

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS



**“CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL FRUTO DEL GUAMUCHIL
(*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth) EN LAS LOCALIDADES DE TESISTÁN, LA
PRIMAVERA Y TEQUILA, JALISCO, MÉXICO”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD DE
TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA
JUAN CARLOS MEZA TORRES.

DIRECTOR(A): BLANCA CATALINA RAMÍREZ HERNÁNDEZ

ASESOR(A): PAULINA BEATRIZ GUTIÉRREZ MARTÍNEZ

Las Agujas, Zapopan, Jal. Julio de 2014.



Universidad de Guadalajara

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Coordinación de Carrera de la Licenciatura en Biología

C. JUAN CARLOS MEZA TORRES
PRESENTE

Manifestamos a usted, que con esta fecha, ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de **TESIS E INFORMES** opción **TESIS** con el título: **"CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL FRUTO DEL GUAMUCHIL (*Pithecellobium dulce* (Roxb) Benth) EN LAS LOCALIDADES DE TESISTÁN, LA PRIMAVERA Y TEQUILA, JALISCO, MÉXICO"**, para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos, que ha sido aceptado como directora de dicho trabajo a: **Dra. Blanca Catalina Ramírez Hernández** y como asesores a: **M.C. Javier Eugenio García de Alba Verduzco** y a la **Biol. Paulina Beatriz Gutiérrez Martínez**.

Sin más por el momento, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE


"PIENSA Y TRABAJA"


"Año del Centenario de la Escuela Preparatoria de Jalisco"

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., 1 de noviembre de 2013

COMITE DE
TITULACION




DRA. GEORGINA ADRIANA QUIROZ ROCHA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN



M.C. VERÓNICA PALOMERA ÁVALOS
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

Dra. Georgina Adriana Quiroz Rocha.
 Presidente del Comité de Titulación.
 Licenciatura en Biología.
 CUCBA.
 Presente

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad **TESIS E INFORMES**, opción **TESIS** con el título: **"CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL FRUTO DEL GUAMUCHIL (*Pithecellobium dulce* (Roxb) Benth) EN LAS LOCALIDADES DE TESISTÁN, LA PRIMAVERA Y TEQUILA, JALISCO, MÉXICO."** que realizó el/la pasante **MEZA TORRES JUAN CARLOS** con número de código 302294486 consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.

Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

Atentamente
 "Piensa y Trabaja"
 Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., 10 de junio de 2014.





 Biol. Paulina Beatriz Gutiérrez Martínez.


 Dra. Blanca Catalina Ramírez Hernández.


 M. En C. Javier E. García de Alba Verduzco

COMITE DE
 TITULACION



Nombre completo de los Sinodales asignados por el Comité de Titulación	Firma de aprobado	Fecha de aprobación
Dra. Julia Zañudo Hernández		11/06/2014
Dra. Hermila Brito Palacios		11/06/14
M.C. Aurora Rosas Ramírez		11/06/14
M. en C. Javier Eugenio García de Alba Verduzco.		11/06/14

DEDICATORIA.

A mi familia y amigos,

Por haber estado durante todo este proceso, siempre firmes, brindando apoyo, llenándome de energía, haciendo divertido cada momento, cada instante, por haberme enseñado todo lo que sé, por haberme escuchado, por haber estado al inicio y al cierre de este ciclo y listos para el comienzo uno más.

A mis profesores y compañeros,

Por todo el conocimiento compartido, inolvidables las prácticas de campo, gracias a todos y cada uno de ustedes por haber compartido esta magnífica, mágica y grata experiencia, por generar esa competencia que nos volvió amigos, por todo su tiempo y disposición para aclarar dudas, para transmitir su conocimiento, por hacer posible este momento.

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis, la Dra. Blanca Catalina Ramírez Hernández, por todo su apoyo, por todo el tiempo dedicado, por ser parte fundamental para que este momento sucediera.

A la Universidad de Guadalajara por brindarme la oportunidad.

Al Dr. Alfonso Islas por todo el conocimiento compartido, por su amistad y todo su apoyo.

A mis sinodales, Dra. Julia Zañudo, Dra. Hermila Brito, M. en C. Aurora Rosas por ser parte importante de este trabajo, por dar seguimiento y evaluar de manera ética y profesional.

A mis asesores por brindarme su tiempo y aclarar el camino cuando así fue requerido.

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS	3
LISTA DE GRÁFICAS.....	4
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	4
RESUMEN	5
1.- INTRODUCCIÓN	6
2.- ANTECEDENTES.....	9
2.1.- Clasificación y descripción de <i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.....	9
2.2 Origen y extensión	9
2.3.- <i>Pithecellobium dulce</i> y su utilización	10
Ilustración 1 y 2. Fruto y forma arbustiva de <i>Pithecellobium dulce</i>	11
2.4.- Inulina.....	12
3.- JUSTIFICACIÓN	13
4.- HIPOTESIS.....	14
5.- OBJETIVO GENERAL.....	15
5.1.- Objetivos particulares.....	15
6.- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	16
7.- MATERIALES Y MÉTODOS	19
7.1.- Estudio físico-químico de <i>Pithecellobium dulce</i>	19
8.- RESULTADOS	21
8.1.- Análisis bioquímico	21
8.1.1.- Pulpa.....	21
8.1.2.- Semilla.....	21
8.1.3.- Cáscara	23
8.2.- Longitud radial y axial	24
8.3.- Porcentaje de humedad	25
8.4.- Concentración de proteínas.....	26
8.5.- Análisis estadístico	28
8.5.1.- Estadísticos de prueba para pulpa.	29

8.5.2.- Estadísticos de prueba para semilla.....	31
8.5.3.- Estadístico de prueba para cáscara.....	36
8.5.4.- Estadístico de prueba para proteína.....	40
9.- DISCUSIÓN	43
10.- CONCLUSIONES	49
10.1.- Consideraciones finales	50
11.- LITERATURA CITADA.....	51

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Datos climatológicos de las localidades de La Primavera, Tesistán y el municipio de Tequila.....	27
Cuadro 2. Estadístico Kruskal-Wallis. Media de rangos.....	29
Cuadro 3. Estadístico de prueba a, b. a- Kruskal-Wallis. b- Variable de agrupación: localidad.....	29
Cuadro 4. Frecuencias presentes por encima y debajo de la media.....	30
Cuadro 5. Estadístico de prueba. Medias.....	31
Cuadro 6. Estadística descriptiva para la porción de la semilla de los frutos de P. dulce.....	31
Cuadro 7. Estadístico de homogeneidad de varianzas.....	32
Cuadro 8. Análisis de varianza para los datos obtenidos en semilla.....	33
Cuadro 9. LSD, comparación múltiple.....	34
Cuadro 10. Estadístico Kruskal-Wallis. Media de rangos.....	35
Cuadro 11. Estadístico a, b. a- Kruskal-Wallis. b- variable de agrupación: localidad....	35
Cuadro 12. Frecuencias presentes por encima y debajo de la media.....	35
Cuadro 13. Prueba de medias, variable de agrupación: localidad.....	35
Cuadro 14. Estadístico Kruskal-Wallis. Media de rangos.....	36
Cuadro 15. Estadístico de prueba a, b. a- Kruskal-Wallis. b- Variable de agrupación: localidad.....	36
Cuadro 16. Frecuencias presentes por encima y debajo de la media.....	37
Cuadro 17. Prueba de medias, variable de agrupación: localidad.....	37
Cuadro 18. Estadística descriptiva para la porción de la cáscara de los frutos de P. dulce.....	38
Cuadro 19. Estadístico de homogeneidad de varianzas.....	38
Cuadro 20. Análisis de varianza para los datos obtenidos en cáscara.....	39
Cuadro 21. LSD, comparación múltiple.....	39
Cuadro 22. Análisis de varianza para los datos de proteína en pulpa.....	40
Cuadro 23. Estadístico de Tukey. Comparación múltiple de los sitios de muestreo para pulpa.....	40
Cuadro 24. ANOVA para los datos de proteína en semillas.....	41

