

# Universidad Autónoma de Baja California

## Facultad de Ingeniería



**"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL DÁTIL VARIEDAD MEDJOO, EN RESPUESTA A LOS EFECTOS DE CUATRO VARIEDADES POLINIZANTES".**

**TESIS:**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE BIOINGENIERO**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Dr. RICARDO SALOMÓN TORRES**

**PRESENTA:**

**CRISTIAN DAVID GARCÍA VERDUGO**

**FECHA: 11 DE MAYO DEL 2017**



## **AGRADECIMIENTOS.**

**A mis padres:** A quienes agradezco de todo corazón su amor, cariño, comprensión y apoyo. Que en todo momento los llevo conmigo.

**A Daniela:** Por el apoyo, la compañía y las veces que me dio palabras de aliento para seguir adelante en esta etapa tan difícil.

**A Dios:** Por permitirme llegar a cumplir una de las metas más importantes de mi vida, acompañado de la alegría y la salud de mis seres queridos.

**A mis amigos:** Que han estado conmigo apoyándome a lo largo de mi carrera y que significan mucho para mí, quiero agradecerles esta tesis.

**A mi director de tesis y a los maestros:** Que me han apoyado siempre y me han brindado ese amor por el conocimiento.

GRACIAS A TODOS.

## INDICE.

Agradecimientos. ....	i
Lista de Tablas. ....	iv
Lista de Figuras. ....	v
<b>RESUMEN. ....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCION. ....</b>	<b>3</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....</b>	<b>7</b>
2.1    Objetivos. ....	9
2.1.1    General. ....	9
2.1.2    Específicos. ....	9
2.2    Justificación. ....	10
<b>3. MARCO TEORICO. ....</b>	<b>12</b>
3.1    Clasificación taxonómica. ....	12
3.2    Estructura de la palma datilera. ....	13
3.3    Producción. ....	15
3.4    La producción datilera en México. ....	20
3.5    Parámetros analizados en la calidad de la fruta. ....	22
3.5.1    Parámetros físicos. ....	22
3.5.2    Parámetros bromatológicos. ....	24
<b>4. METODOLOGIA. ....</b>	<b>37</b>
4.1    Porcentaje de amarre en el fruto. ....	59
4.2    Protocolos para los análisis químicos. ....	41
4.2.1    Solidos insolubles. ....	41
4.2.2    Solidos solubles. ....	42
4.2.3    Acidez total. ....	44
4.2.4    Humedad. ....	45
4.2.5    Cenizas totales. ....	46
4.2.6    pH. ....	47
4.2.7    Fibra cruda. ....	48
4.2.8    Azúcares totales y reductores. ....	52
4.2.9    Contenido fenólico total. ....	55
4.2.10    Contenido energético. ....	57
4.2.11    Sacarosa. ....	58
4.2.12    Fructuosa. ....	58
4.2.13    Glucosa. ....	58

<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION.</b>	<b>58</b>
5.1.	Características físicas del fruto.	59
5.1.1	Porcentaje de amarre del fruto.	59
5.1.2	Peso del fruto.	64
5.1.3	Peso de la pulpa.	66
5.1.4	Longitud del fruto.	68
5.1.5	Diámetro del fruto.	70
5.1.6	Peso del racimo.	71
5.1.7	Rendimiento total.	72
5.1.8	Fruto inmaduro.	74
5.2	Características químicas en el fruto.	75
5.2.1	Solidos insolubles.	75
5.2.2	Solidos solubles.	76
5.2.3	Acidez total.	77
5.2.4	Humedad.	77
5.2.5	Ceniza.	79
5.2.6	pH.	79
5.2.7	Fibra cruda.	80
5.2.8	Azúcares reductores.	80
5.2.9	Azúcares no reductores.	80
5.2.10	Azúcares totales.	81
5.2.11	Sacarosa.	82
5.2.12	Glucosa.	83
5.2.13	Fructuosa.	83
5.2.14	Proteína.	84
5.2.15	Grasas.	84
5.2.16	Valor energético.	84
5.2.17	Fenoles.	85
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y APORTACIONES.</b>	<b>87</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>90</b>

## LISTA DE TABLAS.

<b>Tablas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pag.</b>
Tabla No. 1.-	Clasificación taxonómica de la palma datilera. . . . .	12
Tabla No. 2.-	Estadística de la producción datilera mundial para el año 2013. . . . .	16
Tabla No. 3.-	Corrección de temperatura. . . . .	43
Tabla No. 4.-	Resultados obtenidos sobre la calidad física del fruto.	61
Tabla No. 5.-	Comparación de resultados. . . . .	66
Tabla No. 6.-	Resultados obtenidos sobre las propiedades químicas del fruto. . . . .	75
Tabla No. 7.-	Resultados obtenidos sobre azúcares y otros parámetros. . . . .	82
Tabla No. 8.-	Datos obtenidos de la curva de calibración del ácido gálico. . . . .	85

## LISTA DE FIGURAS.

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pag.</b>
Figura No. 1.	Estructura de la palma datilera. . . . .	14
Figura No. 2.	Producción datilera mundial. . . . .	18
Figura No. 3.	Cinturón geográfico de producción. . . . .	20
Figura No. 4.	Producción datilera en México. . . . .	21
Figura No. 5.	Representación química de un azúcar reductor. . . . .	29
Figura No. 6.	Representación química de azúcares reductores. . . . .	30
Figura No. 7.	Representación química de un fenol . . . . .	33
Figura No. 8.	Representación química de la sacarosa. . . . .	34
Figura No. 9.	Representación química de la glucosa. . . . .	35
Figura No. 10.	Representación química de la fructuosa. . . . .	36
Figura No. 11.	Curva de calibración de contenido total de fenoles. . . . .	57
Figura No. 12.	Visualización de muestras de granos de polen. . . . .	62
Figura No. 13.	Efectos de la fuente del polen. . . . .	63
Figura No. 14.	Comparación de los pesos promedios de los frutos. . . . .	65
Figura No. 15.	Comparación de los pesos promedios de la pulpa del fruto. . . . .	67
Figura No. 16.	Comparación de valores promedios sobre la longitud del fruto. . . . .	69
Figura No. 17.	Rendimiento total y porcentajes de madurez del fruto. . . . .	73
Figura No. 18.	Comparación de porcentajes de humedad. . . . .	78
Figura No. 19.	Representación gráfica de la curva de calibración del ácido gálico. . . . .	86



## **RESUMEN.**

El polen de cuatro variedades (Medjool, Zahidi, Khadrawy y Deglet Noor) de palma datilera fue seleccionado, para estudiar los efectos del macho polinizante sobre las características físicas y químicas en el fruto, de palmas datileras hembras receptoras variedad Medjool. Este estudio fue llevado a cabo en la temporada 2016, en San Luis Rio Colorado, Sonora, México. Se polinizaron cuatro grupos de tres racimos, para cada una de las cuatro palmas hembras Medjool, con el polen de las cuatro fuentes de polen seleccionados. Los resultados fueron estadísticamente analizados con la prueba ANOVA, concluyendo que el porcentaje de amarre, así como las características físicas del fruto, tuvo una variación significativa, debido al efecto de los granos de polen seleccionados. Los racimos polinizados con la variedad Zahidi tuvieron el mayor porcentaje de amarre con un 50.3%, mientras que los polinizados con Khadrawy, tuvieron el menor, con un 13.25%. Asimismo, los frutos polinizados con Khadrawy, tuvieron el mayor peso total (25.73 g), peso de pulpa (23.98 g) y longitud (5.33 cm). El menor peso (21.73 g), pulpa (20.39 g) y longitud del fruto (4.97 cm) lo tuvo Zahidi. El mayor rendimiento total lo obtuvo Zahidi con 64.55 kg. y el menor fue para Deglet Noor con 41.79 kg. Sin embargo el peso, largo y ancho de la semilla, así como el ancho del fruto, no mostraron variación significativa. Adicionalmente la variedad Khadrawy, indujo un aroma más fuerte que el resto de las variedades.

Con relación a los resultados químicos obtenidos en este estudio, se obtuvo que los dátiles principalmente se caracterizan por su alto contenido de azúcar (57 –

69%), bajas concentraciones de proteína y grasas (2.92 – 3.35% y 0.74 - 0.80% respectivamente). Estos resultados sugieren que los dátiles son una buena opción nutricional y que podrían jugar un rol más activo en la salud y nutrición humana. Asimismo, al realizar comparaciones con estudios similares, bajo las condiciones más parecidas a este estudio, se puede observar que los parámetros químicos obtenidos son muy similares a los reportados internacionalmente y en algunos casos, como en el parámetro de las proteínas, es ligeramente superior a lo reportado. Sin embargo, para el caso de las propiedades químicas en general, no se observaron diferencias estadísticamente significantes. Lo cual sugiere, que la calidad nutricional del dátil no sufre alteración alguna, al mantenerse muy similar con los cuatro tratamientos.

Con este experimento fue posible identificar características de fruto distintas, de acuerdo al polen utilizado, lo cual puede servir como base para obtener rendimientos específicos en el cultivo del dátil variedad Medjool.

## 1. INTRODUCCION.

El origen exacto de la palma datilera es desconocido, pero su gran antigüedad y las grandes extensiones de este cultivo alrededor del Golfo Pérsico, sugiere que podría haber tenido su origen sobre esa región (Nixon, 1951). Diversos autores describen con evidencia arqueológica que este cultivo ya se practicaba en la antigua Mesopotamia, siendo el sur del actual Iraq como el más probable origen, en donde se domesticó este cultivo entre los años 4000 - 2400 A.C. (Abdelouauhab & Arias-Jimenez, 1999; Al-Yahyai & Manickavasagan, 2012; Chao & Krueger, 2007). La palma datilera ha sido cultivada por civilizaciones muy antiguas como los sumerios, asirios, babilonios y egipcios, y más tarde por los griegos y los romanos que habitaban en el Mediterráneo. Gracias al Islam, su cultivo se propagó a todo el norte de África, el sur del Asia central y sur de Europa, llegando finalmente a América a través de la conquista española (Al-Yahyai & Manickavasagan, 2012; Chao & Krueger, 2007; Nixon, 1951; Salomon-Torres, Ortiz-Uribe, & Villa-Angulo, 2017).

La especie *Phoenix dactylifera* es dioica, es decir, presenta flores estaminadas (machos) y pistiladas (hembras), desarrollándose en plantas separadas, por lo que se requiere de la polinización para la obtención del fruto (Al-Yahyai & Manickavasagan, 2012). Es una planta diploide, perenne y angiosperma monocotiledónea. El número conocido de variedades de palma datilera en el mundo es de ~5000, de las cuales entre 600-650 se encuentran

en Iraq, 340 en Arabia Saudita, 250 en Túnez (Zehdi-Azouzi et al., 2011) y 135 en los Emiratos Árabes Unidos (Khanam, Sham, Bennetzen, & Aly, 2012; Khierallah & Baum, 2011).

El genoma de la palma datilera contiene 18 pares de cromosomas ( $2n=36$ ) (Zehdi, Trifi, Billotte, Marrakchi, & Pintaud, 2004). Recientemente se ha secuenciado su genoma basándose en las variedades Khalas, Deglet Noor y Medjool, obteniéndose una longitud de ~671 Mb, con ~41,600 genes (Al-mssallem et al., 2013; Mathew et al., 2014; Salomon-Torres et al., 2017). Asimismo se pudieron identificar los polimorfismos que segregan su género, observándose que estos emplean un sistema de determinación del sexo XX/XY (Al-Mahmoud, Al-Dous, Al-Azwani, & Malek, 2012), siendo los genomas masculinos los que comparten los mismos genotipos heterocigotos y los femeninos los mismos genotipos homocigotos (Al-Dous et al., 2011).

La propagación del cultivo de la palma datilera se puede dar de tres maneras (Abdelouauhab & Arias-Jimenez, 1999; Nixon & Carpenter, 1978). La primera y la más común a través de la propagación vegetativa con los hijuelos o vástagos que crecen en la base del tronco de la palma, los cuales garantizan la identidad genética de la palma madre. La segunda forma de propagación es a través de la siembra de su semilla, con el inconveniente de que las nuevas palmas no serán genéticamente iguales a las palmas madre, presentando variaciones en la producción y calidad del fruto, además de no conocerse su género hasta que inicien su primera florescencia. La tercera

forma es a través del uso del cultivo de tejido. Este último método está siendo recientemente muy utilizado a gran escala, presentándose en algunas plantas problemas con la variación somaclonal (Chao & Krueger, 2007).

Actualmente el dátil es uno de los cultivos más importantes en las regiones áridas de la península Arábiga, el norte de África y el medio oriente, donde tiene un gran significado espiritual y cultural (Chao & Krueger, 2007). En el ámbito religioso la palma datilera es importante en tres de las principales religiones del mundo. El dátil está íntimamente ligado a la historia, cultura y la dieta alimenticia de los pueblos islámicos, especialmente durante el mes del Ramadán. En el Corán aparecen cinco referencias directas a los dátiles. Asimismo la hoja de la palmera datilera es utilizada en los credos cristianos, ya que se relaciona con numerosas ceremonias religiosas, como la Pascua y Domingo de Ramos. En el Judaísmo, el dátil forma parte de uno de los siete frutos santos (o siete especies). Tanto en la Torá, como en la Biblia, se hace alusión al fruto de la palma datilera en varias ocasiones (Salomon-Torres et al., 2017).

Los dátiles son ricos en ciertos nutrientes y proveen una buena fuente de energía, debido a su alto contenido de carbohidratos que oscila entre el 70 y 80%. También contienen grasa entre 0.20 y 0.50%, proteína entre 2.30 y 5.60%, fibra entre el 6.40 y 11.50%, minerales entre un 0.10 y 916 mg/100g en peso seco y vitaminas C, B1, B2, B3 y A, con muy escaso o nulo contenido de almidon (Al-Shahib & Marshall, 2003). Asimismo este fruto es

una buena fuente de importantes fitoquímicos como carotenoides, fenoles y flavonoides. Asimismo el fruto del dátil contiene antioxidantes, antimutagenicos e inmunomoduladores que son benéficos a la salud (Al-Farsi & Lee, 2008).

El objetivo de esta investigación, es analizar el comportamiento productivo del dátil mexicano variedad Medjool, en respuesta a cuatro diferentes fuentes de polen, evaluándose el rendimiento del cultivo, así como las características físicas y la composición química de la fruta. Actualmente no existen estudios sobre efectos de la Metaxenia en la palma datilera en México, por lo que este estudio proveerá de una nueva base de referencia para futuras investigaciones de este cultivo en México.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Al ser una planta dioica, cuenta con árboles machos y hembras, que son polinizados normalmente por el viento, pero para su producción comercial, es necesario realizar la polinización de manera artificial (Al-Yahyai & Manickavasagan, 2012). El mayor rendimiento en el cultivo del dátil se debe inicialmente al alto porcentaje de amarre del fruto. El éxito de este porcentaje depende de la combinación de varios factores como la fuente y calidad del polen, la eficiencia de la técnica de polinización, el periodo de polinización, la compatibilidad macho-hembra y de otros componentes adicionales como temperatura, riego, suelo y fertilización (Iqbal, Niamatullah, & Munir, 2012).

Se ha encontrado que el polen de la palma datilera tiene una influencia directa en el tamaño y forma de la semilla, conociéndose este fenómeno como Xenia (Nixon, 1928). De igual forma influye directamente en el tamaño, calidad, desarrollo y tiempo de maduración de la fruta. Este último efecto sobre la fruta es conocido como Metaxenia (Nixon, 1956). La Metaxenia, a diferencia de la Xenia, no es posible explicarla a través de elementos hereditarios incluidos por el polen, ya que los cromosomas no se producen en los tejidos que muestran el efecto directo de los progenitores (Swingle, 1928). La teoría más probable para explicar la Metaxenia, es asumir que el

embrión o el endospermo o ambos, secreten una o más hormonas o sustancias solubles, que influyen en el desarrollo de los tejidos ováricos adyacentes de la planta madre de manera definitiva, de acuerdo con el progenitor masculino utilizado para fecundación (Swingle, 1928).

