Bhagwat *et al.*, 2014). Algunos rangos de pH reportados son: naranjas (3.6-4.2), manzanas (3.3-4.1), fresas (3.0-3.5), uvas (3.1-3.8), bananos (4.5-5.2) (Paull & Chen, 2020). Estudios reportan rangos de pH en dátiles entre 5.2 en etapa Khalal (inicio de maduración) a 6.5 en dátiles maduros de la variedad Barhi (Ahmed *et al.*, 2016). Otras investigaciones muestran rangos de 4.67 a 5.98 en distintas variedades de dátiles como Deglet Nour, Allig y Kentichi en Túnez (Jridi *et al.*, 2015). La medición precisa

de pH permite establecer índices de madurez y posibles tratamientos post-cosecha en dátiles, para extender la vida útil (Al-Redhaiman, 2019).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material vegetal

Las muestras de dátil fueron recolectadas en tres huertas de traspatio localizadas en la Villa de Bilbao, municipio de Viesca, Coahuila de Zaragoza, México. A los dátiles se les extrajeron las semillas de la pulpa, separándolas de acuerdo a la huerta de origen (tres tratamientos) y se conformaron tres repeticiones. La pulpa de las muestras fue almacenada en bolsas plásticas, debidamente etiquetadas, para efectuar su congelación (4 °C), posteriormente fueron enviadas al laboratorio de Desarrollo de Productos Alimenticios de la Facultad de Estudios Profesionales, Zona Huasteca de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, para realizar las determinaciones correspondientes.

3.2 Preparación de las muestras

Se pesó 1 g de muestra, se diluyeron en 5 mL de etanol posteriormente se dejó reposar durante 24 h, una vez cumplido el tiempo se extrajo el sobredenante para continuar con los análisis.

3.3 Determinación de contenido total de fenoles

La determinación de compuestos fenólicos totales se realizó por espectrofotometría UV Genesys 10UV (Thermo-electron®), basándose en la reacción colorimétrica de óxido-reducción según Zamora (2016) con algunas modificaciones. En un tubo de ensaye se colocaron 50 µL de la muestra se mezclaron con 3 mL de agua destilada. Se agregaron 250 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu, se agitó en Vortex durante 10

s. Después de 3 minutos de reacción se añadieron 750 μL de Na_2CO_3 20 % y se agitó durante 10 s, en seguida se añadieron 950 μL de agua destilada, se agitó nuevamente en Vortex y se dejó reaccionar durante 2 horas a oscuras, envuelto en aluminio. Para la determinación de absorbancia de la solución se utilizó una longitud de onda de 760 nm, en un espectrofotómetro UV Genesys 10UV (Thermo-electron®). El estándar de ácido gálico fue disuelto en etanol absoluto. Los resultados se expresan en miligramos de ácido gálico por 100 g de pulpa fresca del fruto.

3.4 Determinación de contenido total de flavonoides

Los flavonoides se cuantificaron mediante un análisis de espectrofotometría UV Genesys 10UV (Thermo-electron®), basado en la formación de un complejo entre los iones de Al (III) y los grupos carbonilo e hidroxilo del flavonoide, según lo descrito por Zamora (2016) con algunas modificaciones. En tubos de ensayo se colocaron 250 μL de muestra, 1.25 mL de agua destilada y 75 μL de NaNO_2 al 5 %. Se agitó en Vortex y se dejó reposar por 5 minutos. Posteriormente, se añadieron 150 μL de $\text{AlCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ al 10%, nuevamente se agitó en Vortex y se dejó reposar 6 minutos. Se agregaron 500 μL de NaOH 1M y 275 μL de agua destilada y de nuevo se agitó en Vortex. Se utilizó en espectrofotómetro UV Genesys 10UV (Thermo-electron®) a 510 nm. El estándar de quercetina fue disuelto en etanol absoluto. Los resultados se expresan en miligramos de quercetina por 100 g de pulpa fresca del fruto.

3.5 Determinación de actividad antioxidante

La capacidad antioxidante fue determinada por el método del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)-, éste consiste en la medición de eliminación de radicales libres de los compuestos antioxidantes con DPPH; el radical es estable y tiene una coloración violeta que se decolora progresivamente, por la presencia de sustancias radicales. Se preparó una solución de 12 mg de DPPH en 50 mL de metanol, ajustando la absorbancia de la solución a 1.1 ± 0.002 a una longitud de onda de 515 nm. Para este ajuste, se diluyeron 5 mL de solución madre con 33 mL de etanol, que se utilizó como blanco. Para la cuantificación de capacidad antioxidante se mezclaron 150 μ L de muestra y 2850 μ L de solución DPPH, después se agitó brevemente y se leyó inmediatamente en el espectrofotómetro UV Genesys 10UV (Thermo-electron®) a 515 nm. El porcentaje de inhibición fue determinado mediante la ecuación:

$$\text{Porcentaje de inhibición del radical DPPH:} = \frac{A_{\text{inicial}} - A_{\text{final}}}{A_{\text{inicial}}} \times 100$$

Donde:

A_{inicial} : Absorbancia de la solución de DPPH sin extracto

A_{final} : Absorbancia del extracto con DPPH. Mayor porcentaje inhibición indica mayor actividad antioxidante.