Cuadro 25. Estadístico de Tukey. Comparación múltiple de los sitios de muestreo para semilla.....	41
Cuadro 26. ANOVA para los datos de proteína.....	42
Cuadro 27. Estadístico de Tukey. Comparación múltiple de los sitios de muestreo para cáscara.....	42

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Valores promedio en porcentajes de sólidos solubles totales, ácido ascórbico e inulina y el pH presentes en pulpa de los frutos de P. dulce de La Primavera, Tequila y Tesistán, Jalisco, México.....	23
Gráfica 2. Promedio en porcentajes de sólidos solubles totales, ácido ascórbico e inulina y el pH presentes en semilla de los frutos de P. dulce de La Primavera, Tequila y Tesistán, Jalisco, México.....	24
Gráfica 3. Valores promedio en porcentajes de sólidos solubles totales, ácido ascórbico e inulina y el pH presentes en la cáscara de los frutos de P. dulce de La Primavera, Tequila y Tesistán, Jalisco, México.....	25
Gráfica 4. Valores promedio de longitud axial y radial en frutos de P. dulce en las localidades de La Primavera, Tequila y Tesistán, Jalisco, México.....	26
Gráfica 5. Valores promedio de los porcentajes de humedad en frutos de P. dulce en las localidades de La Primavera, Tequila y Tesistán, Jalisco, México.....	27
Gráfica 6. Concentración promedio de proteína en g/100g de P. dulce en las localidades de La Primavera, Tesistán y el municipio de Tequila, Jalisco, México.....	28

LISTA DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1. Fruto de <i>Pithecellobium dulce</i>	11
Ilustración 2. Forma arbustiva de <i>Pithecellobium dulce</i>	11
Ilustración 3. Mapa del estado de Jalisco, donde se señala la zona de estudio.....	18

RESUMEN

Objetivo: Evaluar las características físico-químicas del fruto de *Pithecellobium dulce* en sus tres porciones (pulpa, semilla y cáscara) en las localidades: Tequila, Tesistán y Bosque de la Primavera, pertenecientes al estado de Jalisco, México.

Materiales y métodos: Se colectaron vainas (30 por cada sitio de estudio) de *Pithecellobium dulce* en el estadio de madurez de consumo, en los que se registró: 1) El peso fresco. 2) Longitud axial y radial. 3) El porcentaje de sólidos solubles totales (SST), ácido ascórbico e inulina. 4) Contenido de proteína. 5) Se midió el pH. 6) El porcentaje de humedad. 7) Se realizó un ANOVA para las variables SST, ácido ascórbico, inulina y ph, utilizando el programa SPSS versión 16.0, aplicando una transformación por la regresión de Box y Cox para los datos que no cumplieron los supuestos de prueba para posteriormente aplicar el estadístico de prueba Kruskal-Wallis, mientras que para la concentración de proteína se aplicó el ANOVA pero con el programa minitab aplicando las transformaciones adecuadas para los datos que no cumplieron con los supuestos de prueba.

Resultados: La localidad de La Primavera fue el sitio en que se registraron en la pulpa valores promedio mayores de SST= 9.07%, ácido ascórbico= 10.93% e inulina= 4.41%. Aunque el sitio que mayor concentración de proteína presentó fue Tequila con un valor promedio de 0.092 mg/100g.

Conclusiones: Las condiciones climatológicas y edafológicas de La Primavera, permitieron que los frutos de esta localidad tuvieran una mayor producción y almacenamiento de las diferentes variables analizadas. Partiendo de los resultados obtenidos, podemos mencionar que *Pithecellobium dulce* es una especie con un valor nutricional aceptable, además de ser un elemento importante dentro del campo de la investigación enfocado al sector salud.

Palabras clave: *Pithecellobium dulce*, inulina, SST, ácido ascórbico, domesticación.

1.- INTRODUCCIÓN

El bienestar humano y su progreso hacia un buen desarrollo sustentable, dependen vitalmente de una mejora en la gestión de los diferentes ecosistemas de la tierra para así lograr su conservación y buen uso, dado que la demanda por los recursos naturales ha ido en aumento y las acciones del ser humano han provocado un descenso en las capacidades de producción de muchos de estos ecosistemas para satisfacer dichas demandas (Ecosystems and Human Well-being: A framework for Assessment, 2005), por lo que, la vegetación es un elemento clave dentro de los mismos, cumpliendo un papel funcional, ya, que como productores primarios son de gran importancia dentro de la cadena trófica, además de ser una fuente de oxígeno, proteger el suelo contra la erosión, regular el escurrimiento del agua, mantienen la fertilidad del suelo y lo pueden restituir, asimismo es considerada como un elemento lúdico del ecosistema.

En el occidente de México podemos encontrar selva mediana subcaducifolia, selva baja caducifolia selva baja espinosa caducifolia y bosque caducifolio, este tipo de ecosistemas presentan una comunidad arbórea de entre 8 y 30 m de altura, con precipitaciones que van de los 1000 a 2300 mm anuales, una de las características más importantes de estos bosques es la pérdida de sus hojas en la época más fría y seca del año (Pennington y Sharukán, 2005). En 1991, Rzedowski, estimó que México tiene una riqueza florística de 22,800 especies vasculares (21,000 de ellas fanerógamas). En 1993, Toledo calculó alrededor de 30,000 y más tarde en 1996, Dirzo y Gómez estimaron que sería de 20,444. En el 2004, Villaseñor permitió estimar 22,411 especies, sin incluir aquellas que no son nativas. Una parte del territorio de estos ecosistemas es ocupada por las leguminosas, las cuales juegan un papel fundamental debido a todos los nutrientes y propiedades que poseen (fijación de nitrógeno, producción de vainas comestibles, adaptación a diferentes tipos de suelo y indicadores de perturbación) y que hasta ahora han sido de gran utilidad en diferentes campos de estudio (Azcón, 2008).

Actualmente se conocen 727 géneros y 19,325 especies de leguminosas que se encuentran clasificadas en tres familias: *Caesalpinaceae*, *Mimosaceae* y *Fabaceae* constituyendo el grupo de las angiospermas más grande después de las orquídeas y las compuestas, presentando una distribución cosmopolita debido a que presentan una gran variedad de formas biológicas, desde enredaderas y herbáceas, hasta arbustos y árboles (Barneby, 1989) ocupando una alta diversidad de ecosistemas de tierras bajas y medias de todo el mundo (Lewis, 2005).

Una característica importante de las leguminosas es la fijación de nitrógeno atmosférico (N₂) en sus nódulos radicales, almacenándolo en su follaje, así como en tallos tiernos y frutos en forma de proteína cruda, conteniendo fibra larga, nitrógeno proteico, proteína y grasa (Botero, 1996). Debido a esto en zonas áridas y semiáridas, como en África del norte, se han utilizado siempre como forraje, ya que proporcionan parte del pienso verde en regiones secas, siendo la mayor fuente de proteínas para el ganado, en especial en periodos secos (Baumer, 1992).