A fin de seleccionar la mejor fuente de polen, para obtener el mayor rendimiento y conocer la relación de compatibilidad entre diversas variedades, se han realizado muchos estudios sobre el efecto de diferentes machos polinizadores en las características de la fruta y rendimiento. Estos análisis se han reportado en variedades tales como Zahidi, Dhakki, Shakki, Barhy, Nabtet-Staif, Medjool, Samany, Succari, Nebut Seif, Seleg, Khudari, Menafey, Saki, Maktoumi, Sefry, Serey, entre otros (Al-Khalifah, 2006; Al-Muhtaseb & Ghnaim, 2006; Ghnaim & Al-Muhtaseb, 2006; Hafez, Saleh, Mostafa, Naguib, & Ashour, 2014; Iqbal et al., 2012; Rezazadeh, Hassanzadeh, Hosseini, Karami, & Williams, 2013; Shafique et al., 2011). Las técnicas de polinización utilizadas han sido diversas, desde quienes diluyeron el polen con harina de trigo en diversas proporciones (Al-Muhtaseb & Ghnaim, 2006; Ghnaim & Al-Muhtaseb, 2006), hasta quienes polinizaron poniendo inflorescencias masculinas, incrustados en inflorescencias femeninas (Al-Khalifah, 2006; Hafez et al., 2014). Asimismo, algunos repitieron el proceso de polinización en dos o tres ocasiones más sobre la misma inflorescencia (Rezazadeh et al., 2013; Shafique et al., 2011). La mayoría de los resultados estadísticos reportados, concluyeron que la fuente del polen afecta significativamente al porcentaje de amarre, peso, pulpa,

dimensiones, tiempo de madurez de la fruta, el peso y dimensiones de la semilla, así como algunas de sus propiedades químicas.

## **2.1 Objetivos.**

### **2.1.1 General.**

Analizar las propiedades físico-químicas del dátil variedad Medjool en respuesta a los efectos de cuatro machos polinizantes.

### **2.1.2 Específicos.**

- Identificar la fuente de polen que incremente las propiedades físico-nutricionales en el dátil.
- Analizar el efecto de la metaxenia en la calidad y rendimiento del fruto.
- Comparar los efectos obtenidos en este experimento contra los realizados en otras partes del mundo.
- Proponer a los productores la fuente de polen ideal para resultados esperados.
- Generar información que sirvan como fuente de consulta para los productores, en el mejoramiento de la calidad del fruto en Mexicali, B.C. y San Luis Rio Colorado, Son.

## **2.2 Justificación.**

En México, al ser este cultivo de reciente introducción y de contar con pocas áreas sembradas con relación a otros cultivos tradicionales como el trigo o el maíz, existe muy poca investigación sobre esta planta. Esto ha provocado una falta de conocimiento acerca de métodos para mejorar su calidad, rendimiento y el impacto que pudiera tener en la nutrición humana y animal el fruto y semilla de la palma datilera cultivado en México. Asimismo, no existe un estudio científico en este país que pudiera servir como referencia, donde se describan sus propiedades químicas y nutricionales del dátil cultivado comercialmente en esta región.

Al no existir en México, una cultura de consumo del dátil como una fruta, la mayor parte de la producción comercial se exporta a Estados Unidos, Europa y el Medio Oriente. Debido a esta condición, los productores han diversificado su comercialización, ofreciendo el fruto cubierto de chocolate, crema de chocolate, chile en polvo, con semillas de almendra y otros ingredientes. Asimismo, se ha transformado la forma de consumo del fruto en vinos, aderezos, café, licor, jugos, aceites, mermeladas, etc., comenzándose también a utilizar en platillos gourmet y postres, como pasteles y pan.

A la fecha, no existe ningún estudio relacionado a las propiedades físicas, ni sobre la composición química del dátil cultivado en México. Al contar con una descripción química, se podrían buscar otras aplicaciones como la obtención de otra fuente de azúcar refinada, debido a su alto contenido de azúcar, así como encontrar una fuerte asociación con las actividades antioxidantes, anticáncer y antivirales.

Esta investigación pretende ser el primer estudio donde se describan las características físico-químicas del dátil variedad Medjool, causadas por el efecto de la selección de cuatro variedades polinizantes.

### 3. MARCO TEORICO.

#### 3.1 Clasificación taxonómica.

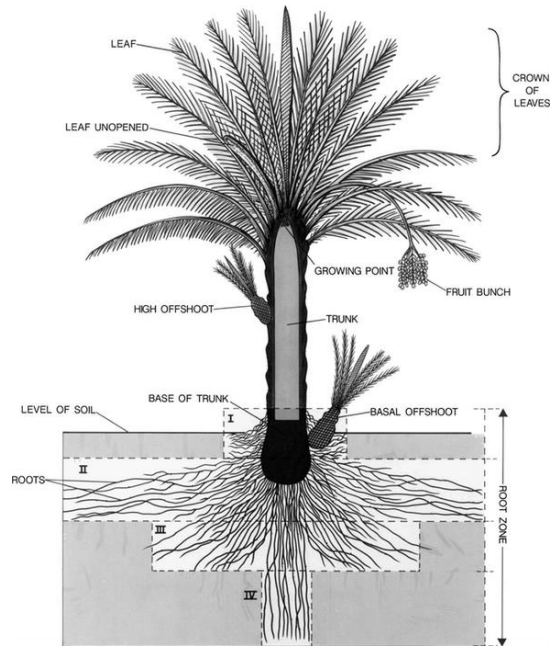
El nombre botánico de la palmera datilera es *Phoenix dactylifera* L. y su clasificación se muestra en el Tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica de la palma datilera. Adaptado de las referencias (Al-Yahyai & Manickavasagan, 2012; Linne, 1753).

Reino	Plantae
Subkingdom:	Tracheobionta
Superdivision:	Spermatophyta
Division:	Magnoliophyta
Class:	Liliopsida
Subclass:	Arecidae
Order:	Arecales
Family:	Arecaceae
Tribe:	Phoeniceae
Subfamily	Coryphoideae
Genus:	<i>Phoenix</i> L.
Species:	<i>Phoenix dactylifera</i> L.

### **3.2 Estructura de la palma datilera.**

Al ser una planta monocotiledónea, la palma datilera no tiene una raíz principal. Tiene un sistema de raíces fibrosas fasciculadas que se originan en el bulbo de la base del tronco (Abdelouauhhab & Arias-Jimenez, 1999; Al-Yahyai & Manickavasagan, 2012), dividiéndose en cuatro zonas (figura 1), las cuales son: zona I o zona respiratoria, estas raíces se encuentran alrededor de la base de la palma, siendo insensibles al geotropismo, jugando un papel respiratorio. Zona II o zona nutricional, contiene la mayor proporción de raíces primarias y secundarias, crecen entre 0.90 y 1.5 metros de profundidad y lateralmente se podrían extender fuera de la longitud de la copa del árbol. Zona III o zona de absorción, esta depende del tipo de suelo y de la profundidad de las aguas subterráneas, normalmente tienen una profundidad de 1.5 a 1.8 metros. Zona IV, en esta zona las raíces pueden llegar a tener una mayor profundidad, dependiendo de qué tan profunda sea el agua subterránea (Oihabi, 1991).



**Figura 1.** Representación de la estructura de la palma datilera. Fuente: USDA imagen de archivo.

El tronco de la palma datilera es cilíndrico vertical, con un diámetro en promedio de un metro, pudiendo alcanzar hasta los 30 metros de altura (Abdelouauhhab & Arias-Jimenez, 1999). Dependiendo de la variedad, edad y condiciones ambientales, las hojas de la palma son de tres a seis metros de longitud y tienen una vida de tres a siete años. Estas son pinnadas, localizándose de forma espiral en el tronco, siendo de 0.5 metros de ancho en la nervadura central media que se estrecha hacia ambos extremos de la hoja, con espinas en el pecíolo (Abdelouauhhab & Arias-Jimenez, 1999; Uhl & Dransfield, 1987).

La inflorescencia en la palma datilera, se observa por primera vez aproximadamente a los 5 años, alcanzado su edad reproductiva entre los 5 y 8 años de edad (Bekheet & Hanafy, 2011). En sus primeras etapas de desarrollo se encuentra cubierta por una vaina, a la cual se le conoce con el nombre de espata, misma que protege a las flores hasta que maduran, preparando el polen en las palmas macho y las flores en la palma hembras con fines de polinización. Las espatas crecen en las bases de las hojas, en la parte superior de la palma, iniciando la floración primero en los machos y después en las hembras, estando estas receptivas a la espera de polen, desde una semana hasta 10 días después de que se abrió su espata. La espata en la palma macho es ancha y redonda, mientras que en la hembra es más larga (Abdelouauhhab & Arias-Jimenez, 1999; Al-Yahyai & Manickavasagan, 2012; Lobo, Yahia, & Kader, 2014).

### **3.3 Producción.**

Las tres principales especies de palma domesticadas que representan la mayor utilidad económica en el mundo son la palma de aceite (*Elaeis guineensis*), la palma de coco (*Cocos nucifera*) y la palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.) (Al-mssallem et al., 2013). De acuerdo con datos de la FAO (Food and Agriculture Organization, 2017), los diez mayores países productores de dátil en el mundo en el año 2013

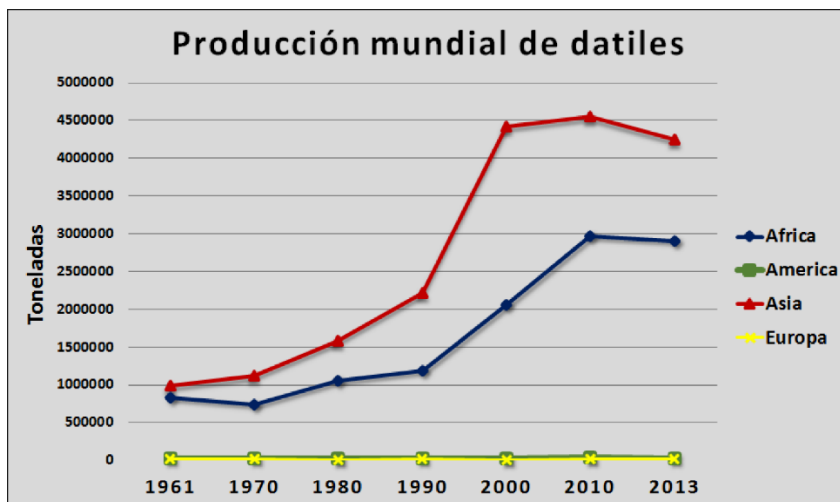
fueron: Egipto, Irán, Arabia Saudita, Algeria, Iraq, Pakistán, Omán, Emiratos Arabes Unidos, Tunez y Libia, representando el 91.6% de la producción mundial (Tabla 2). Egipto es actualmente el mayor productor de dátiles en el mundo y en la década pasada lo fue Iraq, pero debido a las guerras del golfo pérsico e Irán-Iraq, un gran número de árboles de palma datilera fueron destruidas (Khierallah & Baum, 2011). Se estima que más del 10% de la economía del Norte de África depende del cultivo de la palma datilera (Haddouch, 1993).

**Tabla 2.** Estadística de la producción datilera mundial para el año 2013. Adaptado de la referencia (Food and Agriculture Organization, 2017).

Continente	País	Toneladas
África	Egipto	1,501,799
Asia	Irán	1,083,720
Asia	Arabia Saudita	1,065,032
África	Argelia	848,199
Asia	Iraq	676,111
Asia	Pakistán	526,749
Asia	Omán	269,000
Asia	Emiratos Árabes Unidos	245,000
África	Túnez	195,000
África	Libia	174,040
Asia	China	150,000
África	Marruecos	107,611
Asia	Yemen	54,197
Asia	Israel	45,195
Asia	Kuwait	36,978
Asia	Turquía	33,232
África	Nigeria	22,154
Asia	Qatar	22,100

América	Estados Unidos	21,768
África	Chad	20,000
África	Mauritania	18,857
Asia	Bahrein	15,041
África	Somalia	13,000
Asia	Jordania	11,981
Europa	Albania	10,488
América	México	6,828
Asia	Siria	4,039
Europa	España	4,000
Asia	Palestina	3,601
África	Benin	1,320
África	Kenia	1,100
África	Camerón	630
África	Namibia	372
África	Swazilandia	319
América	Perú	230
África	Djibouti	86
América	Colombia	12

La producción datilera desde sus primeros registros en 1961 y hasta el 2013, presenta un incremento en la producción mundial del 388% (Figura 2). De este periodo de producción, los países asiáticos han aportado un 61.54% de la producción mundial, los países africanos un 37.74%, los americanos un 0.55% y los Europeos un 0.26%.

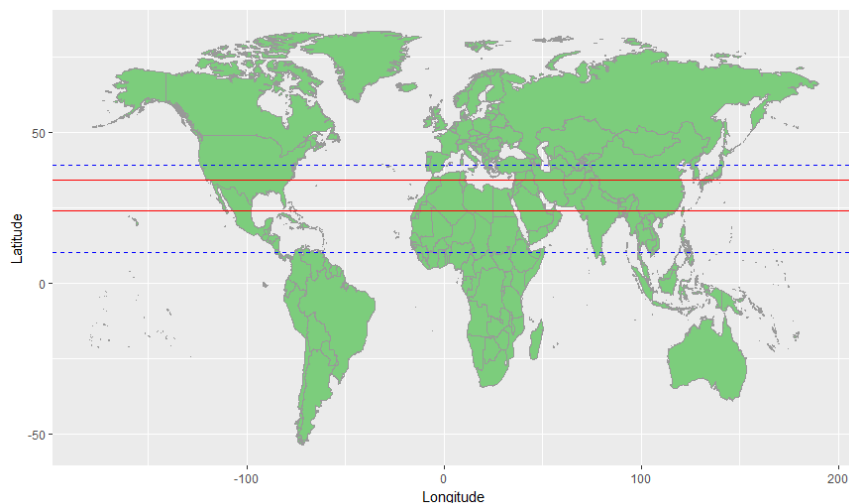


**Figura 2.** Producción datilera mundial desde 1961, según datos de la FAO. Adaptado de la referencia (Food and Agriculture Organization, 2017).

La mayor producción datilera de acuerdo a datos de la FAO (Tabla 2), se encuentran en los países que se ubican geográficamente entre las coordenadas 24°N y 34°N. Este cinturón geográfico se extiende desde China, Pakistán, Irán, Iraq, Siria, Jordania, Israel, Emiratos Árabes Unidos, Arabia Saudita, Kuwait, Qatar, Palestina y Bahrein en Asia; Egipto, Libia, Túnez, Argelia y Marruecos en el Norte de África, los Estados de California y Arizona en E.U.A., el Estado de Sonora y la Península de Baja California en México (Figura 3). Otros países productores importantes de dátil se encuentran hasta los 10°N y hasta los 39°N del cinturón geográfico, destacando países del Sur de Europa,

África Central y la Península Arábiga (Tabla 2 y Figura 3). Todos estos países productores se caracterizan por sus zonas áridas, altas temperaturas y por su elevación geográfica que va desde los 392 metros por debajo del nivel del mar en Israel y hasta los 1,600 metros sobre el nivel del mar en Arabia Saudita, propiciando estos factores el buen desarrollo de este cultivo (Abdelouauhab & Arias-Jimenez, 1999; Hadrami, Daayf, & Hadrami, 2011). Fuera de estos límites geográficos, también se están cultivando dátiles en países como Colombia, Perú, Venezuela, Brasil, Sudáfrica y Australia entre los más destacados. Entre los países productores de dátil, existe una gran diversidad de variedades diferenciándose entre ellos su color, sabor, dulzura, acidez, tamaño y textura. Diferentes países cuentan con producciones de variedades elite en sus cultivos (Zehdi-Azouzi et al., 2011), destacando las variedades de dátil más preciadas como Khalas, Medjool, Deglet Noor, Saidy, Barhee y Khadrawy entre otros.

La palma datilera crece en todas partes, pero en los lugares en donde no se configuran las condiciones ideales para su cultivo, el fruto no será normal, ni de buena calidad.