3.6 Determinación del contenido de sólidos solubles

Para la cuantificación de los SS del dátil, se utilizó un refractómetro manual Master-T, Atago® de escala 0-80 °Brix. El calibrado de este aparato se realizó con agua destilada ajustando a 0 °Brix. Con el apoyo de un exprimidor manual se extrajo el

jugo del dátil y se colocaron dos gotas de jugo, de 15 frutos por repetición en la lente del dispositivo y se registraron los valores de la escala.

3.7 pH

La determinación del pH se realizó según la metodología propuesta por Assirey (2015). Se pesó 10 g de pulpa de dátil y se le adicionó un volumen equivalente de agua destilada (proporción 1:1 p/v). Posteriormente, se homogeneizó completamente la mezcla. Un pH-metro digital fue calibrado conforme a las instrucciones del fabricante, generalmente utilizando soluciones buffer de pH conocido. El electrodo del pH-metro se introdujo en la suspensión homogeneizada. La suspensión se agitó suavemente con el electrodo sumergido y se esperó hasta que la lectura de pH se estabilizara. Se registró el valor de pH exhibido en la pantalla del pH-metro digital. Las mediciones se repitieron con varias muestras de frutos de dátil para obtener un valor promedio representativo. Se mantuvo la proporción 1:1 de pulpa de dátil y agua destilada, se aseguró la homogeneización completa de la mezcla y se utilizó un pH-metro calibrado para garantizar mediciones precisas del pH.

3.8 Determinación de la fertilidad de suelos

La determinación de la fertilidad de las muestras de suelo se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.

El contenido de materia orgánica de las muestras de suelo se evaluó a través del contenido de carbono orgánico con el método de Walkey y Black (1934), lo cual se

basó en la oxidación de carbono del suelo por medio de una solución de dicromato potásico, en presencia de ácido sulfúrico concentrado. El nitrógeno se determinó por el método Kjeldahi (Bremmer, 1965). El contenido de potasio y micronutrientes se obtuvo a través del espectrómetro de absorción atómica Perkin modelo 2380® y para la evaluación de fósforo se aplicó el método de Olsen (1982). Los valores de pH se obtuvieron en un pH-metro (Thermo Orion modelo 420®) y la conductividad eléctrica se determinó con un conductivímetro (Hanna modelo H1 2314®).

3.9 Análisis estadístico

Cada huerta fue considerada como un tratamiento y se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Los datos obtenidos de contenido total de fenoles, contenido total de flavonoides, actividad de antioxidantes, sólidos solubles y pH se sometieron a análisis de varianza y se realizó la comparación de medias empleando la prueba Tukey con un nivel de significancia $p \leq 0.05$. El análisis de los datos se realizó con el paquete estadístico SAS versión 9.0. También se aplicó el análisis de correlación de Pearson para establecer la relación entre las características fitoquímicas de los dátiles y las propiedades químicas de los suelos de las huertas de traspatio en estudio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los ANDEVA y la comparación de medias de Tukey_{0.05}, para las variables evaluadas en los dátiles, de las tres huertas en estudio, se presentan en el cuadro 1. Como se puede apreciar en este cuadro, únicamente el contenido de sólidos solubles registró diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) por efecto de los lugares de muestreo. Los dátiles son frutos proveen grandes valores energéticos, por su abundante contenido de azúcares (Salomón-Torres *et al.*, 2017).

Cuadro 1. Valores promedio y significancia estadística de las variables evaluadas en dátiles, de tres huertas de la Villa de Bilbao, municipio de Viesca, Coahuila de Zaragoza, México.

Huerta [¶]	CTP ^{ns} (mg EAG-100 g ⁻¹ muestra)	CTF ^{ns} (mg Cat-100 g ⁻¹ muestra)	AA ^{ns} (% Inhibición DPPH)	SS [*] (°Brix)	pH ^{ns}
Enrique	202.67	760.65	44.60	41.5 ab	6.4
Melitón	226.14	716.24	41.03	52.4 a	6.5
Apolinar	232.25	877.86	56.3	48.6 ab	6.7

¶ Se incluye el nombre del propietario de cada huerta; CTP = Contenido total de polifenoles; CTF = Contenido total de flavonoides; AA = Actividad antioxidante; SS = Sólidos solubles; ns = No significativo; * = Diferencia estadística al 5 %. Las medias de las columnas con la misma letra no son significativamente diferentes.