En México las leguminosas son el segundo grupo de plantas más diverso después de las gramíneas (Sousa y Delgado, 1993) con una amplia distribución en el territorio mexicano. Dentro de la familia *Fabaceae* se encuentra el guamúchil (*Pithecellobium dulce*); este solía utilizarse para lograr una mayor producción de leche en las cabras o como alimento humano (Estrada, 2004).

Por otro lado, después del almidón, los fructanos son los polisacáridos más abundantes en la naturaleza, la inulina que es un carbohidrato no digerible y suele estar presente en muchos vegetales, frutas y cereales, está constituida por moléculas de fructosa unidas por enlaces β -(2 \rightarrow 1) fructosil-fructosa, siendo el término fructanos, usado para denominar a este tipo de compuestos (Madrigal y Sangronis, 2007), y que por su singular estructura química se ha vuelto de gran interés para su utilización como complemento alimenticio y nutricional. Así mismo, la inulina ha sido objeto de varios estudios experimentales para el ámbito biomédico, en donde se han encontrado resultados interesantes para la aplicación como tratamiento en diferentes padecimientos.

Se puede obtener inulina con un excelente grado de polimerización, dependiendo de las plantas de donde sea extraída (Stevens, 2001; Wei, 2007) por lo que sus propiedades y su fácil acceso, junto a su grado de polimerización han dado la pauta para que la inulina sea utilizada en diferentes campos (Ren., 2010).

La nutrición humana y animal se vuelve un aspecto importante de la salud, debido a que es parte fundamental en la prevención y/o control de enfermedades crónicas, con lo que se logra aplazar la edad promedio de muerte (Secretaría de Salud, 2002), por lo que es menester hacer énfasis en una cultura de alimentación saludable, especialmente en jóvenes y niños.

Una mala nutrición puede dar lugar a padecer obesidad o sobrepeso, los cuales se producen de manera gradual, debido al consumo excesivo de alimentos ricos en azúcares y grasas, además de otros factores como la adopción de estilos de vida poco saludables y los acelerados procesos de urbanización en los últimos años (Madrigal L., 2007), lo que da lugar a un aumento en el riesgo de padecer enfermedades como: diabetes, presión arterial elevada (hipertensión), dislipidemias (alteración de las grasas), enfermedades cardiovasculares, osteoartritis, síndrome de apnea del sueño, hígado graso y ciertos tipos de cáncer. Aunado a esto, la acumulación de grasa a nivel abdominal se asocia con resistencia a la acción de la insulina, intolerancia a la glucosa y una alteración en el perfil de las grasas (colesterol y triglicéridos), además de aumentar los trastornos metabólicos (OMS, 2006).

Debido a todos los problemas mencionados anteriormente, incluyendo la desnutrición, el incremento en la obesidad y en la diabetes, aunado a que el guamúchil (*Pithecellobium dulce*) es una especie nativa y utilizada como alimento funcional por muchas de las familias en el país toman aún más interesante la determinación de la composición físico-química de esta especie, y así entonces, tomar la ruta adecuada para un mejor manejo, cuidado y aprovechamiento de este tipo de árboles frutales.

2.- ANTECEDENTES

2.1.- Clasificación y descripción de *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth

Árbol, espinoso, perennifolio, de 5 a 20 m de altura y con un diámetro a la altura del pecho de 30 cm hasta 1 m, con ramas provistas de espinas, su copa suele ser piramidal o alargada, ancha y extendida (diámetro de 30 m), las hojas en espiral, aglomeradas, bipinnadas, de 2 a 7 cm de largo, con un par de folíolos primarios, cada uno con un par de folíolos secundarios sésiles; haz verde pálido mate (Parrotta, 1991), presenta inflorescencias axilares de 5 a 30 cm de largo, panículas péndulas de cabezuelas tomentosas, cada cabezuela sobre una rama de 2 a 5 mm, la fructificación de la especie se da en vainas delgadas de hasta 20 cm de largo y de 10 a 15 mm de ancho, enroscadas, tomentosas, péndulas, de color rojizo o rosadas, constreñidas entre las semillas y dehiscentes, mientras las semillas tienen un largo de 7 a 12 mm, son ovoides aplanadas, morenas y están rodeadas por un arilo dulce blancuzco o rosado. Testa delgada y permeable (Pennington y Sharukán, 2005). Otros nombres usados son: humo en San Luis Potosí, pinzan, guamache, guanoche, en Guerrero y Oaxaca, muchite, en la costa de Oaxaca, cuamuchil (I. náhuatl), guamuti, en Chiapas, macochin en Sinaloa, maturite en Huichol en el estado de Jalisco (Pennington y Sharukán, 2005; SEMARNAT 2010).

2.2 Origen y extensión

Pithecellobium dulce es una especie nativa de México, suele ser cultivada y propagada por el hombre, se extiende desde las laderas del pacífico en México y el sur de California, hasta Colombia y Venezuela. Se ha introducido en Sudán, Tanzania y otras áreas del África tropical, también en Florida, Cuba, Jamaica, Hawái, Puerto

Rico y Saint Croix (Pennington y Sharukán, 2005). *Pithecellobium dulce* tiende a prosperar en hábitats que presentan terrenos planos u ondulados.

Es frecuente a la orilla de cauces de arroyos temporales, de carreteras y avenidas y en las viviendas. Crece en una amplia variedad de condiciones climáticas, ya sea en un clima tropical y subtropical, con precipitaciones de 450 a 1,650 mm. Otra de las características que presenta la especie es que se desarrolla en diferentes tipos de suelo, tal como, somero, pobre, pedregosos (basalto), negro-rocoso, aluvial, arenoso, calizo-rocoso, amarillo-arenoso profundo, café-grisáceo, litosol, arcilla negra y eriales de todo tipo (Pennington y Sarukhán, 2005). En la República Mexicana *P. dulce* se distribuye en 21 de los 31 estados, siendo Jalisco uno de ellos.

2.3.- *Pithecellobium dulce* y su utilización

Es una especie de fácil establecimiento y rápido crecimiento que se propaga por semilla, tolera la sequía, soporta la tala continua y puede crecer en suelos pobres, es resistente a plagas y tiene una gran variedad de usos, entre los que se encuentran el uso comestible del fruto fresco o bien procesado, se emplea como forraje, planta medicinal y maderable (Monroy y Colín, 2004).

Esta especie ha sido estudiada por su aprovechamiento desde diferentes perspectivas, así en el sector salud se han probado extractos hidroalcohólicos de *P. dulce* para tratar ulceración gástrica inducida en modelos animales, se reporta que inhibió el daño en un 68%, además de reducir el ácido tiobarbitúrico contenido en la mucosa gástrica de las ratas que fueron el modelo experimental (Megala y Geetha, 2010); por otro lado en un estudio de cromatografía líquida de alta eficacia (por sus siglas en inglés HPLC), se observó que un extracto acuoso de *P. dulce* contenía fenoles, flavonoides y saponinas como principales componentes activos (Pabitra Bikash Pal, 2012).

La proteína contenida en polvos blancos del aril del fruto de *P. dulce* fue de 12.4% y 15% en polvos rosas, la acidez total valorable de los polvos blancos fue de 2.4% y 4.8% en polvos de frutos rosas, y el contenido de Ca y Fe fue de 60 y 12 mg/100g en polvos blancos y de 62 y 16 mg/100g en polvos rosas (Galla, 2010). El

extracto crudo de las semillas de *P. dulce* es un excelente controlador del mosquito vector de la filaria, debido a su actividad insecticida (Govindarajam, 2012). Los extractos acuosos y metanólicos del fruto de *P. dulce* presentan una alta actividad antioxidante por su contenido fenólico (Dnyaneshwar, 2012). Asimismo se han realizado estudios relacionados con su potencial agrícola (Colin., 2004). El uso múltiple sintetiza el conocimiento, manejo y uso tradicional, que al combinarse con la ciencia agrícola, permite técnicas ecológicamente apropiadas, debido a que no transforman el ecosistema campesino ni incorpora innovaciones para optimizar la unidad de producción (Altieri, 1993).