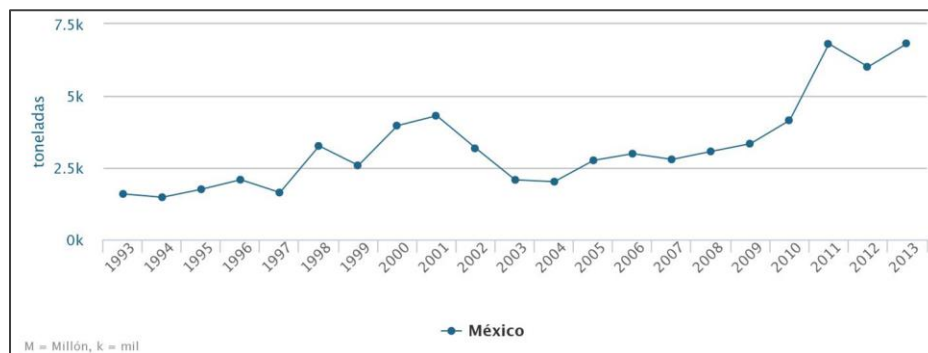


**Figura 3.** El cinturón geográfico de las mayores zonas productores de dátil en el mundo se encuentra entre los 24°N y 34°N (Línea continua en color rojo). Otras zonas productoras en menor proporción se extienden hasta los 10°N y hasta los 39°N del cinturón geográfico principal (Líneas punteadas en color azul).

### 3.4 La producción datilera en México.

El cultivo del dátil, fue introducido en México durante la conquista española (De Grenade, 2013), propiciando su desarrollo gracias a las condiciones climáticas de las zonas desérticas de la Península de Baja California, pero la producción era principalmente dátil criollo de baja calidad para el autoconsumo. El variedad Medjool fue introducido con fines comerciales, primeramente al Sur de California en Estados Unidos a principios del siglo XIX (Krueger, 2015), siendo hasta finales de 1960

cuando su producción moderna se estableció en San Luis Rio Colorado, Sonora, con hijuelos traídos de Yuma, Arizona (Al-khayri, Mohan-Jain, & Johnson, 2015), arraigándose como la principal variedad comercial cultivada en México. El dátil Medjool es originario de Marruecos y es una la de las variedades más apreciadas en el mundo, ya que es un fruto grande y de textura suave, lo que lo convierte en el rey de los dátiles (Rahnama & Rahkhodaei, 2014). La Figura No. 4 describe el incremento de la producción datilera en México.



**Figura 4.** Comportamiento de la producción datilera en México desde 1993 y hasta el 2013, de acuerdo con registros de la FAO.

En México, el dátil se ha convertido en un cultivo de alta prioridad, teniendo una producción en el año 2015 de 7,400 toneladas en 1,052 hectáreas de acuerdo a datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2016), siendo el segundo mayor productor de América, después de Estados Unidos (Food and

Agriculture Organization, 2017) y el tercer mayor productor de la variedad Medjool, después de Estados Unidos e Israel (Krueger, 2015). La mayor zona productora de este cultivo, se encuentra en las Ciudades de San Luis Rio Colorado y Mexicali en los Estados de Sonora y Baja California respectivamente, en el Noroeste de México, logrando entre ambas ciudades el 97% de la producción datilera total en México (Salomon-Torres et al., 2017; SIAP, 2016).

### **3.5 Parámetros analizados en la calidad de la fruta.**

#### **3.5.1 Parámetros físicos.**

##### **3.5.1.1 Peso del fruto.**

Es peso del fruto de manera individual incluyendo su semilla y se determina en gramos. Es un parámetro muy importante para la determinación de su calidad. Esto debido a que con un mayor peso del dátil mayor será su clasificación comercial y su precio de venta en el mercado internacional.

#### **3.5.1.2 Peso de la pulpa.**

Se determina de forma individual en gramos y es el peso del fruto sin semilla.

#### **3.5.1.3 Diámetro y longitud del fruto.**

Estos son otros parámetros de calidad en el dátil que determinan su calidad. Se definen en centímetros incluyendo su semilla.

#### **3.5.1.4 Peso del racimo.**

Es el peso en conjunto de todos los dátiles contenidos en un racimo. Su unidad de medida es en kilogramos.

#### **3.5.1.5 Rendimiento total.**

Es la suma de la producción total de todos los racimos contenidos en una palma. Es un parámetro muy importante, ya que define la efectividad de producción del cultivo en cada palma. Su unidad de medida está en kilogramos.

### **3.5.2 Parámetros bromatológicos.**

Estos análisis corresponden a la evaluación química de la materia que compone a los nutrientes, ya etimológicamente se puede definir a la Bromatología como Broma, “alimento”, y logos, “tratado o estudio”, por lo que podemos definir que la bromatología es la ciencia que estudia las características, valor nutricional y adulteraciones de los alimentos.

En un mercado globalizado, la importancia de conocer la composición química de los alimentos radica en el precio de estos, pues los fabricantes venden y los productores pagan de acuerdo a la cantidad de proteína, grasa, minerales, fibra, antioxidantes y azúcares, entre otros.

El conocimiento de esta composición química en los alimentos, permite su utilización de forma racional, con lo que se pueden evitar deficiencias o excesos de nutrimentos.

#### **3.5.2.1 Los sólidos insolubles.**

Son todos aquellos componentes sólidos que no se homogenizan al mezclarlos con un líquido como la fibra, grasas, proteínas, entre otros. Al mezclar un sólido insoluble con el líquido se forma un sistema heterogéneo en donde se puede observar partículas sólidas en suspensión en el seno del fluido. Las operaciones unitarias de separación de sólidos insolubles son: flotación, sedimentación, elutriación, filtración y centrifugación. Cuando se obtiene un porcentaje bajo, puede ser debido a que la mayor parte del alimento son azúcares, los cuales son solubles.

### **3.5.2.2 Los sólidos solubles totales.**

La determinación de los sólidos solubles están compuestos en su mayoría por azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa) y en menor medida por ácidos orgánicos y minerales. El contenido de sólidos solubles es buen estimador del contenido de azúcares totales en las frutas. El contenido de azúcar junto con el de la acidez, es útil en la evaluación del índice de madurez de una fruta.

### **3.5.2.3 La acidez total.**

Es la suma de los ácidos libres (tartárico, gálico, cítrico, málico) sin tener en cuenta su naturaleza y que se mide por la saturación de los ácidos libres por una solución alcalina de título conocido.

Este resultado nos sirve para identificar la madurez del fruto, en pequeña proporción este nos indica que está en su óptima condición de madurez.

#### **3.5.2.4 Humedad.**

La determinación de humedad es un paso obligado en el análisis de alimentos, ya que es la base de referencia que permite comparar valores, convertir a valores de humedad, expresarlos en base seca y en base tal y como se recibe el fruto.

Este análisis nos indica la cantidad de agua que se encuentra dentro de un fruto y es por eso que se debe identificar al momento de que este salga al mercado, ya que el peso y sus propiedades pueden variar de acuerdo al porcentaje del contenido de humedad en el fruto. Por esta razón, se debe indicar en los resultados de posteriores análisis si fue en seco o húmedo. Los

resultados que podrían variar con este análisis serían, los azúcares, fibra, proteínas entre otros.

#### **3.5.2.5 Ceniza.**

Representan el contenido en minerales (como por ejemplo sodio, potasio, fósforo, etc.) del alimento. Comúnmente las cenizas es porcentaje menor al 5% de la materia seca de los alimentos.

#### **3.5.2.6 pH.**

Es la forma de medir de forma cuantitativa su nivel de acidez. Determinar de forma exacta la acidez de un alimento a través de su valor de pH, es de suma importancia en la elaboración de conservas seguras de los alimentos, ya que dependiendo de su pH, puede ser la duración en conserva del mismo. En general el pH de un alimento determina qué tipo de microorganismos son capaces de crecer en él.

La mayoría de los daños causados por microbios son causados por levaduras (la mayoría importantes), mohos y bacterias. Las especies de levaduras Zygosaccharomyces son bastante tolerantes a altos

contenidos de azúcar que otras encontradas en los dátiles. Los dátiles infectados por levaduras producen un olor alcohólico (como fermentado). La bacteria *Acetobacter* puede convertir el alcohol en ácido acético (vinagre). Los hongos (*Aspergillus*, *Alternaria* y *Penicillium* spp) pueden crecer en dátiles con altas humedades, especialmente cuando sufren periodos húmedos o lluviosos. La mayor parte de los microorganismos son capaces de sobrevivir en un pH de entre 4 y 9, lo que nos indica que el fruto del dátil por tener un pH de entre 6 y 7, es muy propenso a contaminarse con algún microorganismo, deteriorando las propiedades naturales del dátil.

#### **3.5.2.7 Fibra cruda.**

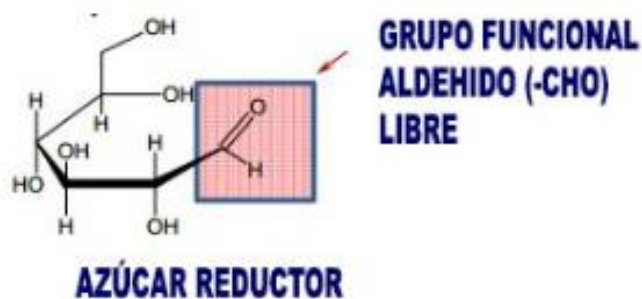
Está constituida por los carbohidratos estructurales presentes en los alimentos, mismos que no son digeridos por las enzimas de los animales. En otras palabras, este es el residuo orgánico insoluble resistente a la hidrólisis ácida ( $H_2SO_4$  al 1.25%) y básica ( $NaOH$  al 1.25%). El residuo obtenido de esta forma, contiene minerales de una mezcla de materiales componentes de la pared celular de los vegetales o frutos, que no corresponde a ningún

compuesto específico. El 97% de tales compuestos, corresponden comúnmente a celulosa y lignina.

A pesar de que con el análisis de fibra cruda se pretende cuantificar los carbohidratos de la pared celular en los vegetales, de acuerdo al alimento analizado, durante la determinación se pierde entre el 20 y el 60% de la celulosa original presente y entre el 33 y el 96% de la lignina.

### 3.5.2.8 Azúcares reductores.

Es un término químico para un azúcar que actúa como un agente reductor y puede donar electrones a otras moléculas. Específicamente, un azúcar reductor es un tipo de carbohidrato o azúcar natural que contiene un grupo aldehído o cetona libre. Por lo que dan positivo a la reacción de Fehling, Benedic, entre otras.



**Figura 5.** Representación química de un azúcar reductor.

### 3.5.2.9 Azúcares no reductores.

Son aquellas que se unen por enlaces glucosídicos de tipo alfa o beta, cuando 2 monosacáridos iguales o diferentes se unen formando un disacárido, los disacáridos por condensación liberan una molécula de agua y son azúcares no reductoras ya que el grupo oxidrilo (OH) de una hexosa se combina con el grupo aldehído (CHO) de otra hexosa liberando una molécula de agua. El método de lane y Eynon no tiene efecto sobre ellos lo cual los determina como azúcares no reductores, por ejemplo sacarosa (fructosa + glucosa) maltosa (2 unidades de alfa glucosa), etc.



**Figura 6.** Representación química de azúcares no reductores.

### **3.5.2.10 Azúcares totales.**

Es la cuantificación de todos los tipos de azúcares que contiene un alimento, planteado de otra manera es la sumatoria de azúcares reductoras (monosacáridos) y azúcares no reductoras (disacáridos). Los azúcares totales se pueden clasificar en monosacáridos ya que contienen una sola unidad, siendo los más comunes: glucosa, fructuosa, galactosa, manosa y ribosa. Los disacáridos, ya que contienen dos monosacáridos, siendo los más presentes en la naturaleza: maltosa, lactosa, sacarosa, isomaltosa y trehalosa. Por último, los trisacáridos formados por tres monosacáridos, siendo los más abundantes: maltotriosa y rafinosa.

### **3.5.2.11 Proteína.**

El análisis de proteínas es muy importante, ya están contenidas en un alimento desempeñan una gran variedad de funciones. Algunas participan en la contracción muscular y sirve para dar soporte estructural, otras transportan y almacenan moléculas más pequeñas. El

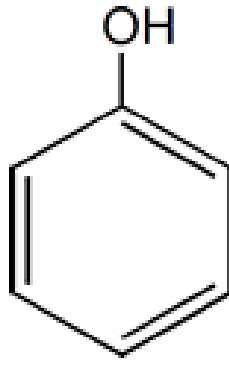
fruto del dátil se caracteriza por tener bajo contenido de proteína.

#### **3.5.2.12 Grasas.**

Es importante la determinación de lípidos (grasa) en los alimentos, ya que nos permite conocer su contenido, para controlar la cantidad de ingesta de grasa diaria. Es recomendable que los alimentos contengan grasas, ya que son la principal fuente de energía, al proporcionar aproximadamente el 50% de la energía consumida. Asimismo, son fuente de ácidos grasos esenciales indispensables, para un buen crecimiento físico y para el desarrollo del sistema nervioso.

#### **3.5.2.13 Fenoles.**

Son compuestos que resultan de reemplazar un hidrógeno o más de su anillo aromático por uno o más OH. El miembro más simple e importante de esta familia es el hidroxibenceno o Fenol.



**Figura 7.** Representación gráfica de un fenol.

Es un sólido que cristaliza como agujas incoloras de olor particular. Su temperatura de fusión es de 38°C y su punto de ebullición de 181°C., es higroscópico, es decir, absorbe mucha agua. Se puede oxidar ante la luz adquiriendo una coloración rosada. Es cáustico. Es poco soluble en agua. Muy soluble en éter y alcohol. Químicamente se comporta como ácido débil. Produce por lo tanto iones hidrógeno al disociarse. Con respecto a las reacciones, hay de dos tipos. Las que se relacionan con el grupo OH y aquellas en las que participa el anillo.

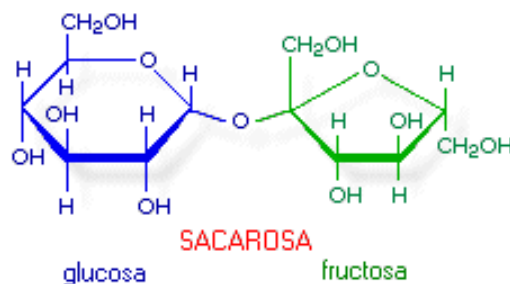
Este análisis cuantifica el contenido fenólico total, conocido por sus propiedades aromáticas y por sus actividades antioxidantes.

#### **3.5.2.14 Contenido energético.**

Es proporcional a la cantidad de energía que puede proporcionar al quemarse en presencia de oxígeno. Se mide en calorías, que es la cantidad de calor necesario para aumentar en un grado la temperatura de un gramo de agua. Este valor es calculado en base a el contenido de azúcares, proteínas y grasas de un alimento.

### 3.5.2.15 Sacarosa.

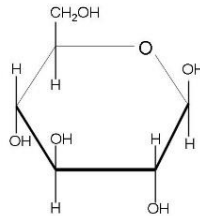
Es un disacárido o bien un hidrato de carbono que está constituido por la unión de dos azúcares monosacáridos. En el caso concreto de la sacarosa, los azúcares que se unen son la glucosa y la fructosa. La sacarosa forma parte de los azúcares reductoras por que su grupo aldehído está implicado en enlace que une a la glucosa y la fructuosa.



**Figura 8.** Representación gráfica de la Sacarosa.

### 3.5.2.16 Glucosa.

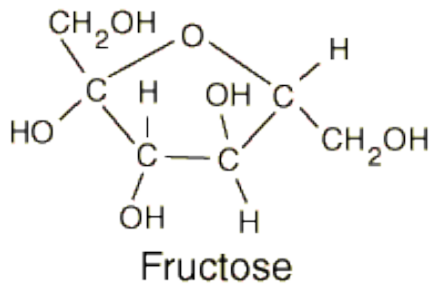
La glucosa o dextrosa es un carbohidrato o glúcido que está relacionada con la cantidad de azúcar que el organismo es capaz de absorber a partir de los alimentos y transformar en energía para realizar diferentes funciones o simplemente ayudar a mantener el cuerpo caliente. Es analizada con junto a los azúcares totales.



**Figura 9.** Representación química de la glucosa.

### 3.5.2.17 Fructuosa.

Es una forma de azúcar encontrada en los vegetales, las frutas y la miel. Es un monosacárido con la misma fórmula empírica que la glucosa pero con diferente estructura, es decir, es un isómero de esta. Es una hexosa (6 átomos de carbono), pero cicla en furano (al contrario que las otras hexosas, que lo hacen en pirano). Su poder energético es de 4 kilocalorías por cada gramo. Su fórmula química es  $C_6H_{12}O_6$ . Es analizada con junto a los azúcares totales.