4.1 Contenido total de polifenoles

Los dátiles son muy ricos en compuestos polifenólicos, tanto en calidad, como en cantidad, también se emplean para inhibir organismos patógenos y parásitos, estos frutos también exhiben propiedades antivirales, bacterianas y fúngicas, por lo que se emplean como remedio contra ciertas enfermedades y en la prevención de inflamaciones crónicas (Hadrami y Al-Khayri, 2012). Los CTP en los dátiles, obtenidos en las tres huertas de traspatio, solo presentaron diferencias numéricas (Cuadro 1), con valores que oscilaron entre 202.67 y 232.25 mg EAG•100 g⁻¹ muestra. Estos valores superaron ampliamente al CTP reportado por Al Juhaimi *et*

al. (2020) para dátiles de las variedades: Rushudiah, Osailah, Sbakah, Rothanh Qassim y Nabtat Ali, obtenidos en un Mercado de la provincial Riyadh, de Arabia Saudita, y cuyos contenidos fluctuaron entre 50.64 y 98.61 mg EAG•100 g⁻¹ muestra. Por otro lado, el intervalo de 202.67 y 232.25 mg EAG•100 g⁻¹ muestra, de CTP registrado en el presente estudio, fue moderadamente superior a rango de CTP, de 116.74 a 189.60 mg EAG•100 g⁻¹ de muestra, determinado por Noui *et al.* (2014) en dátiles de tres variedades: Mech Degla, Degla-Beida y Deglet-Nour, del sureste de Argelia, cosechados en plena madurez.

Las variaciones en los contenidos de los compuestos polifenólicos en los dátiles, descritas en los párrafos anteriores, se pueden atribuir, por una parte, a las diferentes variedades y por la otra a diversos factores, como son: las condiciones ambientales – clima, temperatura, humedad cantidad de horas luz; el manejo agronómico del cultivo (prácticas de labranza, fertilizantes); así como los métodos de procesamiento y las condiciones de almacenamiento de los frutos (Al Juhaimi *et al.*, 2020). Los dátiles son una fuente abundante de compuestos fenólicos, éstos, junto el selenio, favorecen su gran AA (Hadrami y Al-Khayri, 2012; Guizani, 2013).

4.2 Contenido total de flavonoides

Los compuestos flavonoides se encuentran en cantidades abundantes en dátiles maduros (Hadrami y Al-Khayri, 2012). Zaied *et al* (2020), reportaron en los dátiles frescos de la variedad Khalas un contenido de 289.2 mg Cat•100 g⁻¹ muestra. Por otro lado, la variedad Barhi presentó una concentración de 159.7 mg Cat•100 g⁻¹ muestra de CTF en estado Khalal (Al-Sayyed *et al.*, 2019). Ambos contenidos fueron

ampliamente superados por el CTF, que osciló de 760.65 a 877.86 mg Cat•100 g⁻¹ muestra, determinados en el presente estudio.

El CTF en frutos se atribuye principalmente a varios factores, según reportan diferentes autores. Lister *et al.* (1994), mencionan que el CTF en frutos está fuertemente influenciado por factores genéticos y puede variar significativamente entre diferentes variedades de una misma especie. Las diferentes etapas de maduración, influyen mayormente en el CTF (Häkkinen *et al.*, 1999). De acuerdo con Tomás-Barberán y Espín (2001), factores ambientales como la radiación UV, temperatura y estrés hídrico pueden influir en la biosíntesis y acumulación de flavonoides en frutos.

4.3 Actividad Antioxidante

Las palmas datileras están adaptadas para crecer, de forma adecuada, en ambientes hostiles, que predominan en las regiones áridas y semiáridas, como las que predominan en gran parte de región lagunera, de donde se obtuvieron las muestras, para el presente estudio. Esta adaptación puede explicar la gran AA exhibida por sus frutos (Al-Mssallem, 2020). Adicionalmente, se conoce que las propiedades antioxidantes de los dátiles dependen del CTP y otros compuestos antioxidantes como la vitamina C y el α -tocoferol (Noui *et al.*, 2014).

Los frutos de la palmera datilera, comúnmente denominados dátiles, presentan gran AA, superando a otros frutos de consumo humano como: fresas (*Fragaria ananassa*, Duch.), kiwis (*Actinidia deliciosa*, Chev.), guayabas (*Psidium guajava*, L.), granadas (*Punica granatum* L.) blancas y moras (*Morus nigra*, L.) moradas (Al-Mssallem, 2020). La diferencia en la AA registrada en los dátiles, de las huertas de traspatio

de la Villa de Bilbao, solo resultó de tipo numérica (Cuadro 1) sus valores oscilaron de 41.5 a 52.4 de porcentaje de inhibición del radical DPPH*. Estos valores de AA fueron ampliamente superiores al intervalo de AA, 6.61 a 10.72 de porcentaje de inhibición del radical DPPH*, determinado en muestras de seis variedades de dátiles - Rushudiah, Osailah, Sbakah, Rothanh Qassim y Nabtat Ali, obtenidos en un Mercado de la provincial Riyadh, de Arabia Saudita – (Al Juhaimi *et al.*, 2020).

Por otro lado, los valores de AA determinados en dátiles de tres variedades de palma: Mech-Degla, Deglet-Nour y Degla-Beida, que oscilaron de 89.73 a 93.41 de porcentaje de inhibición del radical DPPH*, reportados por Noui *et al.* (2014) resultaron dos veces superiores a los valores de AA registrados en los dátiles del presente estudio.