Así, desde la perspectiva ecosistémica, se vincula la práctica con las concepciones, percepciones y conocimientos que permiten a las sociedades rurales producir y reproducir las condiciones materiales y espirituales de su existencia social (Toledo, 1990) y estos se proponen como indicadores de la pertinencia social para su aplicación en actividades productivas (Monroy y Colín, 2000). Los polvos de hojas, frutos y semillas de *P. dulce* y semillas extraídas secuencialmente con hexanodichlorometano, acetona y metanol-agua se evaluaron sobre el crecimiento micelial de *Alternaria* sp., *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium digitatum*, *Pestalotiopsis* sp. y *Rhizopus stolonifer*. Los polvos de semillas tuvieron la más alta actividad fungistática contra los hongos probados en comparación con los polvos de fruto y hoja (Becerra *et al.*, 2002)



Ilustración 1 y 2. Fruto y forma arbustiva de *Pitecellobium dulce*.

2.4.- Inulina

Los fructanos se encuentran en un amplio espectro de bacterias de diferentes fisiologías, en un número limitado de hongos y en aproximadamente el 15% de especies de plantas de floración pertenecientes a las monocotiledóneas y dicotiledóneas, especialmente de climas templados y áridos. La inulina es un carbohidrato de reserva energética presente en más de 36,000 especies de plantas (Madrigal y Sangronis, 2007) y debido a su amplia distribución, el interés por trabajar con él ha ido en aumento ya que son materia prima renovable para la producción de bioetanol, jarabe de fructosa, proteínas unicelulares y aceite unicelular, obtención de fructo-oligosacáridos y otros productos útiles (Conceição, 2013), por otro lado, este carbohidrato ha sido utilizado en muchos experimentos en combinación con otras moléculas, una de ellas es la catequina, a la cual se le realizó un injerto de inulina, formando un compuesto catequina-g-inulina, con el cual se midió la actividad inhibitoria de las enzimas α -glucosidasa y α -amilasa, además de la actividad anti-diabética, a una concentración de 1 mg/mL las actividades inhibitorias de α -glucosidasa para la inulina, catequina, catequina-g-inulina y acarbosa fueron de 5.33%, 96.48%, 97.81% y 18.44% respectivamente, para α -amilasa en el mismo orden las actividades inhibitorias fueron de 2.94%, 32.35%, 85.29% y 65.29% (Liu, 2013). Un grupo de derivados de inulina que contienen clorados de benceno fueron sintetizados por reacción de inulina cloroacetil, para determinar la actividad antifúngica contra tres fitopatógenos estimada por medición del índice de crecimiento de hifas, donde el derivado de inulina con mayor actividad inhibitoria fue 2-[4-(2,4-dichlorobenzylideneamino)-pyridyl] acetyl inulin chloride (2,4DCPAIL) con un índice de inhibición de 67%, 47% y 43% contra *Colletotrichum lagenarium*, *Phomopsis asparagi* y *Fusarium oxysporum* respectivamente (Guo, 2013).

3.- JUSTIFICACIÓN

En México, *Pithecellobium dulce*, es considerado como especie frutal tropical de reducida explotación con una superficie plantada de 33,373 ha; de las cuales, 27,903 ha son utilizadas para producción, con un total de 129,428 toneladas al año, lo que lo ubica en el lugar 18 de una lista de 37 frutales con la misma clasificación (INEGI, 1998.). En 1904, Jalisco fue el segundo lugar en producción de guamúchil a nivel nacional (Aldana, 1986). Hasta donde se tiene conocimiento, los estudios que se han realizado en la región occidente de México acerca de esta especie, son escasos, por lo que en este trabajo se pretende realizar una evaluación sobre la calidad del fruto en fresco, que nos permita obtener información nutricional para consumo humano y animal, así como indicadores de su grado de domesticación. Es importante resaltar que hasta la fecha se desconocen datos del contenido de inulina de muchos frutos, entre los que se encuentra el guamúchil, por lo que la aportación de este trabajo se podrá aplicar en el área de la salud.

4.- HIPOTESIS

La similitud de los valores de las características físico-químicas del fruto de *Pithecellobium dulce* son un indicador del grado incipiente de domesticación de la especie pudiéndose presentar ligeras variaciones acorde a factores climatológicos y edafológicos presentes en las localidades de estudio. Asimismo, este fruto presenta niveles de inulina que pueden ser un factor importante para la dieta humana.

5.- OBJETIVO GENERAL

Evaluar las características físico-químicas del fruto de *Pithecellobium dulce* en sus tres porciones (pulpa, semilla y cáscara) en Tequila, en la localidad de Tesistán y el Bosque de la Primavera, pertenecientes al estado de Jalisco, México.

5.1.- Objetivos particulares

- Determinar la concentración de sólidos solubles totales, Vitamina C y el pH de *P. dulce* en cada una de los sitios mencionados.
- Determinar la concentración de inulina en las diferentes porciones de los frutos de *P. dulce*.
- Determinar la concentración de proteínas en el fruto de *P. dulce*.
- Determinar el porcentaje de humedad en cada porción del fruto de *P. dulce*.
- Determinar la longitud axial y radial en los frutos de *P. dulce* de los tres sitios muestreados.

6.- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Para el presente trabajo se tomaron en cuenta tres sitios, el municipio de Tequila, la localidad de Tesistán perteneciente al municipio de Zapopan, Jalisco y el Bosque de La Primavera.

Municipio de Tequila: Está situado entre los paralelos 20°47' y 21°27' de latitud norte; los meridianos 103°30' y 104°04' de longitud oeste; altitud entre 500 y 2 900 msnm. Colinda al norte con el estado de Nayarit, el municipio de San Martín de Bolaños y el estado de Zacatecas; al este con el estado de Zacatecas y los municipios de San Cristóbal de la Barranca y Zapopan; al sur con los municipios de Zapopan, Amatitán, Ahualulco de Mercado y San Juanito de Escobedo; al oeste con los municipios de San Juanito de Escobedo, Magdalena, Hostotipaquillo y el estado de Nayarit. Ocupa el 2.16% de la superficie del estado. Su clima suele ser cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo y templado subhúmedo, con lluvias en verano, el suelo dominante es el leptosol (36.5%), seguido por luvisol (33%), Phaeozem (29%), cambisol (0.51%) y andosol (0.37%), con rocas de tipo ígnea extrusiva teniendo en un mayor porcentaje la riolita-toba ácida (70.6%) y basalto (23.49%) entre otras.