**Figura 10.** Representación química de la Fructuosa.

### 3.5.2.18 Curva de calibración.

La curva de calibración es un método muy utilizado en química analítica para determinar la concentración de una sustancia (analito) en una muestra desconocida, sobre todo en disoluciones. El método se basa en la relación proporcional entre la concentración y una determinada señal analítica (propiedad). Conociendo esta relación, será posible conocer la concentración en una muestra dada mediante la medida de esa señal. La relación concentración – señal se suele representar en una gráfica a la que se le conoce como curva de calibración o curva de calibrado.

#### **4. METODOLOGIA.**

Este estudio fue realizado en la temporada 2016, en una huerta de 15 hectáreas, localizadas en el Rancho Azteca (32° 23' 5" N; 114° 53' 55" W), en el Valle de San Luis Rio Colorado, en el Noroeste de México. La técnica de riego es por inundación y el campo es mayormente fertilizado de manera orgánica. Se seleccionaron cuatro palmas de la variedad Medjool, con un número promedio de seis hojas por racimo, de 14 años de edad y vigor, plantadas en una distancia entre ellas de 8 m x 8 m, estas fueron utilizadas como padres femeninos.

Cuatro palmas de machos elite con 15 años de edad y vigor, criollos, derivados de las variedades más comunes existentes en la región (Deglet Noor, Medjool, Khadrawy y Zahidi), fueron utilizados como fuente de polen para la polinización de las cuatro hembras Medjool. Las inflorescencias masculinas fueron recolectadas, una vez que la espata fue rota de manera natural, después fue llevada a un área de secado, donde las espatas fueron

colgadas por separado para evitar la contaminación entre variedades. El polen fue tomado diariamente de la cama de papel después de desprenderse de la inflorescencia. Por último fue almacenado a 4° C hasta el tiempo en que fue utilizado en la polinización.

Para cada árbol femenino, fueron seleccionados cuatro grupos de tres racimos y cada grupo fue polinizado de manera individual en el mismo árbol, con el polen seleccionado de cada uno de los padres masculinos. Después del agrietado natural de las espatas femeninas, cada una de ellas fue abierta manualmente y cubierta con bolsas de papel. Su polinización se llevó a cabo entre el segundo y cuarto día después de abiertas las espatas, donde nuevamente fueron cubiertas con papel para evitar cualquier contaminación con otras fuentes de polen. Estas bolsas fueron retiradas después de dos semanas de la polinización. La polinización se realizó manualmente, utilizando una brocha para distribuir el polen equitativamente sobre la inflorescencia. Para garantizar la máxima eficiencia en la polinización en este experimento, el polen fue diluido en una mezcla de harina de trigo en una proporción de 1:1. Los blancos y el resto de la plantación fue polinizada mediante el método tradicional del agricultor, que consiste en tomar el polen de diversas variedades que sean compatibles con la hembra Medjool, mezclando todas las variedades juntas y diluir el polen a una proporción de 1:1 con harina comercial de trigo.

De acuerdo en la estadística del Sistema Meteorológico Nacional para esta región de México, la caída de lluvia anual fue de 84.8 mm, mientras que las temperaturas anuales media, máxima media y mínima media del aire son de 22.7, 32 y 13.5 grados centígrados respectivamente (Sistema Meteorológico Nacional, 2016).

#### **4.1 Porcentaje de amarre del fruto.**

Seis semanas después de la polinización, se seleccionaron diez hilos por racimo en cada palma, donde se contaron el número total de posiciones de fruto y el número total de fruto amarrado en cada hilo. El porcentaje de amarre del fruto (FSP) fue calculado utilizando la siguiente fórmula:

$$FSP = \frac{\textit{posiciones totales de fruto} - \textit{amarre total del fruto}}{\textit{posiciones totales de fruto}} \times 100$$

Después de realizado el cálculo del porcentaje de amarre para cada racimo, fue raleado cada hilo en todas los racimos, a razón de 12 dátiles por hilo, con una separación suficiente para permitir que el fruto

creciera sin competir por espacio y lograr su máxima longitud. Finalmente, para ninguno de los tratamientos se cortaron hilos en el racimo, dejándose todos sus hilos. Para los racimos blancos se realizó el tratamiento normal que utiliza el productor en esta plantación, que son de 12 dátiles por hilo y de 50 hilos por racimo.

En su tiempo de cosecha, fueron seleccionadas 480 muestras aleatoriamente del fruto, de entre todas los bonches en los cuatro árboles y 40 frutos de un árbol adicional que sirvieran como blanco para efectuar otras comparaciones. La recolección del fruto se llevó a cabo en tres etapas, la primera y segunda el 6 y 27 de Septiembre y la última el 15 de Octubre del 2016. Para la última etapa se cortó todo el fruto restante, incluyendo el fruto inmaduro, esto para determinar que tratamiento adelanta y cual retrasa el proceso de madurez. Los parámetros medidos fueron: pesos del fruto, pulpa y semilla, así como las dimensiones del fruto y la semilla. Estos fueron pesados en báscula electrónica y el peso promedio para cada variedad fue calculado en gramos, así mismo su largo y ancho, fueron establecidos en centímetros. En total, doce racimos por cada tratamiento y cuatro blancos adicionales fueron cosechados, calculando su peso promedio de frutos para cada bonche en kilogramos. Por último, el rendimiento total promedio para cada tratamiento, fue calculado en kilogramos.

## 4.2 Protocolos para los análisis químicos.

### 4.2.1 Sólidos insolubles.

Determinan la concentración de sacarosa por 10 mililitros de una solución, estos se determinan con el índice de refracción, el cual se expresa en °Brix con una temperatura estándar de 20°C. Si la temperatura es menor, la medición de °Brix disminuye levemente. Esto ocurre igualmente si la temperatura es mayor a 20°C solo que esta vez se adiciona la lectura un valor de corrección.

#### Parte I. Preparación del filtro Whatman No.4

- Lavar con agua destilada caliente.
- Secar en la estufa de aire a 105°C por 2 horas.
- Dejar en desecador por 20 minutos.
- Colocarlo en vidrio de reloj previamente pesado y pesar con filtro.

#### Parte II

- Pesar de 5 a 10g de muestra, mezclar y aforar con 100ml de agua destilada ( $W_0$ ).

- Calentar la muestra en baño maría a 100°C durante 20 minutos.
- Volver a aforar por pérdida en el calentamiento y dejar enfriar.
- Filtrar la muestra con papel filtro Whatman No.4 (15cm.).
- Guardar el filtrado y marcarlo como "A".
- Volver a filtrar para hacer un lavado con 320ml. de agua destilada caliente.
- Dejar secar el filtro en la estufa de aire a 105°C durante toda la noche, enfriar en desecador y pesar ( $W_1$ ).

Los sólidos insolubles se determinan mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de solidos} = \frac{W_1}{W_0} * 100$$

Dónde:

$W_0$  = peso de la muestra.

$W_1$  = peso del filtro seco.

#### **4.2.2 Sólidos solubles.**

- Colocar en un mortero 1.0 g de muestra, moler hasta homogenizar completamente.
- Agregar 5 ml de agua destilada, mezclar hasta obtener una mezcla homogénea
- filtrar la mezcla obtenida utilizando un embudo de vidrio y un trozo de algodón.
- Tomar la temperatura y registrarla
- Si la temperatura de la muestra es mayor de 20°C, sumar los grados brix, el valor de la corrección correspondiente, y si la temperatura es menor, restarla.
- Tomar de 2 a 3 gotas de muestra y colocar en el refractómetro.
- Registrar la lectura de °Brix.
- Calcular el porcentaje de sólidos solubles utilizando los valores del Tabla 7 y la siguiente ecuación:

$$\% \text{ sólidos solubles} = (\text{densidad leída en refractómetro} + \text{gradiente de temperatura}) * 2$$

**Tabla 3.** Tabla de corrección de temperatura, es el valor que se debe de agregar a la medición dependiendo de la densidad obtenida y la temperatura a la que se toma dicha lectura.

		Lectura del hidrómetro													
Temperatura	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	
0	0.3	0.49	0.65	0.77	0.89	0.99	1.08	1.16	1.24	1.31	1.37	1.41	1.44	1.49	
5	0.36	0.47	0.56	0.65	0.73	0.8	0.85	0.91	0.97	1.01	1.05	1.08	1.1	1.14	
10	0.32	0.38	0.43	0.48	0.52	0.57	0.6	0.64	0.67	0.7	0.72	0.74	0.75	0.77	
11	0.31	0.35	0.4	0.44	0.48	0.51	0.55	0.58	0.6	0.63	0.65	0.66	0.68	0.7	
12	0.29	0.32	0.36	0.4	0.43	0.46	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.59	0.6	0.62	
13	0.26	0.29	0.32	0.35	0.38	0.41	0.44	0.46	0.48	0.49	0.51	0.52	0.53	0.55	
14	0.24	0.26	0.29	0.31	0.34	0.36	0.38	0.4	0.41	0.42	0.44	0.45	0.46	0.47	
15	0.2	0.22	0.24	0.26	0.28	0.3	0.32	0.33	0.34	0.36	0.36	0.37	0.38	0.39	
16	0.17	0.18	0.2	0.22	0.23	0.25	0.26	0.27	0.28	0.28	0.29	0.3	0.31	0.32	
17	0.13	0.14	0.15	0.16	0.18	0.19	0.2	0.2	0.21	0.21	0.22	0.23	0.23	0.24	
18	0.9	0.1	0.1	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.16	
19	0.5	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	
22	0.1	0.1	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	
23	0.16	0.16	0.17	0.17	0.19	0.2	0.21	0.21	0.22	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	
24	0.21	0.22	0.23	0.24	0.26	0.27	0.28	0.29	0.3	0.31	0.32	0.32	0.32	0.32	
25	0.27	0.28	0.3	0.31	0.32	0.34	0.35	0.36	0.38	0.38	0.39	0.39	0.4	0.39	
26	0.33	0.34	0.36	0.37	0.4	0.4	0.42	0.44	0.46	0.47	0.47	0.48	0.48	0.48	
27	0.4	0.41	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.54	0.55	0.56	0.56	0.56	
28	0.46	0.47	0.49	0.51	0.54	0.56	0.58	0.6	0.61	0.62	0.63	0.64	0.64	0.64	
29	0.54	0.55	0.56	0.59	0.61	0.63	0.66	0.68	0.7	0.71	0.71	0.72	0.72	0.72	
30	0.61	0.62	0.63	0.66	0.68	0.7	0.73	0.76	0.78	0.78	0.79	0.8	0.8	0.81	
35	0.99	1.01	1.02	1.06	1.1	1.13	1.16	1.18	1.2	1.21	1.22	1.22	1.23	1.22	
40	1.42	1.45	1.47	1.51	1.54	1.57	1.62	1.62	1.64	1.65	1.65	1.65	1.66	1.65	
45	1.91	1.94	1.96	2	2.03	2.05	2.07	2.09	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.08	
50	2.46	2.48	2.5	2.53	2.56	2.57	2.58	2.59	2.59	2.58	2.58	2.57	2.56	2.52	
55	3.05	3.07	3.09	3.12	3.12	3.12	3.12	3.11	3.1	3.08	3.07	3.05	3.03		
60	3.69	3.72	3.73	3.73	3.72	3.7	3.67	3.65	3.62	3.6	3.57	3.54			

#### 4.2.3 Acidez total.

- Tomar el filtrado "A" de los análisis de sólidos insolubles.
- Pipetear 50 ml. en un vaso de precipitado y agregar 100ml de agua destilada.
- Titular con NaOH 0.1 N a medición constante en pH metro hasta obtener un pH de 8.1.
- Calcular la acidez total en base a la siguiente formula:

$$\% \text{ Acidez total} = \frac{(\text{equivalente Wt de acidez} * \text{normalidad del NaOH} * \text{titulacion})}{\text{peso de la muestra}} * \frac{(1)}{10}$$

Equivalente  $W_t$  de acidez:

Cítrico = 70g.

Málico = 67g.

Tartárico = 75g.

Acético = 60g.

#### 4.2.4 Humedad.

- Método por secado de estufa.
- La determinación de secado en estufa se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. Para esto se requiere que la muestra sea térmicamente estable y que no contenga una cantidad significativa de compuestos volátiles. El principio operacional del método de determinación de humedad utilizando estufa de aire y balanza analítica, incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado y pesado nuevamente de la muestra.
- Colocar un crisol en la estufa a 105°C, secar y llevar a peso constante ( $W_0$ ).
- En el crisol anteriormente llevado a peso constante, colocar de 5 a 10 g de muestra perfectamente homogeneizada ( $W_1$ ).
- Colocar los crisoles en la estufa de aire y mantener la temperatura a 105°C durante 2 horas. (El período de tiempo

empieza cuando se tiene la temperatura deseada). El bulbo del termómetro debe estar colocado cerca de los crisoles.

- Después del tiempo requerido pasar los crisoles al desecador y esperar a que alcancen la temperatura ambiente y pesar ( $W_2$ ).
- Volver a colocar los crisoles en la estufa y desecar nuevamente durante otros 30 minutos. Retirar enfriar y pesar.
- Continuar la desecación hasta alcanzar peso constante.
- Calcular el contenido de humedad a partir de la pérdida de peso de la muestra utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{(W_1 - W_2)}{W} * 100$$

Dónde:

Peso del crisol =  $W_0$ .

Peso del crisol más muestra húmeda =  $W_1$ .

Peso del crisol más muestra seca =  $W_2$ .

Peso de la muestra =  $W$ .

### **5.2.5 Cenizas totales.**

- En este método toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre los

550-600°C. El material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza.

- Colocar un crisol en la estufa a 105°C, secar y llevar a peso constante ( $W_0$ ).
- En el crisol anteriormente llevado a peso constante, colocar de 5 a 10 g de muestra perfectamente homogeneizada ( $W_1$ ).
- Colocar los crisoles en la estufa de aire y mantener la temperatura a 105°C durante 2 horas. (El período de tiempo empieza cuando se tiene la temperatura deseada). El bulbo del termómetro debe estar colocado cerca de los crisoles.
- Colocar el crisol con la muestra deshidratada en la mufla a 525°C durante 2 horas.
- Colocar en desecador durante 30 minutos y pesar ( $W_1$ ).
- Determinar la cantidad de cenizas mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{(W_1 - W_0)}{W} * 100$$

Dónde:

Peso del crisol =  $W_0$ .

Peso del crisol más muestra calcinada =  $W_1$ .

Peso de la muestra =  $W$ .

#### 4.2.6 pH.

- El pH de la muestra, sirve para conocer su acidez o alcalinidad. Este parámetro es de utilidad para frutas y vegetales que se desean ser industrializadas.
- Calibre el potenciómetro usando las dos soluciones Buffer (pH 4 y pH 7), siguiendo las indicaciones del manual de operación del equipo.
- Tomar de 5 a 10g. de muestra y moler en mortero.
- Añadir a la muestra triturada en mortero 100ml de agua destilada.
- Homogenizar bien la muestra y medir directamente el pH de la muestra.

#### **4.2.7 Fibra cruda.**

- Pesar aproximadamente 2 g de muestra.
- Transferir cuantitativamente la muestra al vaso de precipitados especial del equipo de extracción y añadir algunas perlas de vidrio.
- Agregar 200 ml de la solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1,25%) hirviendo, conectar el vaso de precipitados al condensador de reflujo y mantener la muestra en ebullición durante 30 minutos exactamente.

- Transcurridos los 30 minutos, retirar el vaso de precipitados del condensador y filtrar la solución a través de un embudo de porcelana con lana de vidrio como material filtrante.
- Una vez filtrada la solución, lavar el residuo del embudo con agua hirviente, haciendo pasar el agua a través del vaso de precipitados.
- Se debe lavar el contenido del filtro hasta que el agua salga a pH neutro.
- Transferir cuantitativamente el residuo del embudo al vaso de precipitados (incluyendo la lana de vidrio) y agregar 200 ml de la solución de NaOH (1,25%) hirviente.
- Conectar el vaso de precipitados al condensador de reflujo y proceder de igual manera a como se hizo durante la digestión ácida.
- Después de los 30 minutos de digestión alcalina, retirar el vaso de precipitados del condensador y filtrar de igual forma que en la digestión ácida, lavando con agua hirviente hasta que el agua salga a pH neutro.
- Lavar el residuo con etanol (95%) y transferir totalmente su contenido a una cápsula de porcelana.
- Colocar la cápsula de porcelana en una estufa a 100 °C hasta llegar a peso constante.