Al-Mssallem (2020) y Al Juhaimi *et al.* (2020) destacan que los polifenoles y otros componentes no fenólicos pueden favorecer la AA del dátil, y las variaciones que registra esta característica, en diferentes dátiles, se pueden deber a su maduración, los factores genéticos, la variedad, la temperatura, la ubicación geográfica, así como las condiciones de manejo agronómico. Por otro lado, su AA se puede reducir debido a factores como fechas de procesamiento, el secado al sol y almacenamiento, debido, probablemente, a la oxidación enzimática o la descomposición de los antioxidantes naturales: conversión de taninos solubles en taninos insolubles (Hadrami y Al-Khayri, 2012; Al-Mssallem, 2020).

4.4 Sólidos solubles

El contenido de SS, 52.4 °Brix, en los dátiles obtenidos en la huerta del Sr. Melitón superó al contenido de azúcares más bajo, 50 °Brix, reportado en los frutos de la

variedad Deglet Nour, y por otro lado fue ampliamente superado por los contenidos de SS (76, 74, 70, 70, 60 °Brix) registrados en los dátiles de las variedades Deglet, Timjoughert, Takerbouch, Lahmira y Adam Boullah, respectivamente, del país de Argelia. Las diferencias en los contenidos de SS podrían, en gran parte, deberse a la aplicación de fertilizantes sintéticos y al manejo de este cultivo en dicho país, ya que a nivel traspatio no se aplican estos productos, dadas las condiciones económicas de sus propietarios.

4.5 pH

Los valores de pH registrados en los dátiles, en plena madurez, de las muestras obtenidas en las tres huertas de traspatio de la Villa de Bilbao, resultaron estadísticamente iguales y presentan una acidez ligera, oscilando entre 6.4 y 6.7 (cuadro 1) y resultaron ligeramente superiores al rango de pH, 5.0 a 5.5, determinado por Noui *et al.* (2014) en muestras de dátiles de tres variedades: Mech-Degla, Deglet-Nour y Degla-Beida, establecidas en el sureste de Argelia. Ambos rangos de pH, que varían en apenas 1.5 unidades, se contraponen a lo establecido por Grigolo *et al.* (2020) quienes señalan que el pH de los frutos experimenta gran variación en función de las condiciones donde se desarrollan los cultivos.

4.6 Coeficientes de correlación

En el cuadro 2 se presentan los coeficientes de correlación de Pearson (R^2) determinados entre las variables de calidad y fitoquímicas de los dátiles y las características de los suelos, de las huertas de traspatio, de donde se obtuvieron las muestras de los dátiles, para la realización del presente estudio. En este cuadro

se aprecia que las correlaciones significativas, exclusivamente, se registraron para el contenido de SS, en relación a la MO y la CE. Con respecto a la MO la correlación positiva (0.699*) se considera moderada y en el caso de la CE la correlación negativa (-0.806**) es de tipo muy alta (González-González, 2009).

Cuadro 2. Coeficientes de correlación de Pearson para las variables fitoquímicas, de calidad de los dátiles y las características de los suelos, de tres huertas de traspatio, de la Villa de Bilbao, municipio de Viesca, del estado de Coahuila de Zaragoza, México.

Variables de calidad y fitoquímicas	Características de los suelos			
	pH	MO (%)	CE (mS·cm ⁻¹)	CIC (meq·100 g ⁻¹ suelo)
SS (°Brix)	-0.515	0.699*	-0.806**	0.247
pH_D	-0.510	-0.427	-0.276	-0.618
CTP (mg EAG·100 g ⁻¹ PF)	-0.531	0.187	-0.581	-0.156
CTF (mg Cat·100 g ⁻¹ PF)	-0.404	-0.374	-0.201	-0.517
AA (% Inhibición DPPH)	-0.365	-0.310	-0.195	-0.445

SS = Sólidos solubles; pH_D = ph de los dátiles; CTP = Contenido total de polifenoles; CTF = Contenido total de flavonoides; AA = Actividad antioxidante; MO = Materia orgánica; CE = Conductividad eléctrica; CIC = Capacidad de Intercambio Catiónico; *, ** = Correlación significativa al 0.05 y 0.01 (bilateral), respectivamente.

Tavakoli *et al.* (2022), al evaluar el impacto de diversos factores climáticos y características del suelo sobre los compuestos fenólicos en *Savia multicaulis* Vahl, determinaron, entre otros efectos, que los compuestos fenólicos se correlacionaron negativamente con el pH del suelo y a su vez que el contenido de estos compuestos fue favorecido en suelos ricos en materia orgánica, lo cual coincide con la correlación establecida, para estos elementos, en el presente estudio.

Por su parte, Kremer *et al.* (2016), al evaluar el efecto de las propiedades del suelo sobre el contenido fenólico en *Moltingia petraea* (Tratt.) Griseb, en primera instancia destacaron que esta especie contiene cantidades considerables de compuestos fenólicos, sin presentar exigencias específicas para condiciones particulares de tipo de suelo, el cual reflejó un alto contenido de MO, y concluyeron que esta

característica tuvo una influencia negativa sobre el contenido total de taninos en sus tallos. Lo anterior, discrepa con la correlación positiva, muy baja de 0.187 (González, 2009) entre los contenidos de MO y total de polifenoles.