Bosque de la Primavera: ubicado en la región central del estado de Jalisco, abarcando los municipios de Tala, Tlajomulco de Zúñiga, El Arenal y Zapopan, cuenta con una superficie de aproximadamente 30,500 hectáreas en el área de protección de flora y fauna. El bosque se encuentra entre las coordenadas 103° 28' a 103° 42' de longitud oeste y 20° 32' a 20° 44' de latitud norte. El área protegida está situada al centro de un conjunto de cinco valles (Tala, Tesistán, Toluquilla, Atemajac y San Isidro Mazatepec) pertenecientes a los municipios de Zapopan, Tala y

Tlajomulco de Zúñiga, cada municipio cubre una proporción de superficie del 54%, 35% y 11% respectivamente. Además está representada por dos tipos de clima: templado subhúmedo y semicálido subhúmedo ambos con lluvias en verano e invierno con precipitaciones anuales con una fluctuación entre los 800 y los 1,000 mm, con una temperatura anual de 20°C y un promedio de 63% de humedad (INEGI, 2010)

De acuerdo a la clasificación FAO/UNESCO, las unidades de suelo que constituyen el área están representadas por regosol y litosol, estando el regosol en un 92% el cual es derivado del intemperismo de la toba, pómez y riolita. En el restante 8% de la superficie se encuentran distribuidos suelos de tipo litosol, resultantes de procesos erosivos. Ambos se caracterizan por tener una profundidad efectiva máxima de acuerdo a lo siguiente: el 44% de la superficie con suelo presenta en espesor de 10 a 30 cm; el 9% de 30 a 60 cm y el 47% restante es mayor de 60 cm.

El 80% del suelo involucrado en el ANP presenta valores de contenido de materia orgánica menores al 2%, lo que indica que no existe el suelo típico de bosque como habría de esperarse. Otro de los componentes es la arcilla, presentándose en un porcentaje menor al 15%, en este tipo de suelos los valores de Ca y Mg son muy limitados por la roca de origen y el clima, lo que propicia un pH menor a 5.5.

Tesistán: localidad situada en el municipio de Zapopan, Jalisco, México, con 3,398 habitantes aproximadamente, con una altitud de 1640 msnm. Su ubicación geográfica es -103.47° de longitud oeste y 20.79° de latitud norte, su temperatura media anual va de los 20 a los 27 °C con una precipitación de 800-1000 mm anuales.

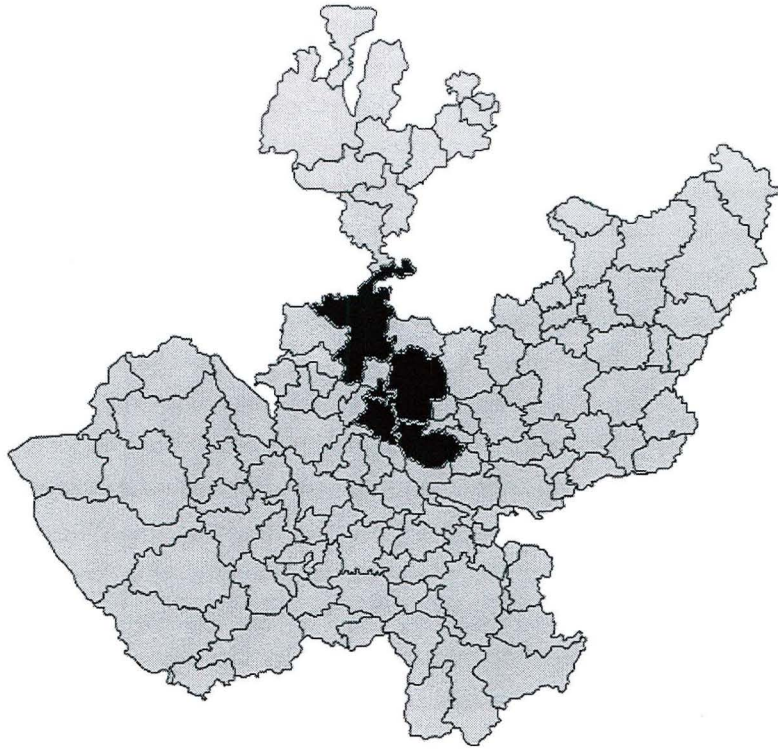


Ilustración 3. Mapa del estado de Jalisco, donde se señala la zona de estudio.

7.- MATERIALES Y MÉTODOS

7.1.- Estudio físico-químico de *Pithecellobium dulce*

Se colectaron vainas (30 por cada sitio de estudio) de *Pithecellobium dulce* en poblaciones silvestres en el estadio de madurez de consumo, en los que se registró:

- 1) El peso fresco.
- 2) La longitud axial y radial, las cuales fueron medidas con un vernier mitutoyo IP 65. Posteriormente fueron conservados a -20°C en gas carbónico y llevados al laboratorio de Etnobiología de la Universidad de Guadalajara, donde se almacenaron en un congelador a -20°C, para realizar los análisis químicos en la pulpa, semilla y cáscara.
- 3) El porcentaje de sólidos solubles totales (SST), ácido ascórbico e inulina, esta prueba se realizó con un refractómetro manual con temperatura compensada (Atago).
- 4) Contenido de proteína. Extracción y determinación del contenido de proteína por el método Bradford, el cual se basa en la unión del colorante azul de Coomassie G250. Se pesaron 20 mg de tejido fresco o 50 mg de tejido liofilizado en un tubo eppendorf, para después agregar 400µl de agua destilada, agitar por 10 min a 4°C, se centrifugo a 12,000 rpm durante 10 min, se retiró el sobrenadante, enseguida se añadió el reactivo de Bradford diluyendo una parte del reactivo concentrado con cuatro partes de agua desionizada, para así colocar 10µL de concentración estándar de la muestra en un pozo de microplato por separado y después adicionar 200µL de reactivo concentrado para mezclar. Se tomaron las concentraciones de proteína en un lector de microplacas (Biorad).
- 5) Se midió el pH con un potenciómetro (Conductronic pH 20).
- 6) El porcentaje de humedad. Para realizar esta medición se tomó en cuenta la cáscara y la pulpa, el peso seco se obtuvo al colocar esta porción en una estufa de secado a 70°C hasta obtener un peso constante (después de 72 horas).

7) Para el análisis estadístico de las variables como SST, inulina, ácido ascórbico y pH se utilizó el programa SPSS versión 16.0, donde se comprobó que los datos cumplieran con los supuestos para realizar en análisis de varianza, para los datos que no cumplieran dichos supuestos, se optó por aplicar la transformación por la regresión de Box y Cox, como algunos de los datos continuaron sin cumplir los supuestos para el ANOVA, se analizaron mediante el estadístico e Kruskal-Wallis. Para el caso del análisis de los datos de proteínas, fue usado en el software minitab, siguiendo el mismo procedimiento.

8.- RESULTADOS

8.1.- Análisis bioquímico

8.1.1.- Pulpa

Las mediciones realizadas en la pulpa de los frutos de los diferentes sitios indican que los promedios en los porcentajes de las concentraciones de sólidos solubles totales fueron de 9.07%, 8.79% y 6.57% para el Bosque de La Primavera, Tequila y Tesistán respectivamente. En cuanto al potencial de hidrógeno los promedios fueron de 4.48, 5.68 y 4.88 para La Primavera, Tequila y Tesistán respectivamente. Por otro lado los promedios en el contenido de ácido ascórbico fueron de 10.93%, 9.09% y 7.18% en el mismo orden que los anteriores, mientras que los valores promedio para la inulina fueron de 4.41%, 4.41% y 2.97% para La Primavera, Tequila y Tesistán, como se muestra en la gráfica 1. Los resultados señalan que los frutos con mayor porcentaje de SST fueron los de La Primavera con respecto a los otros dos sitios de muestreo, lo mismo resultado para el ácido ascórbico.