- Pasar la cápsula a un desecador y pesarla cuando se encuentre a temperatura ambiente.
- Poner la cápsula de porcelana en una mufla y mantener a 600 °C hasta la destrucción total de toda la materia orgánica.
- Una vez destruida la materia orgánica, colocar la cápsula en un desecador y pesar al alcanzar la temperatura ambiente.
- Calcular la fibra cruda utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ fibra cruda} = pcf - pcfi$$

Donde:

PCF= peso del crisol con el filtro.

PCFI= peso del crisol con el filtro incinerado en mufla.

Nota: el contenido de fibra cruda en el peso de muestra corresponde a la pérdida de peso después de la incineración.

Reactivos:

Solución de ácido sulfúrico al 1.25%.

Solución de hidróxido de sodio al 1.25%.

Etanol al 95%.

#### **4.2.8 Azúcares reductores y totales.**

Existen diversos métodos de cuantificación de carbohidratos basados en la capacidad reductora de los azúcares que tienen libre el grupo carbonilo. Estos carbohidratos son capaces de reducir elementos como el cobre ( $\text{Cu}^{+2}$ ), el hierro ( $\text{Fe}^{+3}$ ) o el yodo ( $\text{I}_0$ ). En el caso específico del cobre, este es reducido desde  $\text{Cu}^{+2}$  a  $\text{Cu}^{+1}$ . En este sentido, en el método de Lane y Eynon se hace reaccionar sulfato cúprico con azúcar reductor en medio alcalino, formándose óxido cuproso, el cual forma un precipitado rojo ladrillo. Este método utiliza azul de metileno como indicador, el cual es decolorado una vez que todo el cobre ha sido reducido, lo que indica el fin de la titulación.

#### **4.2.8.1 Procedimiento de estandarización de la solución de Fehling.**

- Colocar la solución diluida de glucosa en una bureta.
- Colocar en una fiola de 25 ml 0.5 ml de solución de Fehling A y 0.5 ml de solución de Fehling B.
- Añadir 2 o 3 gotas de solución de azul de metileno.
- Diluir con aproximadamente 2 ml de agua destilada y agregar perlas de vidrio.

- Llevar a ebullición la solución de Fehling y agregar lentamente la solución de glucosa sin dejar de calentar, hasta que desaparezca la coloración azul. En el momento en que desaparece el color del indicador, en los bordes del fondo de la fiola se puede observar cierto tono rojizo.

#### **4.2.8.2 Determinación de azúcares reductores (originalmente presentes).**

- Tomar una alícuota de 25 ml y colocarla en un matraz aforado de 100 ml.
- aforar con agua.
- mezclar bien y colocar la solución en una bureta.
- Colocar en una fiola de 25 ml 0.5 ml de solución de Fehling A y 0.5 ml de solución de Fehling B.
- Añadir 2 o 3 gotas de solución de azul de metileno.
- Diluir con aproximadamente 2 ml de agua destilada y agregar perlas de vidrio.
- Llevar a ebullición la solución de A Fehling.
- Calcular el contenido de azúcares reductoras utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de azúcares reductoras} = \frac{(Vi)(f.f)(100)}{(Wm)(G)}$$

Dónde:

Vi= volumen inicial.

F.F= Factor fehiling.

Wm= peso muestra.

G= gasto en la titulación.

Reactivos.

Solución de Fehling A (34,639 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  en 500 ml de agua)

Solución de Fehling B (173 g de tartrato de sodio y potasio, y NaOH en 500 ml de agua)

Azul de metileno (1%)

Solución de acetato básico de plomo al 30%

Oxalato de sodio o potasio en polvo 8. Solución de HCl 1:1

9. Solución de NaOH 6 N.

#### **4.2.8.3 Azúcares totales.**

- En un vaso de precipitados de 100 ml, colocar una alícuota de 25 ml de solución clarificada.
- Agregar 5 ml de solución de HCl (1:1) y calentar a 70 °C durante 5 minutos.
- Enfriar a temperatura ambiente y con ayuda de un potenciómetro llevar a pH 8,2 utilizando una solución 6N de NaOH
- Una vez alcanzado el pH indicado, pasar la solución cuantitativamente a un matraz aforado de 100 ml, aforar con agua, mezclar bien y colocar la solución en una bureta.
- Colocar en una fiola de 25 ml 0.5 ml de solución de Fehling A y 0.5 ml de solución de Fehling B.
- Añadir 2 o 3 gotas de solución de azul de metileno.
- Diluir con aproximadamente 2 ml de agua destilada y agregar perlas de vidrio.
- Llevar a ebullición la solución de Fehling.

$$\% \text{ de azúcares totales} = \frac{(Vi)(f.f)(100)}{(Wm)(G)}$$

Dónde:

Vi= volumen inicial.

F.F= Factor fehiling.

Wm= peso muestra.

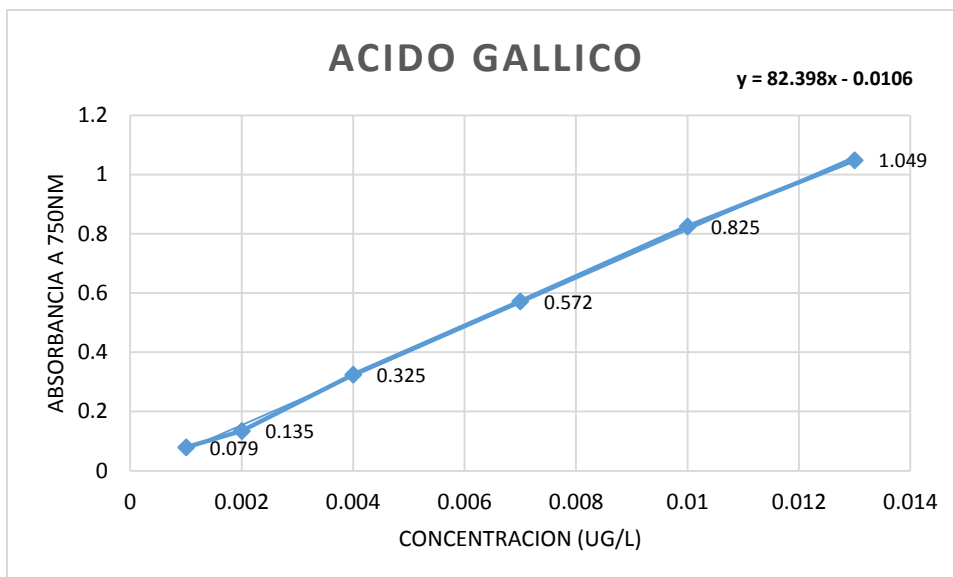
G= gasto en la titulación.

Nota: los azúcares no reductores son calculados restando al contenido de azúcares totales, el contenido de azúcares reductores.

#### **4.2.9 Contenido fenólico total.**

- Recolección de la muestra.
- Desecar la muestra y pulverizar con mortero.
- Pesar 10 g de muestra.
- Macerar en metanol al 80% en frasco ámbar por 24 horas.
- Filtrar y calentar a 40°C hasta evaporar en metanol.
- Pesar y guardar en refrigerador a 4°C.
- Preparar estándares de ácido gálico 0.1mg/ml, carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 20%, y reactivo de Folin 1N.
- Determinar curva de calibración estándar del ácido gálico a 750nm.
- Tomar de 1 ml de alícuota de ácido gálico estándar 10,20, 40, 60, 80, 100  $\mu\text{g} / \text{ml}$ ) en 6 tubos de ensayo.
- Agregar 5 ml de agua destilada.

- Agregar 0.5 ml de reactivo de folin ciocalteu.
- Mezclar, sacudir y esperar 5 minutos para que haga reacción.
- Añadir 1.5ml de carbonato de sodio al 20%.
- Se dejó incubar a temperatura ambiente durante 30 minutos.
- Revisar solución y verificar el intenso color azul desarrollado.
- Medir absorbancia en espectrofotómetro a 750nm.
- Una vez terminada la curva de calibración,
- Tomar 50ul de muestras anteriormente obtenida.



**Figura 11.** Curva de calibración de contenido total de fenoles para el ácido gálico estándar.

#### 4.2.10 Contenido energético.

Este se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{contenido energetico} = (P * 4) + (G * 9) + (AT * 4)$$

Donde:

P = proteína.

G = Grasas.

AT = Azúcares totales.

#### **4.2.11 Sacarosa.**

Proviene de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Sacarosa} = (\% \text{ Azucares invertidos} - \% \text{ Azucares reductoras})(0.95)$$

#### **4.2.12 Fructuosa.**

Se obtuvo de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Fructuosa} = (\% \text{ sacarosa} - \% \text{ glucosa})$$

#### **4.2.13 Glucosa**

**Se determinó directamente de glucómetro**

- **Tomar 2 gramos de muestra.**
- **Moler hasta homogenizar.**
- **Colocar en glucómetro.**
- **Tomar lectura.**

### **5. RESULTADOS Y DISCUSION.**

## **5.1 Características físicas de calidad en el fruto.**

### **5.1.2 Porcentaje de amarre del fruto.**

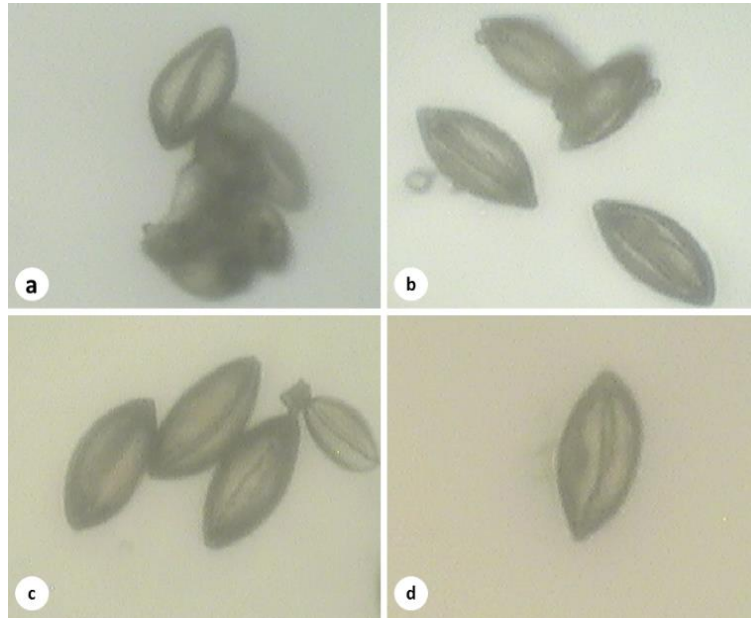
Existe una diferencia significativa en el porcentaje de amarre en el fruto, debido a los resultados observados entre los cuatro machos polinizadores. El porcentaje significativo más alto, lo tuvieron los racimos que fueron polinizados con Zahidi (50.29%), mismo que tuvo diferencias significativas con el resto de los tratamientos. Deglet Noor y Medjool no presentaron diferencia significativa entre ambos. Khadrawy presentó el porcentaje más bajo (13.25%), difiriendo del resto de los tratamientos. El tratamiento Control tuvo un porcentaje de amarre del 41.82%, siendo significativo del resto de los tratamientos. Este porcentaje alto pudo haber sido influenciado debido a la frecuencia de polinización del agricultor, ya que en algunos casos es hasta tres veces sobre el mismo racimo. Ver Tabla 8. Los porcentajes de amarre en el fruto, son fuertes indicadores que confirman la compatibilidad o incompatibilidad entre el cruce de las variedades (Bacha, Aly, Al-Obeed, & Abdul-Rahman, 2000). De acuerdo a los criterios de compatibilidad utilizados en diversos estudios (Al-Obeed & Abdul-Rahman, 2002; Bacha et al., 2000), nuestros resultados sugieren que los tratamientos masculinos que utilizamos en este estudio,

podrían ser incompatibles con el variedad femenino Medjool. Sin embargo, nuestros resultados podrían estar influenciados por el fenómeno de la alternancia, como ya se ha reportado en otros estudios, donde el porcentaje de variación en el amarre del fruto en la misma variedad es diferente entre una temporada y la siguiente (Al-Obeed & Abdul-Rahman, 2002; Bacha et al., 2000; Ghnaim & Al-Muhtaseb, 2006; Hafez et al., 2014). Asimismo, este bajo porcentaje también puede ser debido a la variación en las condiciones agro-climáticas y a las características de las variedades bajo estudio (Iqbal et al., 2012). Los bajos porcentajes de amarre con diferentes fuentes de polen, muestran la incompatibilidad entre los granos de polen y la variedad femenina receptora. La viabilidad en la selección de la fuente del polen puede ser apoyada por medio de estudios morfológicos en los granos de polen, ya que su forma esférica, elíptica o romboidal, podrían determinar su compatibilidad con alguna hembra receptora (Al-Khalifah, 2006). Ver figuras 7, 8a y 8b. Asimismo comparamos nuestros resultados contra dos estudios similares (los cuales tomaremos como referencia de comparación para los parámetros físicos), donde también consideraron como hembra receptora al variedad Medjool, pero con fuentes de polen diferentes, obtuvieron en promedio 74.05 y 49.50 % de amarre del fruto en Jordania e Irán respectivamente (Ghnaim & Al-Muhtaseb,

2006; Rahnama & Rahkhodaei, 2014) contra 29.23 % de nuestro estudio en México. Ver Tabla 4.

**Tabla 4.** Resultados obtenidos sobre los efectos en la calidad física del fruto. Las medias con la misma letra en el mismo renglón, no fueron significantes en un nivel del 5%.

Parámetros	Deglet Noor	Khadrawy	Zahidi	Medjool	Control
Porcentaje de Amarre (%)	27.42c	13.25d	50.29a	25.94c	41.82b
Peso del fruto (g)	23.35b	25.35a	21.73c	23.97b	17.27d
Peso de la pulpa (g)	21.92b	23.98a	20.39c	22.56b	16.56d
Longitud del fruto (cm)	5.11c	5.33a	4.97d	5.24b	4.78e
Diámetro del fruto (cm)	2.68a	2.72a	2.56b	2.70a	2.39c
Peso del racimo (kg)	3.48a	3.96a	5.38a	3.83a	4.59 <sup>a</sup>
Rendimiento Total (kg)	41.79	47.51	64.55	46.01	49.44



**Figura 12.** Muestras de granos de polen de las cuatro variedades utilizados para polinizar a hembras receptoras variedad Medjool, observándose gran similitud en su forma y tamaño, lo cual los hace compatibles. Variedades: (a) Khadrawy. (b) Deglet Noor. (c) Medjool. (d) Zahidi.



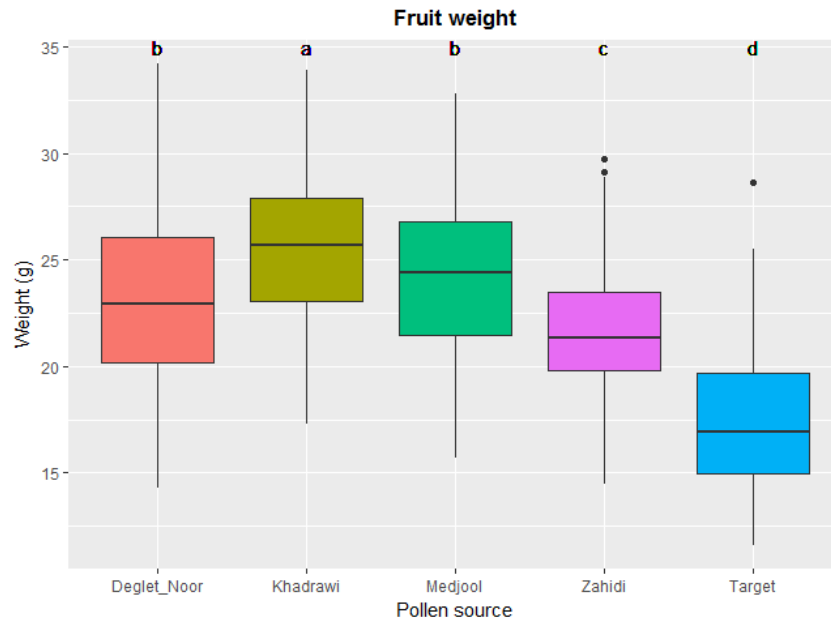
**Figura 13.** Efecto de la fuente del polen sobre el porcentaje de amarre y proceso de raleo de frutos. (a) Variedad Zahidi después de dos meses de su polinización. (b) Variedad Khadrawy con el más bajo porcentaje de amarre. (c) Aspecto normal de una hebra con dátiles. (d). Misma hebra después del proceso de raleo.