V. CONCLUSIONES

La caracterización fitoquímica, así como sus características de pH y SS, puede contribuir a mayor valor comercial de los dátiles, que generan los productores, a nivel traspatio, en las zonas desérticas de la región lagunera. El contenido de SS presentó diferencias significativas entre las huertas, encontrándose correlacionado positivamente con la materia orgánica del suelo y negativamente con la conductividad eléctrica, de esta manera se concluye que a mayor MO en el suelo, mayor será el contenido de SS en los dátiles y a mayor CE en el suelo, menor será el contenido de SS en los dátiles. Esto sugiere que un manejo adecuado de la fertilidad y salinidad del suelo podría mejorar aún más la calidad de los dátiles. Aunque no se aplicaron fertilizantes sintéticos en estas huertas de traspatio, los dátiles exhibieron niveles de sólidos solubles y pH similares a variedades cultivadas comercialmente en otras regiones. Esto destaca el potencial de estos cultivos de traspatio para la producción de dátiles de calidad.

LITERATURA CITADA

- Abdallah, I. B., Tlili, N., Elfalleh, W., Saadoui, E., Nasri, N., Khaldi, A., & Nasri, M. (2019). Potential bioactive properties of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits through in vitro and in vivo testing. *Journal of the science of food and agriculture*, 99(3), 1247-1260.
- Ahmed, I. A., Ahmed, A. W., & Robinson, R. K. (1995). Chemical composition of date varieties as influenced by the stage of ripening. *Food Chemistry*, 54(3), 305-309.
- Al Juhaimi, F., Özcan, M.M., Uslu, N., Ghafoor, K., Babiker, E.E., Mohamed Ahmed, I.A., 2020. Bioactive properties, fatty acid compositions, and phenolic compounds of some date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars. *Journal of Food Processing & Preservation*. 44(5): 1-8.
- Al-Abdoulhadi, I. A., Al-Ali, S. S., Khurshid, K., Al-Shryda, F., Al-Jabr, A. M., & Al-Suwiti, R. S. (2011). Assessing fruit quality of date palm cultivars grown in a saline environment. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9(3 & 4), 165–168.
- Al-Amri, A. M. (2013). Effect of organic and bio-fertilizer on yield and fruit quality of date palm. *Journal of Organic Systems*, 8(1), 4-11.
- Al-Farsi, M. A., Lee, C. Y., & Al-Amri, A. (2007). Compositional and functional characteristics of dates, syrups, and their by-products. *Food Chemistry*, 104(3), 943-947.
- Al-Mssallem, M.Q., 2020. The Role of Date Palm Fruit in Improving Human Health. *Journal of Clinical & Diagnostic Research*. 14(1): 1-6.

- Al-Oudat, M., Qadir, M., Al-Ayyash, S., & Saoub, H. (1998). Effect of animal manure on growth, yield and fruit quality of date palm. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 6(3 & 4), 197-199.
- Al-Redhaiman, K. N. (2019). Postharvest physiology and technology of dates. *The Date Palm Handbook*, 169-196.
- Al-Sayyed, H. F., Takruri, H. R., Shomaf, M. S., & Al-Ismael, K. M. (2019). Effect of Tamr stage on the chemical composition of date palm fruits of Khalas and Barhi cultivars. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 941-949.
- Al-Turki, S., Shahba, M. A., & Stushnoff, C. (2010). Diversity of antioxidant properties and phenolic content of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits as affected by cultivar and location. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(3 & 4), 253-260.
- Al-Yahyai, R., Al-Kharusi, L., Al-Habsi, N., Khan, M. M., Wasati, S., Farouq, A., Al-Toobi, K., Al-Alawi, A., Al-Balkhi, A., & Yousif, O. (2009). Fruit quality and related physiological parameters of date palm tree as influenced by locality and its growing environment. *Fruits*, 64(3), 197–202.
- Al-Yahyai, R., Al-Saidi, A., Al-Buloshi, A., Al-Shihi, B., & Al-Sadi, A. (2018). Effect of salicylic acid in alleviating physiological disorder and extending shelf life of postharvest date fruit. *Scientia Horticulturae*, 233, 224-230.
- Al-Yahyai, R., y Khan, M. M. (2015). Date fruit quality, plant growth regulators, and palm date bunches - A review. *Journal of Plant Growth Regulation*, 29(2), 179–189.

- Assirey, E. A. R. (2015). Nutritional composition of fruit of 10 date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars grown in Saudi Arabia. *Journal of Taibah University for Science*, 9(1), 75-79.
- Ávalos, A., & Pérez-Urria, E. (2019). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*. Serie Fisiología Vegetal, 12(3), 119-145.
- Awad, M. A. (2007). Increasing the rate of ripening of date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.) cv. Helali by preharvest and postharvest treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 43(1), 121-127.
- Baile, N.A., Medrar, A., Tiar, H., & Tiar, N. (2020). Effect of olive pomace and farmyard manure vermicompost on soil properties, growth and yield of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 11, 1864-1874.
- Baliga, M. S., Baliga, B. R. V., Kandathil, S. M., Bhat, H. P., & Vayalil, P. K. (2011). A review of the chemistry and pharmacology of the date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). *Food research international*, 44(7), 1812-1822.
- Barreira, J. C., Pereira, J. A., Oliveira, M. B., & Ferreira, I. C. (2016). Sugars profiles of different chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and almond (*Prunus dulcis*) cultivars by HPLC-RI. *Plant foods for human nutrition*, 71(1), 70-75.
- Barrow, S. (1998). A monograph of *Phoenix* L. (Palmae: Coryphoideae). *Kew Bulletin*, 513-575.
- Bhagwat, A. A., Haytowitz, D. B., & Holden, J. M. (2014). USDA database for the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) of selected foods, Release 2. Nutrient Data Laboratory.