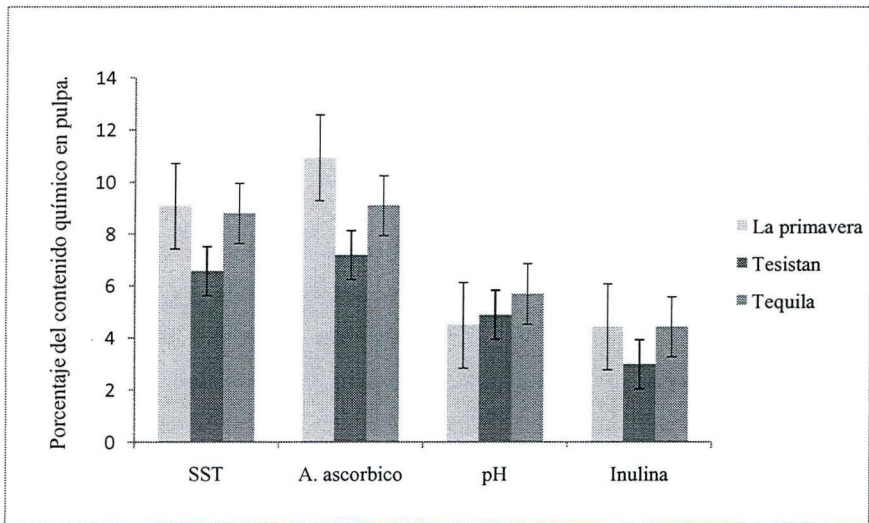
Para el potencial de hidrógeno los resultados indican que la pulpa de los frutos de *P. dulce* pertenecientes al municipio de Tequila tuvieron un pH menos ácido en comparación con los frutos de los otros dos sitios, aunque todos mostraron valores tendientes a la acidez, mientras que para la inulina se obtuvieron porcentajes idénticos en Tequila y La Primavera, siendo Tesistán el que presentó valores más bajos.

8.1.2.- Semilla

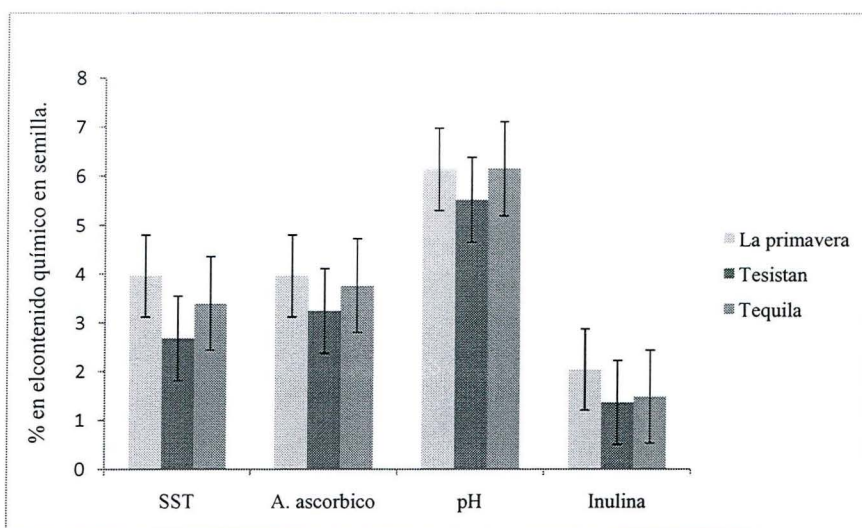
Respecto a SST se presentaron promedios de 3.96%, 3.40% y 2.68% para La Primavera, Tequila y Tesistán; el contenido de ácido ascórbico en semilla presentó datos de 3.96%, 3.76% y 3.24% siendo La Primavera el sitio que presentó mayor acidez y Tesistán el más bajo.

El potencial de hidrógeno se presentó en 6.13, 6.15 y 5.51 para La Primavera, Tequila y Tesistán respectivamente, como se puede observar el pH incrementó, aunque sigue siendo ácido, donde Tequila vuelve a presentar el valor más alto.

Los datos de inulina se muestran de la siguiente manera, 2.04% para La Primavera, 1.48% para el municipio de Tequila y 1.36% para Tesistán (gráfica 2).



Gráfica 1. Valores promedio en porcentajes de sólidos solubles totales, ácido ascórbico e inulina y el pH presentes en pulpa de los frutos de *Pithecellobium dulce* de La Primavera, Tequila y Tesistán, Jalisco, México. (n=30).



Gráfica 2. Valores promedio en porcentajes de sólidos solubles totales, ácido ascórbico e inulina y el pH presentes en semilla de los frutos de *Pithecellobium dulce* de La Primavera, Tequila y Tesistán, Jalisco, México. (n=30).

8.1.3.- Cáscara

Las cáscaras de los frutos presentaron los valores más bajos con respecto a las otras dos porciones del fruto, donde para SST los valores promedio fueron de 1.51%, 2.61% y 2.05% para La Primavera, Tequila y Tesistán respectivamente, por su parte el ácido ascórbico se presentó en promedios de 1.75%, 2.93% y 2.33% siguiendo el orden anterior, Tequila volvió a presentar el pH menos ácido en sus frutos con 5.42, mientras que los más ácidos fueron los de Tesistán con 4.59. En este caso los valores de inulina fueron muy bajos siendo el más alto Tequila, ya que sus frutos presentaron 1.05% de este carbohidrato, seguido de los frutos de La Primavera con 0.63% y Tesistán con un 0.57% (Gráfica 3).

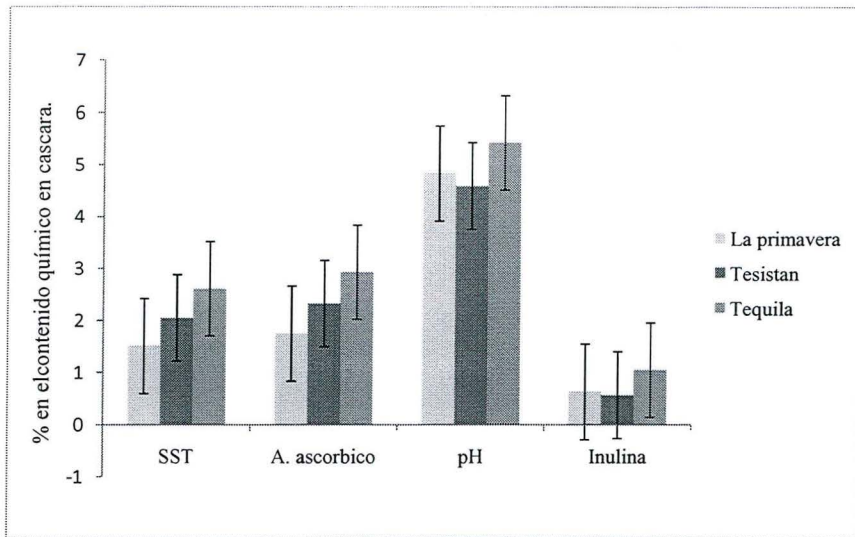


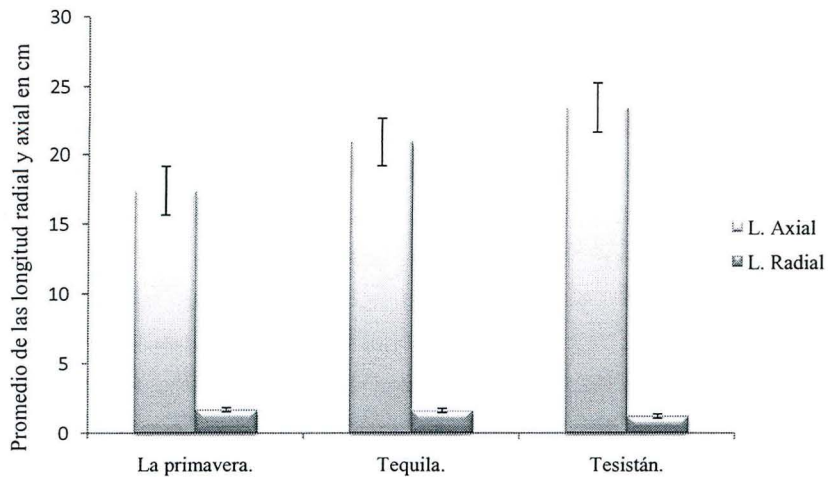
Gráfico 3. Valores promedio en porcentajes de sólidos solubles totales, ácido ascórbico e inulina y el pH presentes en la cáscara de los frutos de *Pithecellobium dulce* de La Primavera, Tequila y Tesistán, Jalisco, México. (n=30).