### 5.1.3 Peso del fruto.

Los promedios de los datos relacionados con el peso del fruto en respuesta a cuatro fuentes distintas de polen, se describen en la tabla 8. El peso máximo de fruto fue significativo para el polen proveniente de Khadrawy, presentando un promedio de 25.35 g por fruto. Deglet Noor y Medjool no fueron significativamente diferentes, reportando un peso de 23.97 y 23.35 g respectivamente. Mientras que el variedad Zahidi presentó estadísticamente el menor con 21.73 g. Ver figura 9. Con este resultado podemos asumir que no existe relación entre un alto porcentaje de amarre con el más alto peso del fruto, ya que Khadrawy, quien tuvo el menor porcentaje de amarre, tuvo el mayor peso promedio del fruto. De igual forma, Zahidi tuvo el mayor porcentaje de amarre, pero tuvo el menor porcentaje de peso promedio del fruto. Esto confirma la misma relación encontrada en otro estudio, que tomo hembra receptora el variedad Barhi (Al-Muhtaseb & Ghnaim, 2006).

Asimismo, considerando el tratamiento de control, el cual fue polinizado con el tratamiento tradicional para su cultivo, resulto con un promedio de 17.27 g. Este resultado sugiere que cualquiera de nuestros tratamientos podría tener mejor peso de fruto, que el procedimiento tradicional de polinización en esta

plantación. Al comparar nuestros resultados contra los dos estudios de referencia, estos tienen en promedio 35 y 19.07 g, mientras que el nuestro alcanza los 23.60 g. Ver Tabla 9.



**Figura 14.** Las medias seguidas por la misma letra, no son significantes en el nivel del 5%. La grafica indica los pesos promedios del fruto para cada variedad, mostrando que cualquier tratamiento ofrece mejores resultados que el blanco.

La calidad comercial del dátil Medjool se define por su peso y por la separación de la piel del dátil. La categoría Premium que se manejó en este estudio tiene una separación de la piel entre el 0 y 10%. Su clasificación por peso es pequeño (<15 g), mediano (15-

18 g), grande (18-23 g), jumbo (23-27g) y super jumbo (>27 g). Nuestros resultados clasifican a este fruto en Jumbo para Khadrawy, Medjool y Deglet Noor; en grande para Zahidi y en mediano para el blanco. El promedio de los cuatro tratamientos se encuentra en la categoría jumbo.

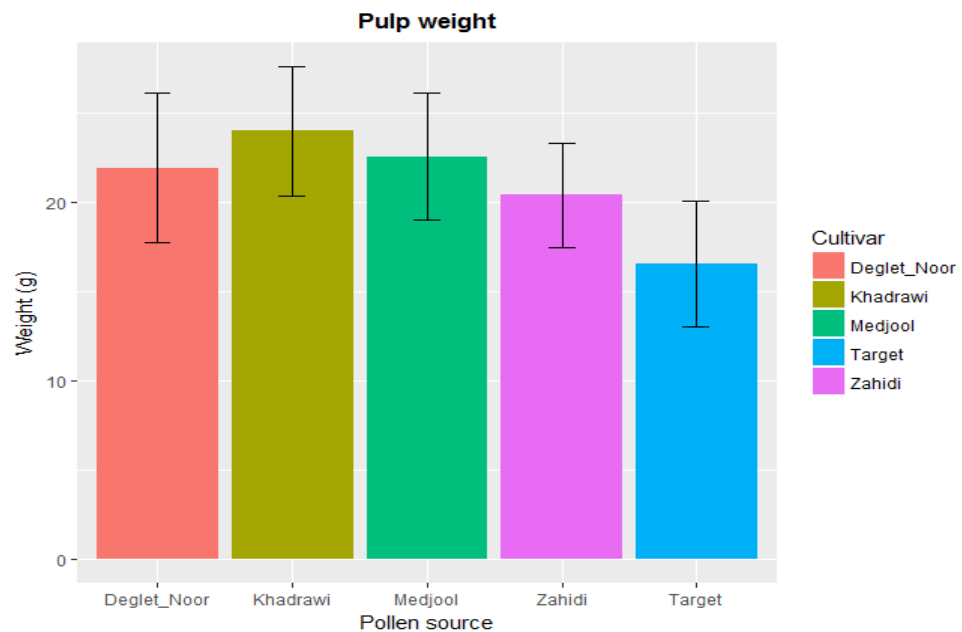
**Tabla 5.** Comparación entre nuestro estudio y otros que también considera como hembra receptora la variedad Medjool.

Parámetros	Variedades en México					Variedades en Jordania (Ghnaim & Al-Muhtaseb, 2006)					Variedades en Iran (Rahnama & Rahkhodaei, 2014)			
	Deglet Noor	Khadrawy	Zahidi	Medjool	Promedio	Jarvis	Medjool	Aqaba	Dayyat 1	Promedio	Ghane	Vardy	Sames-mave	Promedio
Porcentaje de amarre (%)	27.42	13.25	50.29	25.94	29.23	69.00	67.30	80.40	79.50	74.05	52.40	53.20	42.90	49.50
Peso del fruto (g)	23.35	25.35	21.73	23.97	23.60	34.20	35.40	37.20	33.20	35.00	19.30	18.80	19.10	19.07
Longitud del fruto (cm)	5.11	5.33	4.97	5.24	5.16	4.93	5.17	5.11	4.80	5.00	4.83	4.53	4.94	4.77
Diámetro del fruto (cm)	2.68	2.72	2.56	2.70	2.67	3.58	3.58	3.65	3.50	3.58	2.76	2.62	2.74	2.71

#### 5.1.4 Peso de la pulpa.

La pulpa es la porción comestible del fruto y en nuestros resultados su peso significativo promedio máximo fue para los arboles polinizados con Khadrawy con 23.98 g; Medjool y Deglet Noor comparten la misma significancia con 22.56 y 21.92 g respectivamente. El menor peso fue para Zahidi con 20.39 g.

Considerando que el peso promedio total entre los cuatro tratamientos es de 22.21 g, comparados contra los 16.56 g de peso de la pulpa para el blanco, observamos que cualquiera de nuestros tratamientos pudiera ofrecer mejores pesos de la pulpa, que el tratamiento utilizado en el blanco. Ver figura 10. Los datos relacionados al promedio del peso de la pulpa, los cuales son proporcionales al peso del fruto, se describen en el Tabla 8.



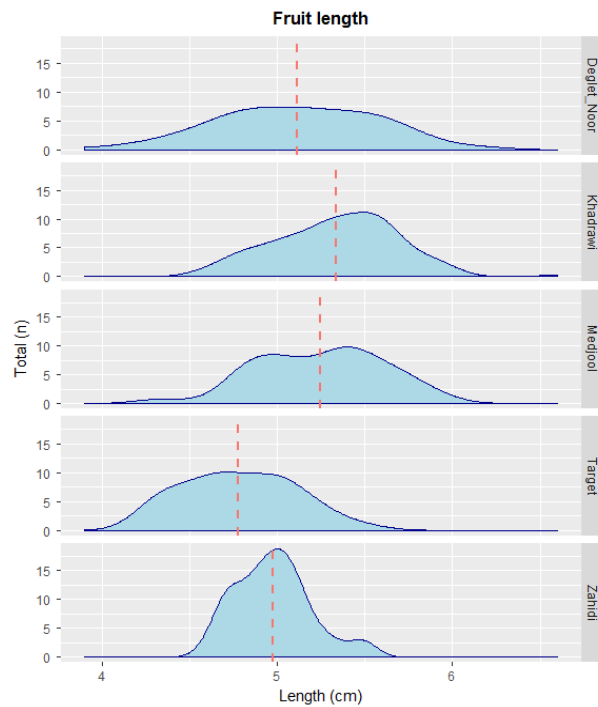
**Figura 15.** Comparación de medias con su respectiva desviación Estándar, efectuada entre los cinco tratamientos efectuados en este estudio.

Al romper el fruto para retirar su semilla, fue muy notorio a nuestro sentido del olfato, un aroma mucho más fuerte en el fruto polinizado con la variedad Khadrawy, siendo casi imperceptible detectar este aroma en el resto de los frutos con los otros tres tratamientos. En la descripción del análisis químico se hará una mayor descripción mayor y asociación de este fenómeno.

#### **5.1.5 Longitud del fruto.**

Todos los estudios que reportan resultados de efectos de Metaxenia, afirman que un polen específico tiene un efecto significativo en la longitud del fruto, pero no en todos los tratamientos existe una diferencia significativa (Nixon, 1956; Swingle, 1928). Sin embargo, en nuestro estudio, todos los tratamientos tuvieron una diferencia significativa, incluyendo las muestras que tomamos como blanco. La máxima longitud se obtuvo en los racimos polinizados con Khadrawy, con 5.33 cm. Los frutos significativamente más cortos se obtuvieron para el variedad Zahidi con 4.97 cm. Todas las variedades fueron significativamente más largos que el blanco, sugiriendo que cualquiera de nuestros tratamientos es más efectivo, que el método de polinización utilizado en esta plantación. Ver Tabla 8. Comparando nuestro resultado contra los dos estudios de

referencia (Ghnaim & Al-Muhtaseb, 2006; Rahnama & Rahkhodaei, 2014), tenemos que el promedio significativo más corto nuestro, es mayor que el obtenido como longitud más corto por el estudio hecho en Jordania e Irán con 4.80 y 4.53 cm respectivamente. Asimismo, nuestra máxima longitud significativa, es mayor a la obtenida por ambos países con 5.17 y 4.94 cm respectivamente. En promedio los resultados de todos los variedades indican que nuestros tratamientos son mayores con 5.16 cm, contra el promedio de 5.00 y 4.77 cm de Jordania e Irán respectivamente (Ghnaim & Al-Muhtaseb, 2006; Rahnama & Rahkhodaei, 2014). Ver tabla 9.



**Figura 16.** Comparación de medias sobre la longitud del fruto en los cinco tratamientos.

### 5.1.6 Diámetro del fruto.

La Tabla 8 muestra que las variedades Khadrawy, Medjool y Deglet Noor son significativamente idénticos, pero tienen el mayor diámetro de fruto con 2.72, 2.70 y 2.68 cm respectivamente. Lo cual difiere estadísticamente con el fruto de menor diámetro significativo que fue para los racimos polinizados con Zahidi con 2.56 cm. Las muestras tomadas como blanco tuvieron un promedio de 2.39 cm de diámetro, siendo significativamente menor contra el resto de los tratamientos. Estos resultados apoyan los reportados por un estudio similar (Ghnaim & Al-Muhtaseb, 2006), donde se encontró que la fuente del polen de diferentes machos afectan significativamente el diámetro del fruto. Las diferencias en diámetro son un efecto común de la *Metaxenia* (Al-Khalifah, 2006; Iqbal et al., 2012). El diámetro promedio de nuestros cuatro tratamientos fue de 2.67 cm, siendo menor a lo reportado por los estudios en Jordania e Irán con 3.58 y 2.71 cm respectivamente. Ver Tabla 9.

### **5.1.7 Peso del racimo.**

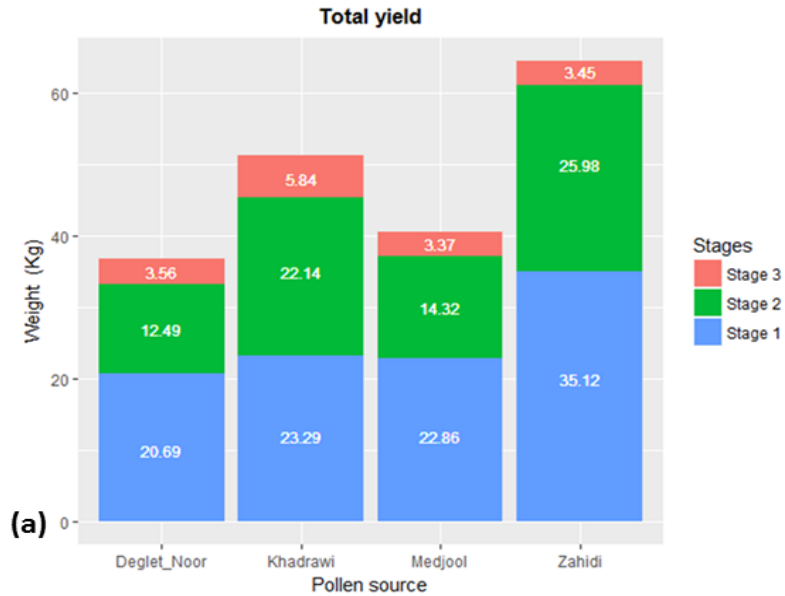
El peso promedio de los frutos en el racimo es mostrado en el Tabla 8, revelando que el polen de diferentes machos no muestra algún efecto significativo. Los racimos polinizados con el variedad Zahidi, tuvieron el mayor peso promedio en el racimo con un promedio de 5.38 kg. El peso más bajo del racimo fue obtenido por Deglet Noor con 3.48 kg. Estos resultados confirman lo reportado por estudios similares (Al-Muhtaseb & Ghnaim, 2006; Iqbal et al., 2012) quienes sugieren que la fuente del polen no tiene un efecto significante en el peso del racimo. Es conocido que existe una fuerte correlación positiva entre el porcentaje de amarre y el rendimiento del racimo. Esto lo comprobamos con la variedad Zahidi, el cual tuvo el porcentaje de amarre más alto y el peso del bonche más alto. Sin embargo, el tratamiento con Khadrawy, tuvo el menor porcentaje de amarre, pero fue el segundo mejor rendimiento de peso en el racimo. En esta observación, nuestro blanco tuvo un mayor peso promedio en su racimo con 4.59 kg, en comparación con los variedades Deglet Noor, Medjool y Khadrawy con 3.48, 3.83 y 3.96 kg respectivamente, por racimo en promedio.

Los pesos promedio del racimo analizados en este estudio, son mucho más pequeños que los pesos que reportan otros estudios. Esto puede ser debido a varios factores, primeramente el que no se haya disminuido la cantidad de hebras en los racimos. En segundo lugar, el raleo practicado en este estudio fue de 12 frutos por hebra en cada racimo. Ver figuras 2c y 2d. Finalmente, el ciclo 2016 para la plantación donde se llevó a cabo este trabajo, es considerado un año de alternancia con bajo rendimiento. El alto rendimiento obtenido en Jordania se debió en gran parte a que ellos utilizaron únicamente 40 hebras por racimo y 8 frutos por hebra (Ghnaim & Al-Muhtaseb, 2006).

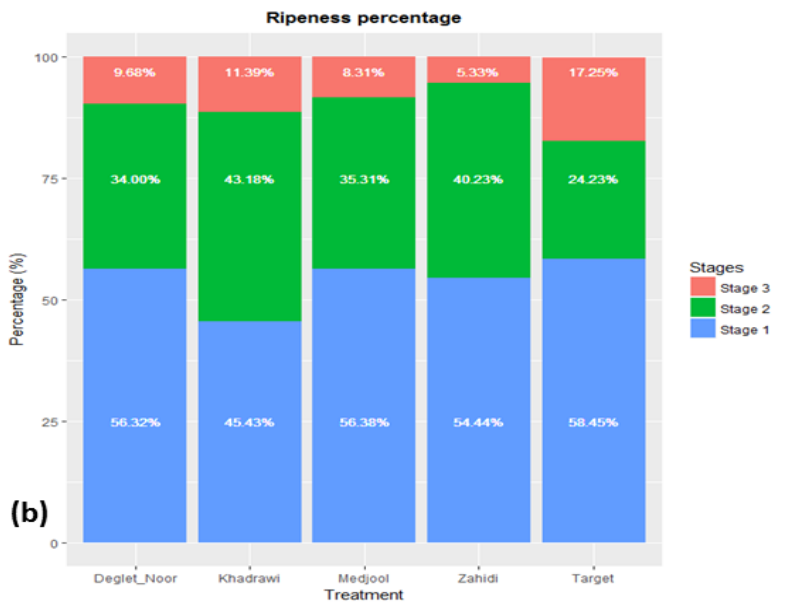
#### **5.1.8 Rendimiento total**

Los datos mostrados en el Tabla 8, indican claramente que el más alto rendimiento total fue para las palmas que fueron polinizadas con el tratamiento Zahidi, con un rendimiento total de 64.55 kg y el segundo más alto fue para Kadrawi con 47.51 kg. Los rendimientos totales más bajos fueron para Deglet Noor y Medjool con 41.79 y 46.01 kg respectivamente. El rendimiento total para nuestro blanco fue de 49.44 kg, siendo la segunda mejor opción de polinización, si lo que se busca es obtener volumen, en lugar de mejores características en el fruto. Estos resultados son proporcionalmente idénticos a los pesos promediados en el

racimo. La figura 12a muestra los pesos obtenidos en cada una de las tres etapas en las que se dividió la cosecha, mostrando a Zahidi con el peso más alto para la primera etapa.