- Bravo, L. (1998). Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews*, 56(11), 317-333.
- Bremmer, J. M. (1965). Métodos de análisis de suelos. En C. A. Black (Ed.), *Métodos de análisis de suelos químicos y microbiológicos* (pp. 195-224). American Society of Agronomy.
- Chandra, S., Khan, S., Avula, B., Lata, H., Yang, M. H., Elsohly, M. A., & Khan, I. A. (2019). Assessment of Total Phenolic and Flavonoid Content, Antioxidant Properties, and Yield of Aeroponically and Conventionally Grown Leafy Vegetables and Fruit Crops: A Comparative Study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019.
- Chandrasekaran, M., & Bahkali, A. H. (2013). Valorization of date palm (*Phoenix dactylifera*) fruit processing by-products and wastes using bioprocess technology—Review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 20(2), 105-120.
- Chao, C. T., & Krueger, R. R. (2007). The date palm (*Phoenix dactylifera* L.): Overview of biology, uses, and cultivation. *HortScience*, 42(5), 1077-1082.
- Das, D.K. (2012). *Introductory Soil Science*. Kalyani Publishers.
- Davidov-Pardo, G., Navarro, M., Sánchez, T.A., Sánchez, J.E., & Pedroza, A. (2015). Contenido de fenoles totales y actividad antioxidante en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(1), 66-73.
- De Luca, V., & St Pierre, B. (2000). The cell and developmental biology of alkaloid biosynthesis. *Trends in Plant Science*, 5(4), 168-173.

- Di Vaio, C., Marallo, N., Graziani, G., Ritieni, A., & Di Matteo, M. (2020). Influence of soil properties on phenolic compounds and carotenoids in plum cultivars. *Agriculture*, 10(2), 35.
- Dowson, V. H. W. (1982). *Date production and protection: with special reference to North Africa and the Near East*. FAO.
- El-Naggar, A. H., El-Naggar, A. H., Shaheen, S. M., & Alósmány, Y. A. (2019). Influence of biochar application to a sandy soil on water retention, nutrients uptake and maize yield under different irrigation water levels. *Agricultural Water Management*, 221, 462-472.
- Elsokkary, I. H., Lagrab, M. A., & Saleh, M. M. S. (2020). Influence of compost rates incorporation into sandy and calcareous soil on date palm productivity. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(1), 33-39.
- Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2013). Effects of storage temperature and duration on physiological responses of pomegranate fruit. *Industrial Crops and Products*, 47, 300-309.
- Fernández-Escobar, R., Benlloch, M., Herrera, E., & García-Novelo, J. (2009). Effect of traditional sheep manure and olive cake compost on organic matter and nitrogen contents in soil, nutritional status and yield of cv. Superior Seedless grapevines. *Scientia Horticulturae*, 121(3), 280-285.
- Ghnimi, S., Umer, S., Karim, A., & Kamal-Eldin, A. (2017). Date fruit (*Phoenix dactylifera* L.): An underutilized food seeking industrial valorization. *NFS Journal*, 6, 1-10.
- González, A. (2020). Manejo de nutrientes en cultivos anuales. *Agricultural Reviews*, 42(1), 82-95.

- González-González, J. A. 2009. Manual Básico SPSS: Manual de introducción a SPSS. Programa Jóvenes Profesionales. Centro de Inserción Laboral. Universidad de Talca, Chile. Disponible en: https://www.academia.edu/67833717/Manual_basico_spss_universidad_de_talca. Fecha de recuperación: 4 de enero de 2024.
- Grigolo, C.R., Oliveira, M.C., Schroll-Loss, E., Ropelato, J., Oldoni, T., Boeira-Batista, C. 2020. Caracterización fisicoquímica y contenido antioxidante de frutas de *Physalis*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(3): 607-618.
- Guizani, N. 2013. Date palm fruits as functional foods. *International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases*. 3(3): 161-161.
- Habib, H. M., Ibrahim, W. H., Schneider-Stock, R., & Hassan, H. M. (2014). Bioactive compounds, antioxidant and antiproliferative activities of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits depending on cultivation area. *J. Food Biochemistry*, 38(1), 29–38.
- Hadrami, A.E., Al-Khayri, J.M., 2012. Socioeconomic and traditional importance of date palm. *Emirates Journal of Food & Agriculture (EJFA)*. 24(5): 371-385.
- Häkkinen, S. H., Kärenlampi, S. O., Heinonen, I. M., Mykkänen, H. M., & Törrönen, A. R. (1999). Content of the flavonols quercetin, myricetin, and kaempferol in 25 edible berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(6), 2274-2279.
- Ibrahim, M., Al-Omran, A., Alharbi, B., Wahb-Allah, M., Nadeem, M., Alazba, A., & El-Esawi, M. (2022). An innovative organic amendment: Utilization of date palm wastes compost to improve water retention and enhance growth of