8.2.- Longitud radial y axial

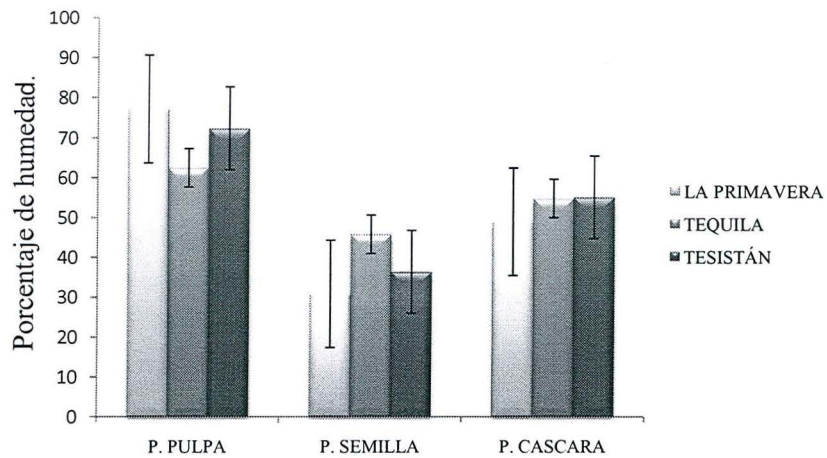
Después de haber medido la longitud de los frutos, tanto axial como radial, obtuvimos los siguientes resultados; para La Primavera el promedio fue de 17.41 cm para la longitud axial y 1.69 cm de longitud radial, en el caso de los frutos del municipio de Tequila, los promedios de las longitudes fueron de 20.97 cm y 1.63 cm de longitud axial y radial respectivamente, mientras que para las muestras tomadas de la localidad de Tesistán, sus promedios fueron de 23.49 cm y 1.22 cm tanto de longitud axial como de longitud radial como se indica en el gráfico 4, donde se puede observar que los frutos de mayor tamaño se presentan en Tesistán, y los de menor tamaño en La Primavera.

8.3.- Porcentaje de humedad

La cantidad de humedad se midió en cada porción de las muestras recolectadas, donde se observó un mayor porcentaje de humedad en los frutos del Bosque de La Primavera donde el 77.17%, 30.90% y 49.02 fueron los porcentajes de humedad para pulpa, semilla y cáscara respectivamente, entretanto, los porcentajes de humedad determinados para Tequila se encaminaron a un 62.56%, 45.90% y 54.90% en el orden de pulpa, semilla y cáscara, quedando solo la localidad de Tesistán, que presentó porcentajes de 72.40%, 36.47% y 55.19% en el mismo orden que los anteriores, lo que nos dice que las pulpas con mayor humedad son las del Bosque de La Primavera, respecto a los otros sitios de muestreo, mientras que la humedad de las semillas de los frutos de Tequila fue mayor que en las de las otras localidades y Tesistán presentó mayor humedad en sus cáscaras, como se muestra en el gráfico 5.



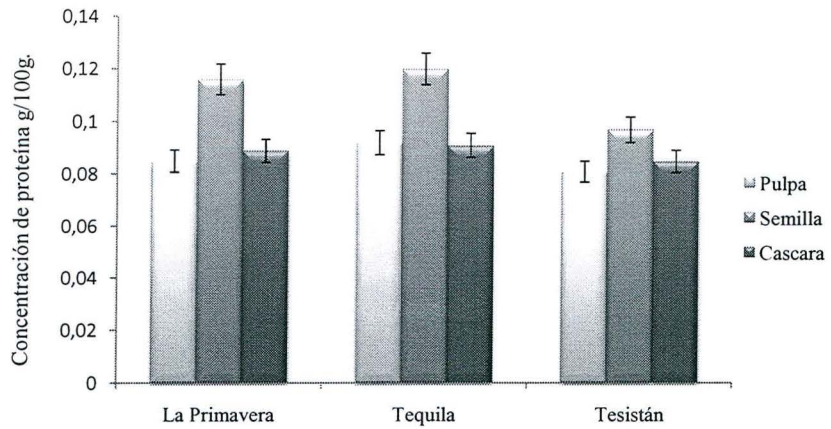
Gráfica 4. Valores promedio de longitud axial y radial en frutos de *Pithecellobium dulce* en las localidades de La Primavera, Tequila y Tesistán, Jalisco, México.



Gráfica 5. Valores promedio de los porcentajes de humedad en frutos de *Pithecellobium dulce* en las localidades de La Primavera, Tequila y Tesistán, Jalisco, México. (n=30).

8.4.- Concentración de proteínas

Los datos registrados en la determinación de las concentraciones de proteína en los frutos de *Pithecellobium dulce*, indicaron que los frutos que presentaron una mayor concentración en cada una de sus porciones han sido los del municipio de Tequila, presentando promedios de 0.092 g/100g, 0.120 g/100g y 0.091 g/100g para pulpa, semilla y cáscara respectivamente, los frutos del sitio que menor concentración de proteína tuvieron fueron los de Tesistán, con valores de 0.081 g/100g, 0.097 g/100g y 0.085 g/100g en el orden de pulpa, semilla y cáscara, como se indica en el gráfico 6, aunque los frutos de La Primavera presentaron concentraciones en promedio de proteína de 0.085 g/100g para pulpa, 0.116 g/100g en su semilla y 0.089 g/100g para la cáscara.



Gráfica 6. Concentración promedio de proteína en g/100g de *Pithecellobium dulce* en las localidades de La Primavera, Tesistán y el municipio de Tequila, Jalisco, México.

Cuadro 1. Datos climatológicos de las localidades de La Primavera, Tesistán y el municipio de Tequila.

Localidad	Altitud (msnm)	Coordenadas	Temperatura media anual (°C)	Precipitación pluvial anual (mm)
La primavera	1867	103° 42' W y 20° 44' N	20	800 - 1000
Tequila	500 - 2 900	103°30'W y 21°27'N	14 - 26	700 -1100
Tesistán	1640	-103.47° W y 20.79° N	20 - 27	800 - 1000

8.5.- Análisis estadístico

Los datos se procesaron, elaborando una base de datos en el programa SPSS versión 16.0 donde se determinaron como variables independientes los sitios de muestreo y la porción del fruto. Como variables de respuesta fueron considerados el porcentaje del contenido de SST, ácido ascórbico e inulina en las tres porciones de los frutos, el pH en cada porción y la concentración de proteínas. Se calcularon como medidas descriptivas de resumen y variabilidad, la media, la desviación estándar y el error estándar, posteriormente se determinó la normalidad de los datos para realizar un análisis de varianza.

Para el caso de los datos que no pasaron la prueba de homocedasticidad, se decidió realizar una transformación por la regresión de Box y Cox, precisamente para conseguir que la variable de respuesta cumpla con dicho supuesto, algunos de los datos continuaron sin pasar la prueba de normalidad, tal como, los valores determinados en la pulpa de los frutos colectados para cada variable, los datos para el porcentaje de inulina presente en las semillas y el de SST en cáscaras, a estos se les aplico el estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis.