(a)



(b)

**Figura 17.** (a) Rendimiento total por tratamiento para cada una de las tres etapas de la cosecha. (b) Porcentajes de madurez del fruto, en base al rendimiento que presento cada tratamiento en cada una de las etapas.

#### **5.1.9 Fruto inmaduro.**

La cosecha fue levantada en tres ocasiones diferentes, esperando que el fruto alcanzara su etapa de madurez. En su última cosecha, las variedades Khadrawy y Deglet Noor, reportaron 4.42 y 4.08 kg de fruto inmaduro respectivamente, sugiriendo que el efecto de polinizar bajo estos tratamientos, es el de retrasar el tiempo de madurez en el fruto. Zahidi tuvo el menor peso de fruto inmaduro con 0.29 kg, lo que sugiere ser la mejor opción para adelantar el proceso de maduración. Mientras que la fuente Medjool con la madre receptora del mismo variedad, tuvo 1.05 kg de peso en el fruto inmaduro. De igual forma, el blanco reportó 1.18 kg. Ver Tabla 8 y Figura 12b.

## 5.2 Características químicas en el fruto.

**Tabla 6.** Resultados sobre las medias obtenidas sobre los efectos en las propiedades químicas del fruto. Las medias con la misma letra en el mismo renglón, no fueron significantes en un nivel del 5%.

Parámetros	Deglet Noor	Khadrawy	Zahidi	Medjool	Control
Solidos Insolubles	13.73a	15.15a	16.88a	17.05a	18.29a
Solidos Solubles totales	66.04a	64.96a	66.45a	67.50a	74.54a
Acidez total	0.08a	0.08a	0.07a	0.08a	0.07a
Humedad	19.75b	27.38a	20.51b	26.32a	17.14b
Ceniza	2.25a	1.47b	2.20a	1.93b	1.25b
pH	6.83a	6.82a	6.93a	6.84a	6.86a
Fibra Cruda	6.86a	6.98a	7.29a	7.15a	6.95a
Azucares reductores	22.47a	28.14a	23.08a	23.37a	19.43a
Azucares no reductores	33.73a	41.95a	32.93a	36.94a	29.99a
Azucares totales	67.16ab	69.35a	66.74b	57.57b	57.43b

### 5.2.1 Solidos insolubles.

Los resultados en el Tabla 10, indican que el porcentaje de solidos insolubles (representados en porcentajes) no fueron significativos, en respuesta a las diferentes fuentes de polen. El porcentaje más alto lo tuvo Medjool con 17.05% y el más bajo lo tuvo Deglet Noor con 13.73%. El tratamiento control tuvo 18.29%, pero no fue significativo comparado contra el resto de los tratamientos. El promedio de los cuatro tratamientos fue de 15.70%.

### **5.2.2 Sólidos solubles totales.**

Los resultados en el Tabla 10, indican que el porcentaje de sólidos solubles totales (representados los porcentajes en °Brix) no fueron significativamente afectados por las diferentes fuentes de polen. El porcentaje más alto lo tuvo Medjool con 67.50% y el más bajo lo tuvo Khadrawy con 64.96%. El tratamiento control tuvo un 74.54%, pero no fue significativo comparado contra el resto de los tratamientos. El promedio de los cuatro tratamientos fue de 66.23%, siendo un resultado muy alto en comparación con un estudio similar con 34.18%, los cuales utilizan fuentes de polen distintas a las nuestras (Ghnaim & Al-Muhtaseb, 2006). Este resultado es muy aceptable ya que nos indica que es posible incrementar las características comerciales del fruto, sin que se vea afectado el contenido de azúcar, mismo que es un parámetro primordial de calidad en el fruto.

Este resultado está en acuerdo general con los resultados reportados por estudios similares, en los que utilizaron como palma femenina receptora a las variedades Medjool y Barhi (Al-Muhtaseb & Ghnaim, 2006; Ghnaim & Al-Muhtaseb, 2006), donde no se encontraron diferencias significativas en contenidos de azúcares. Sin embargo, otros autores utilizando las palmas femeninas receptoras de las variedades Samany y Dhakky (Hafez

et al., 2014; Shafique et al., 2011), si encontraron diferencias significativas en el porcentaje de sólidos solubles, debido al efecto de la fuente del polen.

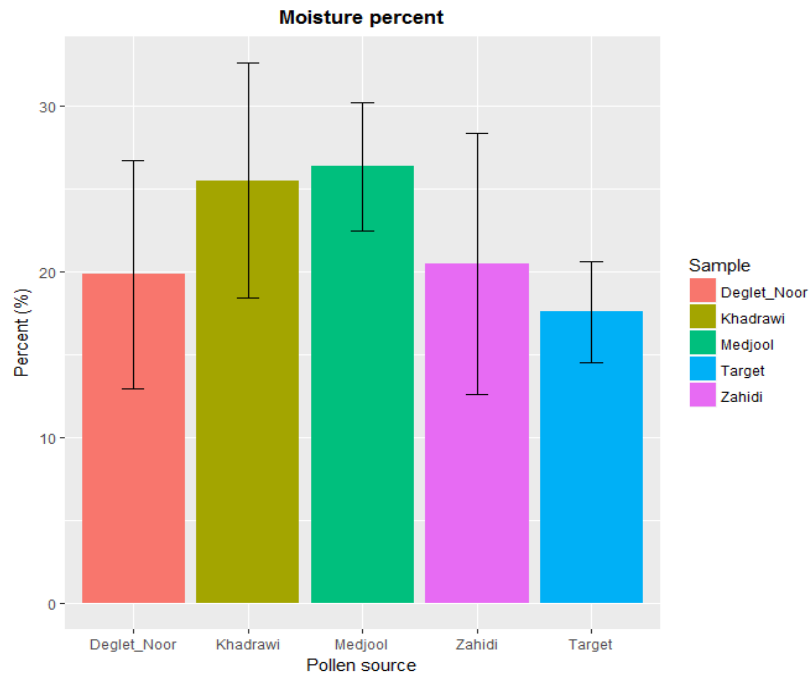
### **5.2.3 Acidez total.**

Con respecto al efecto del polen sobre la acidez total, los datos revelaron que no hubo diferencias significativas entre las diferentes variedades de machos sobre el porcentaje de la acidez en las hembras receptoras Medjool. Los resultados en el Tabla 10 indican que el porcentaje más alto lo tuvieron las variedades Deglet Noor, Khadrawi y Medjool con 0.08% y el más bajo lo tuvo Zahidi con 0.07%. El tratamiento control tuvo un 0.0754%. El promedio de los cuatro tratamientos fue de 0.07%.

### **5.2.4 Humedad.**

La humedad es uno de los componentes esenciales en la fruta que es de especial interés, básicamente en su calidad y por qué actúa en su conservación. El contenido de humedad del fruto varía desde un 60% en el proceso de su etapa de madurez y aproximadamente 25% en hasta su etapa de secado. El contenido de humedad ideal que asegura la calidad y frescura del dátil para

su almacenamiento, se encuentra entre el 24 y 25%. Los resultados de este parámetro indican que este resultado es significativo, variando del 19.75 al 27.38%. La tasa más alta significativa se observó en la variedad Khadrawy. La más baja significativa se registró en la variedad Deglet Noor. El tratamiento control, mostro un 17.14%. Ver Tabla 10. (Toutain, 1976) clasifica a los dátiles como suaves si presentan un contenido de agua superior al 30%, secos, si esta tasa es inferior al 10%. Con esta definición y con nuestros resultados, se nos permite clasificar al dátil variedad Medjool, como un dátil semi-seco.



**Figura 18.** Comparación de los cuatro tratamientos y un control sobre el porcentaje de humedad en el fruto.

### **5.2.5 Ceniza.**

El contenido de ceniza varió en un rango de 1.47 y 2.25 entre los cuatro tratamientos. Se encontró que el valor promedio más alto fue estadísticamente significativo con 2.25 para la variedad Deglet Noor y el valor promedio más bajo fue estadísticamente significativo para la variedad Khadrawy con 1.47. Su promedio fue 1.96 entre las cuatro variedades. El tratamiento control tuvo un valor de 1.25. Ver Tabla 10.

### **5.2.6 pH.**

Los resultados en el Tabla 10, indican que el contenido de pH no fue significativo, en respuesta a las diferentes fuentes de polen. El promedio más alto lo tuvo Zahidi con 6.93% y el más bajo lo tuvo Khadrawy con 6.82%. El tratamiento control tuvo 6.86%, pero no fue significativo comparado contra el resto de los tratamientos. El promedio de los cuatro tratamientos fue de 6.85%.

### **5.2.7 Fibra cruda.**

El contenido de fibra cruda tuvo un promedio fue 7.07 entre los cuatro tratamientos y el efecto de las diversas fuentes polen no tuvieron un efecto significativo en el fruto. Se encontró que el valor promedio más alto fue de 7.29 para la variedad Zahidi y el valor promedio más bajo fue para la variedad Deglet Noor con 6.86. El tratamiento control tuvo un valor de 6.95. Ver Tabla 10.

### **5.2.8 Azucares reductores.**

El efecto de la fuente de granos de polen no tuvieron un efecto significativo en el contenido de azucares reductores. Ver Tabla 10. Su contenido varió en un rango de 22.47 y 28.14 entre los cuatro tratamientos. Su promedio entre las cuatro variedades fue de 24.26. El contenido para el tratamiento control fue de 19.43.

### **5.2.9 Azucares no reductores.**

En el caso de los azucares no reductores el Tabla 10 indica que no fueron significativamente afectados por las diferentes fuentes de polen. Su contenido varió en un rango de 32.93 y 41.95 entre

los cuatro tratamientos. Su promedio entre las cuatro variedades fue de 36.38. El contenido para el tratamiento control fue de 29.99.

#### **5.2.10 Azucares totales.**

Los resultados en el Tabla 10, indican que el contenido de Azucares totales fue significativo únicamente entre las variedades Medjool y Khadrawy con 57.57 y 67.16 respectivamente. El resto de los tratamientos no tuvieron diferencia significativa entre sí. El tratamiento control tuvo 57.43%, siendo únicamente significativo contra el tratamiento Khadrawy, pero no fue significativo comparado contra el resto de los tratamientos. El promedio de los cuatro tratamientos fue de 6.85%.

El contenido de azúcar en el fruto puede verse afectado por la fuente de polen. Esto puede ser debido a la funciones del sistema enzimático iniciado por el efecto de la metaxenia y posteriormente por las actividades que suceden en los sitios extracelulares, los cuales se disuelven fácilmente en agua e invierten los azúcares. De forma similar, las enzimas hidrolíticas como la poligalacturonasa y la celulosa también pueden estar implicadas en estos cambios bioquímicos mediante la solubilización de la pectina y la celulosa en la fruta de la palmera (Hasegawa & Smolensky, 1971). La participación de diferentes fuentes de polen en la fisiología de las diferentes reacciones bioquímicas

implicadas en la biosíntesis de azúcares todavía no se entiende completamente y necesita estudios adicionales.

**Tabla 7.** Comparación de los contenidos de diversos azúcares, proteína, grasas, fenoles y valores energéticos, obtenidos entre los cuatro tratamientos y un control.

Parámetros	Deglet Noor	Khadrawy	Zahidi	Medjool	Control
Sacarosa	42.45 ± 10.94	39.14 ± 8.42	41.47 ± 5	32.49 ± 5.87	36.10 ± 6.15
Glucosa	24.06 ± 1.04	28.92 ± 1.10	24.29 ± 1.32	24.00 ± 1.17	27.07 ± 0.17
Fructuosa	18.06 ± 5.99	10.22 ± 4.76	17.18 ± 3.16	8.49 ± 3.52	9.03 ± 3.16
Proteína	3.30 ± 0.23	3.35 ± 0.30	3.00 ± 0.009	2.92 ± 0.09	3.47 ± 0.11
Grasas	0.68 ± 0.07	0.80 ± 0.12	0.78 ± 0.11	0.74 ± 0.05	0.74 ± 0.19
Valor energético	287.96 ± 16.08	298 ± 9.82	285.98 ± 8.75	248.62 ± 6.41	250.26 ± 10.13
Fenoles	5.08 ± 1.99 (mg de ácido gálico equivalente / g extracto)	5.29 ± 2.23 (mg de ácido gálico equivalente / g extracto)	3.82 ± 1.51 (mg de ácido gálico equivalente / g extracto)	5.02 ± 2.03 (mg de ácido gálico equivalente / g extracto)	4.54 ± 2.17 (mg de ácido gálico equivalente / g extracto)

### 5.2.11 Sacarosa.

El contenido de sacarosa no fue significativo entre los cuatro tratamientos, sin embargo el porcentaje promedio más alto lo obtuvo Deglet Noor con 42.45% y el más bajo fue para Medjool con 32.49%. El tratamiento control tuvo un 36.10%, siendo más

alto que Medjool. Estos resultados representan que en la muestra, los tratamientos Deglet Noor y Zahidi, contienen niveles de azúcar con porcentajes promedios más altos, indicando un sabor ligeramente más dulce que el resto de los tratamientos.

#### **5.2.12 Glucosa.**

El contenido de glucosa no fue significativo entre los cuatro tratamientos, sin embargo el porcentaje promedio más alto lo obtuvo Khadrawy con 28.92% y el más bajo fue para el resto de los tratamientos con 24% para todos. El tratamiento control tuvo un 27.07%, siendo más alto que Deglet Noor, Zahidi y Medjool.

#### **5.2.13 Fructuosa.**

Esta fue obtenida mediante fórmula expresada en la metodología. El contenido de fructuosa no fue significativo entre los cuatro tratamientos, sin embargo el porcentaje promedio más alto lo obtuvo Deglet Noor con 18.06% y el más bajo fue para Medjool con 8.49%. Mientras que Khadrawy y Zahidi tuvieron 10.22% y 17.18% respectivamente. El tratamiento control tuvo un 9.03%, siendo más alto que Medjool.

#### **5.2.14 Proteína.**

Para el contenido de proteína se encontró que el valor promedio más alto fue 3.35% para la variedad Khadrawy y el valor promedio más bajo fue para la variedad Medjool con 2.92%. Su promedio fue 3.14% entre las cuatro variedades. El tratamiento control tuvo un valor de 3.47% el cual es mayor que las cuatro variedades analizadas. Ver Tabla 11.

#### **5.2.15 Grasas (lípidos).**

Con relación a su contenido de grasas, se puede observar que el fruto del dátil maneja niveles muy bajos de grasas. Los contenidos más altos de grasa los lleva la variedad Khadrawy con un 0.80% en promedio y la más baja es la variedad Deglet Noor con un promedio de 0.68%. Mientras que el control fue 0.74% y en promedio de los cuatro tratamientos fue de 0.75%. Ver en Tabla 11.

#### **5.2.16 Valor energético.**

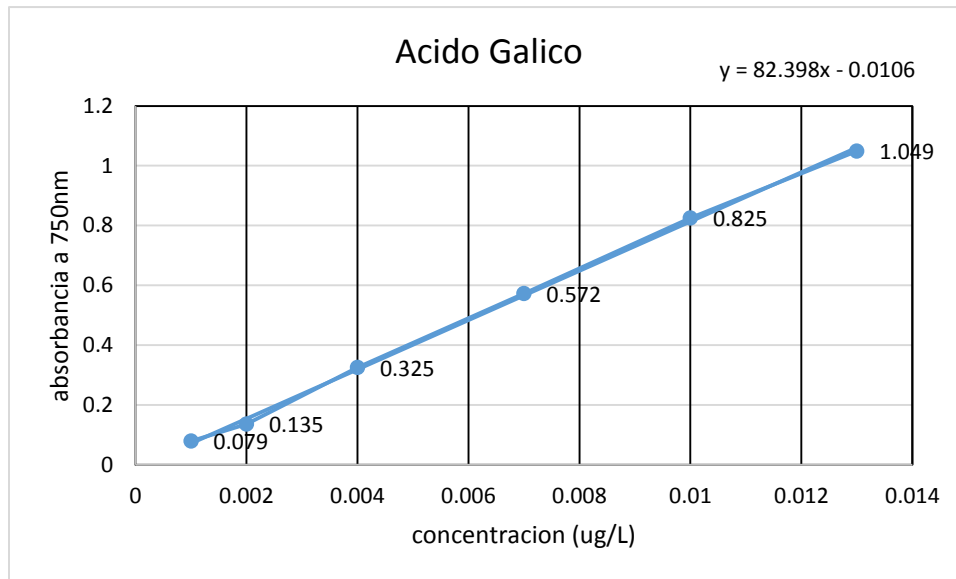
Este fue calculado en base a la ecuación expresada en la sección de metodología. Este resultado habla muy bien del fruto ya que en la mayoría de los tratamientos este valor fue alto, con excepción del tratamiento Medjool con 248.62 Kcal, mismo que fue menor aunque el tratamiento control con 250.26 Kcal. El resto de los tratamientos Deglet Noor, Khadrawy y Zahidi tuvieron 287.96, 298 y 285.98 Kcal. respectivamente, sugiriendo que el fruto del dátil es una excelente fuente de energía. Ver en Tabla 11.