- tomato plants under saline irrigation. *Journal of Environmental Management*, 300, 113966.
- Jassbi, A. R., Zamanizadehnajari, S., & Baldwin, I. T. (2006). Phytotoxic volatiles in the roots and shoots of *Artemisia tridentata* as detected by headspace solid-phase microextraction and gas chromatographic-mass spectrometry analysis. *Journal of Chemical Ecology*, 32(6), 1369-1379.
- Johnson, A. (2021). *Alkaloids: A treasury of poisons and medicines*. Springer Nature.
- Jridi, M., Lassoued, S., Ben Salem, M., Ayed, N., Ben Jemia, M., Attia, H., & Nasri, M. (2015). Characterization and biological activities of Tunisian date seeds oils. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17(5), 1193.
- Kader, A. A. (2002). *Postharvest biology and technology: An overview*. *Postharvest technology of horticultural crops*, 39-47.
- Kremer, D., Grubešić, R.J., Ballian, D., Stešević, D., Kosalec, I., Rodríguez, J.V., Vukobratović, M., Srećec, S. (2016). Influence of soil traits on polyphenols level in *Moltkia petraea* (Tratt.) Griseb. (Boraginaceae). *Acta Botanica Croatica*. 75(2), 266-271. <https://doi.org/10.1515/botcro-2016-0026>.
- Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *The Scientific World Journal*, 2013.
- Kumar, S., Pandey, A.K. (2020). Chemistry and Biological Activities of Flavonoid Glycosides. *Scientia Pharmaceutica*, 88(3), 15.
- Lister, C. E., Lancaster, J. E., & Walker, J. R. L. (1994). Developmental changes in enzymes of flavonoid biosynthesis in the skins of red and green apple cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 64(4), 455-462.

- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118–126.
- López, A. (2020). Tecnologías para el manejo de abonos orgánicos. En F. Rodríguez & R. Fernández (Eds.), *Agricultura sustentable* (pp. 79-99). Editorial Agrícola.
- Machado, A. R., Ferreira, L. C., & Silva, M. E. (2020). Efectos del cambio climático en cultivos tropicales. *Revista Brasileña de Agronomía*, 35(2), 120-138.
- Macmillan, J. (2020). Alkaloids in modern medicine. *Molecules*, 25(8), 1902.
- Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E., & Kefalas, P. (2005). Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemistry*, 89(3), 411-420.
- Middleton, E., Kandaswami, C., & Theoharides, T. C. (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: Implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacological Reviews*, 52(4), 673-751.
- Mishra, P. et al. (2020). Microbial pigments: a review of their functions, biosynthetic processes, and applications in the food and pharmaceutical industry. *Food Science and Human Wellness*, 10(1), 1-17.
- Moreno-Reséndez, A., Gómez-Merino, F.C. y Trejo-Téllez, L.I. (2014). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo. *Terra Latinoamericana*, 32(4), 379-388. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v32n4/2395-8030-tl-32-04-00379.pdf>
- Nunes, C. (2008). *Color atlas of postharvest quality of fruits and vegetables*. John Wiley & Sons.

- Olsen, S. R. (1982). Métodos de análisis de fosfatos. En A. L. Page (Ed.), Métodos de análisis de suelos agrícolas (2da ed., pp. 403-430). American Society of Agronomy.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). Producción de dátiles. Rendimientos y Área cosechada. [Conjunto de datos]. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of nutritional science*, 5.
- Pandey, A. y Rizvi, S.H. (2009). Los microorganismos efectivos: una alternativa para reducir el uso de agroquímicos y producir alimentos orgánicos. *Journal of Applied Sciences*, 9(18), 3277-3282.
- Patel, D.K., Goyal, R.K. (2015). Cardiotoxicity of digitoxin and related glycosides on guinea pig atria. *Indian Journal of Pharmacology*, 47(4), 351-357.
- Paull, R. E., & Chen, N. J. (2020). Postharvest physiology and handling of pineapple. *The pineapple: botany, production and uses*, 467-488.
- Qadir, R.U., Bhat, I.A., Javid, H., Wani, B.A., Magray, J.A., Nawchoo, I.A., Gulzar, S. (2024). Exploring morphological variability, in vitro antioxidant potential, and HR-LCMS phytochemical profiling of *Phlomis cashmeriana* Royle ex Benth. across different habitats of Kashmir Himalaya. *Environmental Monitoring & Assessment*. 196(3), 1-23. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12338-2>.
- Robinson, T. (2019). Alkaloids: Their history, structure, properties and role in pharmacology. Cambridge University Press.
- Rodríguez, F. & Fernández, R. (2018). Los abonos orgánicos y su aplicación en la agricultura. *Cultivos Tropicales*, 40(2), 87-95.

- Russo, E. B. (2011). Taming THC: potential cannabis synergy and phytocannabinoid-terpenoid entourage effects. *British Journal of Pharmacology*, 163(7), 1344-1364.
- Saafi, E. B., Louedi, M., Elfeki, A., Zakhama, A., Najjar, M. F., Hammami, M., & Achour, L. (2011). Protective effect of date palm fruit extract (*Phoenix dactylifera* L.) on dimethoate induced-oxidative stress in rat liver. *Experimental and toxicologic pathology*, 63(5), 433-441.
- Sadler, G. D., & Murphy, P. A. (Eds.). (2010). pH and Titratable Acidity. In *Food analysis* (pp. 219-238). Springer.
- Salehi, B. et al. (2019). Therapeutic potential of flavonoids in inflammatory bowel disease: A comprehensive review. *Food Science & Nutrition*, 7(11), 3329-3344.
- Salomón-Torres, R., Ortiz-Urbe, N., Villa-Angulo, C. 2017. Composición Nutricional y Funcional del Dátil (*Phoenix dactylifera* L.) Variedad Medjool. *Nueva época Ciencias Sociales y Exactas*. 92, 14-20.
- Sanchez, J. (2020). Los alcaloides: estructura química y efectos farmacológicos. *Revista de Farmacología*, 12(3), 155-185.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). Producción anual de dátiles en México. [Conjunto de datos]. SIACON. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). Producción de dátiles en los principales municipios de Baja California, Baja California Sur, Sonora y Coahuila. [Conjunto de datos]. SIACON <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

- Shao, H.B., Chu, L.Y., Jaleel, C.A., & Zhao, C.X. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies*, 331(3), 215-225.
- Singh, V., Guizani, N., Essa, M. M., Hakkim, F. L., & Rahman, M. S. (2012). Comparative analysis of total phenolics, flavonoid content and antioxidant profile of different date varieties (*Phoenix dactylifera* L.) from Sultanate of Oman. *International Food Research Journal*, 19(3).
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development* (6th ed.). Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA.
- Tavakoli, M., Tarkesh Esfahani, M., Soltani, S., Karamian, R., Aliarabi, H. (2022). Effects of ecological factors on phenolic compounds in *Salvia multicaulis* Vahl (Lamiaceae). *Biochemical Systematics & Ecology*. 104. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2022.104484>.
- Taylor, D. et al. (2018). Alkaloids with antiplasmodial activity: Research trends and prospects for new drugs. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(6), 1705.
- Tholl, D. (2015). Biosynthesis and biological functions of terpenoids in plants. *Advances in biochemical engineering/biotechnology*, 148, 63-106.
- Tomás-Barberán, F. A., & Espín, J. C. (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(9), 853-876.
- Tsao, R. (2010). Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, 2(12), 1231-1246.

- Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M.T.D., Mazur, M., & Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 39(1), 44-84.
- Vayalil, P. K. (2012). Date fruits (*Phoenix dactylifera* Linn): an emerging medicinal food. *Critical reviews in food science and nutrition*, 52(3), 249-271.
- Vignesh, A., Amal, T.C., Sivalingam, R., Selvakumar, S., Vasanth, K. (2024). Influence of ecological factors on the phytochemical composition and bioactivity of *Berberis tinctoria* Lesch, wild edible fruits. *Biochemical Systematics & Ecology*. 112. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2023.104771>.
- Walkey, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29-38.
- Wang, M., Carver, J. J., & Phelan, V. V. (2021). The chemical biology of terpenoids. *Nature Chemical Biology*, 17(1), 4-16.
- Wills, R. B. H., Lee, T. H., Graham, D., McGlasson, W. B., & Hall, E. G. (2007). *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. UNSW press.
- Wink, M. (2003). Importance of plant secondary metabolites for protection against insects and microbial infections. In *Advances in phytomedicine* (Vol. 1, pp. 251-268). Elsevier.
- Wink, M. (2010). Introduction: Biochemistry, physiology and ecological functions of secondary metabolites. *Annual plant reviews volume 40: Biochemistry of plant secondary metabolism*. Wiley-Blackwell.

- Zaied, S., Baccouche, A., Van Cuong, P., Bacha, H., & Bouaziz, M. (2020). Physico-chemical characterization and antioxidant activities of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits of different Tunisian cultivars. *Scientia Horticulturae*, 265, 109252.
- Zamora, M. A.; Lillo, A.; Carvajal, C. F.; Nuñez, D. and Balboa, N. 2016. Cuantificación espectrofotométrica de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en distintos berries nativos del Cono Sur de América. 42(2):168-174.
- Zi, J., Mafu, S., & Peters, R. J. (2014). To gibberellins and beyond! Surveying the evolution of (di)terpenoid metabolism. *Annual review of plant biology*, 65, 259-286.
- Zohary, D., & Hopf, M. (2000). *Domestication of plants in the old world: the origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley*. Oxford University Press.
- Zwenger, S., & Basu, C. (2008). Plant terpenoids: applications and possibilities. *Biotechnology and molecular biology reviews*, 3(1), 001-007.