#### 5.2.16 Fenoles.

Los datos obtenidos de la curva de calibración del ácido gálico se muestran en la Tabla 8 y su curva en la Figura 19.

**Tabla 8.** Datos obtenidos de la curva de calibración del ácido gálico.

	mg/mL	Abs	T%
1	0.001	0.079	83.4
2	0.002	0.135	73.2
3	0.004	0.325	47.1
4	0.007	0.572	26.8
5	0.01	0.825	14.9
6	0.013	1.049	8.9



**Figura 19.** Curva de calibración del ácido gálico.

Los datos obtenidos indican una buena linealidad (0.9995) lo cual permite deducir una buena cuantificación de fenoles totales presentes en cada tratamiento. Utilizando como referencia la curva de calibración del ácido gálico, los resultados obtenidos indicaron que las cuatro fuentes de polen poseen una gran cantidad de compuestos fenólicos totales. El tratamiento Khadrawy tuvo un promedio de 5.08 mg de ácido gálico/g extracto, deduciendo que este fruto posee grandes actividades antioxidantes, asimismo este tratamiento resalta sobre el resto al emitir un aroma más fuerte que el resto de los tratamientos. El contenido más bajo de fenoles totales fue para Zahidi con 3.82 mg de ácido gálico/g extracto. Mientras que el control tuvo 4.54 mg.

## 6. CONCLUSIONES Y APORTACIONES.

Los tratamientos utilizados en este estudio, tienen un efecto directo (Metaxenia) en las características de calidad del dátil variedad Medjool. Únicamente el peso del racimo y el total de sólidos solubles no presentaron una diferencia significativa. Zahidi presentó el mejor porcentaje de amarre, viéndose reflejado en el rendimiento total y el peso promedio por racimo. Adelanto el proceso de madurez, ya que fue el tratamiento que tuvo la menor cantidad de fruto inmaduro. Pero se observó que tuvo los menores promedios de pesos y tamaños individuales del fruto. El tratamiento Khadrawy tuvo el menor porcentaje de amarre, pero obtuvo los mejores resultados en cuanto a pesos y medidas promedios del fruto individual. Atraso el proceso de madurez del fruto, ya que fue quien tuvo la mayor cantidad de fruto inmaduro en la tercera etapa de la cosecha. El tratamiento Deglet Noor, tuvo las características más bajas definidas para la semilla, así como el más bajo rendimiento total y el peso más bajo del racimo. Asimismo resultó ser el segundo tratamiento en provocar el mayor retraso en la madurez del fruto. Para el resto de los parámetros obtuvo resultados promedios en comparación con la media del resto de los tratamientos. El tratamiento Medjool, presentó resultados promedios en comparación con el resto de los tratamientos. Estos resultados sugieren que si lo que el

productor busca son las mejores características de calidad en el fruto para la categoría Jumbo, la fuente de polen a utilizar es el variedad Khadrawy, considerando un evidente retraso en su madurez. Sin embargo, si lo que se busca es el mayor rendimiento y precocidad en el fruto, el tratamiento recomendado es la variedad Zahidi, considerando que su calidad comercial será clasificada en Large. Los pesos promedio de fruto de los tratamientos Medjool y Deglet Noor, tienen la calidad comercial de Jumbo y el resto de los parámetros, con características promedio a la media de los cuatro tratamientos.

Con relación a los resultados químicos obtenidos en este estudio, se puede resumir que los dátiles se caracterizan por su alto contenido de azúcar (57 – 69%), bajas concentraciones de proteína y grasas (2.92 – 3.35% y 0.74 - .80% respectivamente). Estos resultados sugieren que los dátiles son una buena opción nutricional y que podrían jugar un rol más activo en la salud y nutrición humana. Asimismo, al realizar comparaciones con estudios similares, bajo las condiciones más parecidas a este estudio, se puede observar que los parámetros químicos obtenidos son muy similares a los reportados internacionalmente y en algunos casos, como en el parámetro de las proteínas, es ligeramente superior a lo reportado.

Los resultados de este estudio sugieren que una correcta selección de polen tiene efectos significativos para mejorar las características físicas de calidad en la fruta de la palma datilera variedad Medjool. Sin embargo, para el caso

de las propiedades químicas en general, no se observaron diferencias estadísticamente significantes. Lo cual sugiere, que la calidad nutricional del dátil no sufre alteración alguna, al mantenerse muy similar con los cuatro tratamientos. En forma particular, el tratamiento Khadrawy, reporto un contenido de fenoles totales más alto que el resto de los tratamientos, explicando esto, la razón del porque su aroma más fuerte que el resto de los tratamientos. Para el caso de las propiedades físicas, la variedad Khadrawy resulto tener las mejores características de calidad comercial en el fruto y Zahidi las más alta en el rendimiento total y peso del racimo. Todos los tratamientos obtuvieron mejores características de calidad que el blanco de referencia. Finalmente, las fuentes de polen Deglet Noor, Khadrawy y Medjool, reportaron los pesos promedios del fruto individual para la categoría comercial Jumbo.

Futuros estudios serán necesarios para investigar el efecto de esta selección de otras fuentes de polen y su compatibilidad con madres receptoras, así como analizar más profundamente el parámetro que causo el fuerte aroma en el tratamiento Khadrawy, ya que podría resultar en una fuerte actividad antioxidante comparada contra otros frutos como el arándano.

Este estudio provee una nueva base de referencia para las futuras investigaciones de palma datilera, especialmente en México al ser el primer estudio de este tipo.

## 7. BIBLIOGRAFIA.

- Abdelouahhab, Z., & Arias-Jimenez, E. J. (1999). *Date Palm Cultivation* (First ed.). Rome, Italy: Food and Agricultural Organization of the United Nations.
- Al-Dous, E. K., George, B., Al-Mahmoud, M. E., Al-jaber, M. Y., Wang, H., Salameh, Y. M., ... Malek, J. a. (2011). De novo genome sequencing and comparative genomics of date palm (*Phoenix dactylifera*). *Nature Biotechnology*, 29(6), 521–527.
- Al-Farsi, M. A., & Lee, C. Y. (2008). Nutritional and functional properties of dates: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(10), 877–887.  
<http://doi.org/10.1080/10408390701724264>
- Al-Khalifah, N. S. (2006). Metaxenia: Influence of pollen on the maternal tissue of fruits of two cultivars of date palm (*Phoenix Dactylifera* L.). *Bangladesh Journal of Botany*, 35(2), 151–161.
- Al-khayri, J. M., Mohan-Jain, S., & Johnson, D. V. (2015). Introduction: Date Production Status and Prospects in Africa and the Americas. In J. M. Al-khayri, S. Mohan-Jain, & D. V Johnson (Eds.), *Date Palm Genetic Resources and Utilization: Volume 1: Africa and the Americas* (pp. 3–18). Springer.
- Al-Mahmoud, M. E., Al-Dous, E. K., Al-Azwani, E. K., & Malek, J. A. (2012). DNA-based assays to distinguish date palm (arecaceae) gender. *American Journal of Botany*, 99(1), 7–10.

- Al-mssallem, I. S., Hu, S., Zhang, X., Lin, Q., Liu, W., Tan, J., ... Yu, J. (2013). Genome sequence of the date palm Phoenix. *Nature Communications*, 4, 1–9.
- Al-Muhtaseb, J. A., & Ghnaim, H. D. (2006). Effect of Pollen Source on Yield, Quality and Maturity of “Barhi” Date Palm. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 2(1), 9–14.
- Al-Obeed, R. S., & Abdul-Rahman, A. O. (2002). Compatibility Relationships Within and Between Ten Date Palm Cultivars (Phoenix dactylifera L) I - Fruit Set and Yield. *J. Adv. Agric. Res.*, 7(4), 809–820.
- Al-Shahib, W., & Marshall, R. (2003). The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future. *Int J. Food Sci Nutr*, 54, 247–259.
- Al-Yahyai, R., & Manickavasagan, A. (2012). An Overview of Date Palm. In A. Manickavasagan, E. M. Mohamed, & E. Sukumar (Eds.), *Dates Production, Processing, Food and Medicinal Values* (pp. 3–11). Florida: CRC Press.
- Bacha, M. A. A., Aly, M. A., Al-Obeed, R. S., & Abdul-Rahman, A. O. (2000). Compatibility Relationships in Some Date Palm Cultivars ( Phoenix dactylifera L .). *Agric. Sci.*, 12(2), 81–95.
- Bekheet, S. A., & Hanafy, M. S. (2011). Towards Sex Determination of Date Palm. In S. M. Jain, J. M. Al-Khayri, & D. V. Johnson (Eds.), *Date Palm Biotechnology* (pp. 551–566). London: Springer. [http://doi.org/10.1007/978-94-007-1318-5\\_26](http://doi.org/10.1007/978-94-007-1318-5_26)
- Chao, C. T., & Krueger, R. R. (2007). The date palm (Phoenix dactylifera L.): Overview of biology, uses, and cultivation. *HortScience*, 42(5), 1077–1082.
- De Grenade, R. (2013). Date palm as a keystone species in Baja California peninsula, Mexico oases. *Journal of Arid Environments*, 94, 59–67.

- Food and Agriculture Organization. (2017). Word production of dates. Retrieved January 10, 2017, from <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>
- Ghnaim, H. D., & Al-Muhtaseb, J. A. (2006). Effect of Pollen Source on Yield , Quality and Maturity of “Mejhool” Date Palm. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 2(1), 8–15.
- Haddouch, M. (1993). Situation actuelle et perspectives de développement du palmier dattier au Maroc. *CIHEAM - Optione Mediterraneennes*, 79, 63–79.
- Hadrami, A. El, Daayf, F., & Hadrami, I. El. (2011). Date Palm Genetics and Breeding. In M. S. Jain, J. M. Al-khayri, & D. V. Johnson (Eds.), *Date Palm Biotechnology* (pp. 479–512). Springer.
- Hafez, O. M., Saleh, M. A., Mostafa, E. A. M., Naguib, M. M., & Ashour, N. E. (2014). Effect of Pollen Grain Sources on Yield and Fruit Quality of Samany Date Palm. *International Journal of Agricultural Research*, 9(3), 164–168.
- Hasegawa, S., & Smolensky, D. C. (1971). A research note Cellulase in Dates and its Role in Fruit Softening. *Journal of Food Science*, 36(6), 966–967.
- Iqbal, M., Niamatullah, M., & Munir, M. (2012). Effect of various Dactylifera males pollinizer on pomological traits and economical yield index of cv's Shakri, Zahidi and Dhakki date palm (Phoenix Dactylifera L.). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 22(2), 376–383.
- Khanam, S., Sham, A., Bennetzen, J. L., & Aly, M. A. M. (2012). Analysis of molecular marker-based characterization and genetic variation in date palm (Phoenix dactylifera L.). *Ajcs*, 6(8), 1236–1244.
- Khierallah, H. S. M., & Baum, M. (2011). Genetic Diversity of Iraqi Date Palms Revealed By Microsatellite Polymorphism, 136(4), 282–287.

- Krueger, R. R. (2015). Date Palm Status and Perspective in the United States. In *Date Palm Genetic Resources and Utilization: Volume 1: Africa and the Americas* (Vol. 1, pp. 447–485). New York: Springer.
- Linne, C. (1753). *Species plantarum*. Stockholm, Sweden: Impensis Laurentii Salvii.
- Lobo, M. G., Yahia, E. M., & Kader, A. A. (2014). Biology and Postharvest Physiology of Date Fruit. In M. Siddiq, S. M. Aleid, & A. A. Kader (Eds.), *Dates: Postharvest Science, Processing Technology and Health Benefits* (First ed., pp. 57–80). Oxford, UK: Willey.
- Mathew, L. S., Spannagl, M., Al-Malki, A., George, B., Torres, M. F., Al-Dous, E. K., ... Malek, J. a. (2014). A first genetic map of date palm (*Phoenix dactylifera*) reveals long-range genome structure conservation in the palms. *BMC Genomics*, *15*(1), 285.
- Nixon, R. W. (1928). The Direct Effect of Pollen on the Fruit on the Date Palm. *Journal of Agricultural Research*, *36*, 97–128.
- Nixon, R. W. (1951). The date palm: “Tree of Life” in the subtropical deserts. *Economic Botany*, *5*(3), 274–301.
- Nixon, R. W. (1956). Metaxenia in Dates. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci*, *32*, 221–226.
- Nixon, R. W., & Carpenter, J. B. (1978). *Growing dates in the United States*. Washington, DC.
- Oihabi, A. (1991). *Effect of vesicular arbuscular Mycorrhizae on Bayoud disease and date palm nutrition*. University of Marrakech.
- Rahnama, A. A., & Rahkhodaei, E. (2014). The effects of date pollinizer variety and pollination time on fruit set and yield of Medjool date palm. *J Adv Agricol*, *2*,

67–71.

- Rezazadeh, R., Hassanzadeh, H., Hosseini, Y., Karami, Y., & Williams, R. R. (2013). Influence of pollen source on fruit production of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv. Barhi in humid coastal regions of southern Iran. *Scientia Horticulturae*, *160*, 182–188.
- Salomon-Torres, R., Ortiz-Uribe, N., & Villa-Angulo, R. (2017). La producción de la palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.) en México. *Revista UABC*, *91*(2017–1), ISSN 2248-5608.
- Shafique, M., Khan, A. S., Malik, A. U., Shahid, M., Rajwana, I. A., Saleem, B. A., ... Ahmad, I. (2011). Influence of pollen source and pollination frequency on fruit drop, yield and quality of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv. Dhakki. *Pakistan Journal of Botany*, *43*(2), 831–839.
- SIAP. (2016). Sistema de Informacion Agroalimentaria y Pesquera. Retrieved October 31, 2016, from [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp)
- Sistema Meteorologico Nacional. (2016). Resumenes Mensuales de Temperaturas y Luvia. Retrieved December 18, 2016, from <http://smn.conagua.gob.mx/es/>
- Swingle, W. T. (1928). METAXENIA IN THE DATE PALM: Possibly a Hormone Action by the Embryo or Endosperm. *J. Hered.*, *19*(6), 257–268.
- Toutain, G. (1976). The date palm: Culture and production. *Al Awamia, Rabat* No.25, 23–151.
- Uhl, N., & Dransfield, J. (1987). *Genera Palmarum: A Classification of Palms Based on the Work of Harold E. Moore, Jr, L.H. Baily*. Hortorium and the International Palm Society, Lawrence, KS.

Zehdi-Azouzi, S., Rhouma, S., Dkkhil-Dakhlaoui, S., Salem, A. O. M., Cherif, E., Othmani, A., ... Trifi, M. (2011). Polymorphism and Genetic Relationship in Date Palm Using Molecular Markers. In S. M. Jain, J. M. Al-Khayri, & D. V. Johnson (Eds.), *Date Palm Biotechnology* (pp. 407–425). London: Springer.  
[http://doi.org/10.1007/978-94-007-1318-5\\_20](http://doi.org/10.1007/978-94-007-1318-5_20)

Zehdi, S., Trifi, M., Billotte, N., Marrakchi, M., & Pintaud, J. C. (2004). Genetic diversity of Tunisian date palms ( *Phoenix dactylifera* L .) revealed by nuclear microsatellite polymorphism, *287*, 278–287.