8.5.1.- Estadísticos de prueba para pulpa.

Cuadro 2. Estadístico Kruskal-Wallis. Media de rangos.

Variable	Localidad	N	Media de rangos.
SST	• La primavera	30	57.02
	• Tequila	30	53.87
	• Tesistán	30	25.62
	• Total	90	
pH	• La primavera	30	18.23
	• Tequila	30	75.13
	• Tesistán	30	43.13
	• Total	90	
Inulina	• La primavera	30	56.62
	• Tequila	30	55.83
	• Tesistán	30	24.05
	• Total	90	
Ácido ascórbico	• La primavera	30	60.98
	• Tequila	30	48.45
	• Tesistán	30	27.07
	• Total	90	

Cuadro 3. Estadístico de prueba a, b. a- Kruskal-Wallis. b- Variable de agrupación: localidad.

	SST	pH	Inulina	Ácido ascórbico
- ji cuadrada	26.309	71.931	30.390	35.869
- gl	2	2	2	2
- significancia asintótica	.000	.000	.000	.000

Los resultados arrojados por el análisis, demuestran que existe diferencia significativa entre los sitios de muestreo, para las diferentes variables, donde ji-cuadrada fue =26.309 para SST con dos grados de libertad, y la significancia asintótica fue ≤ 0.001 , mientras que para el potencial de hidrógeno la ji-cuadrada fue =71.931 con los mismos grados de libertad y una significancia asintótica ≤ 0.001 , por su parte la ji-cuadrada para inulina fue = 30.390 con una significancia ≤ 0.001 , en lo que respecta al ácido ascórbico la ji-cuadrada fue de 35.869 con la misma significancia (Cuadro 3). Lo que manifiesta la diferencia que existe en la composición físico-química de la pulpa de los frutos colectados en los tres sitios de muestreo.

Cuadro 4. Frecuencias presentes por encima y debajo de la media.

		Localidad		
		La primavera.	Tequila	Tesistán
SST	\geq Media	21	21	2
	\leq Media	9	9	28
pH	\geq Media	0	30	10
	\leq Media	30	0	20
Inulina	\geq Media	20	20	2
	\leq Media	10	10	28
Ácido ascórbico	\geq Media	24	19	2
	\leq Media	6	11	28

En el cuadro 4 podemos observar que la frecuencia con que aparecen valores por encima de la media, para SST en La Primavera y Tequila fueron 21 casos los que se encontraron arriba de la media. En cuanto al pH se refiere Tequila fue el que presentó más casos, donde las 30 muestras se encontraron arriba de la media, siendo el sitio con menor acidez. En lo que a inulina se refiere, La Primavera y Tequila tuvieron 20 casos por encima de la media y para ácido ascórbico la primavera fue el más alto teniendo 24 muestras con un porcentaje arriba de la media.

El estadístico de prueba de medias nos dice que la ji-cuadrada fue de 32.10, 63.00, 28.92 y 35.46 para SST, pH, inulina y ácido ascórbico respectivamente, con 2

grados de libertad y un valor de $P \leq 0.001$ para todos los casos, lo que nos indica la diferencia significativa en el contenido de los compuestos analizados y el potencial de hidrógeno en la pulpa de los frutos de cada sitio de muestreo como puede observarse en la cuadro 5.

Cuadro 5. Estadístico de prueba. Medias.

	SST	pH	Inulina	Ácido ascórbico
N	90	90	90	90
Media	7.60	4.90	3.70	8.35
Ji cuadrada	32.10 ^a	63.00b	28.92c	35.46d
GI	2	2	2	2
Sig. asintótica	.000	.000	.000	.000

8.5.2.- Estadísticos de prueba para semilla

Cuadro 6. Estadística descriptiva para la porción de la semilla de los frutos de *P. dulce*.

	Localidad.	N	Media.	Desv. Estándar.	Error estándar.
Recíproco de la raíz cuadrada de SST	- La primavera.	30	1.9687	.2952	.0539
	- Tequila.	30	1.8333	.2012	.0367
	- "Tesislán"	30	1.6190	.2466	.0450
	- Total	90	1.8070	.2870	.0302
Ácido ascórbico	- La primavera.	30	4.5533	1.1309	.2064
	- Tequila.	30	3.7633	.9690	.1769
	- "Tesislán"	30	3.2433	.7868	.1436
	- Total	90	3.8533	1.1035	.1163
pH	- La primavera.	30	6.1367	.2809	.0513
	- Tequila.	30	6.1500	.5124	.0935
	- "Tesislán"	30	5.5133	.1870	.0341
	- Total	90	5.9333	.4603	.0485

Para los datos obtenidos en las semillas colectadas en los tres sitios de muestreo se realizó estadística descriptiva, con los valores mostrados en la Cuadro 6. Posteriormente se aplicó la prueba de homogeneidad de varianzas, donde las variables inulina y SST no cumplieron con el supuesto de homocedasticidad, para esto se decidió hacerle una transformación a los datos por la prueba de transformaciones de Box y Cox, para los datos de SST se aplicó la transformación del recíproco de la raíz cuadrada, con lo que se consiguió cumplir el supuesto, los datos de inulina fueron elevados a la 0.8, no obstante, los datos no cumplieron con el supuesto (Cuadro 7), por lo que se decidió aplicar el estadístico Kruskal-Wallis.

Cuadro 7. Estadístico de homogeneidad de varianzas.

	Estadístico	Gl 1	Gl 2	Significancia
Levene.				
Recíproco de la raíz cuadrada de SST.	2.413	2	87	.096
Ácido ascórbico.	2.303	2	87	.106
pH	.660	2	87	.520
Inulina.	4.124	2	87	.019

Los resultados del estadístico ANOVA nos dicen que existe diferencia significativa entre cada uno de los sitios, los valores de F fueron de 14.842, 13.802 y 31.634 para SST, ácido ascórbico y pH respectivamente con un valor de $P \leq .001$ para los tres casos como se muestra en la Cuadro 8.

Para apoyar el estadístico ANOVA realizamos la prueba de mínima diferencia significativa (LSD), donde hacemos una comparación múltiple entre los sitios de muestreo, la cual nos dice que para SST la diferencia de las medias entre las semillas de La Primavera y las del municipio de Tequila es de 0.1354, entre el Bosque de La Primavera y Tesistán es de 0.3496 y entre Tequila y Tesistán es de 0.2142, donde P fue de .039, .000 y .001 respectivamente, siendo La Primavera el que presentó mayor contenido de SST respecto a los otros dos sitios. Por otro lado, la diferencia entre las

medias para el ácido ascórbico entre La Primavera y Tequila fue de 0.7900 con un valor de $P = 0.002$, entre La Primavera y Tesistán la diferencia fue de 1.3100 con una $P \leq 0.001$, y entre Tequila y Tesistán fue de 0.5200 con una $P = 0.041$, donde queda demostrado que los tres sitios son diferentes entre sí y que el que mayor contenido de ácido ascórbico presenta es La Primavera.

Cuadro 8. Análisis de varianza para los datos obtenidos en semilla.

		Suma de cuadrados	Gl	Media de cuadrados	F	Sig.
SST	- Entre grupos	1.865	2	.933	14.842	.000
	- Dentro de los grupos	5.466	87	.063		
	- Total	7.331	89			
Ácido ascórbico	- Entre grupos	26.106	2	13.053	13.802	.000
	- Dentro de los grupos	82.278	87	.946		
	- Total	108.384	89			
pH	- Entre grupos	7.941	2	3.970	31.634	.000
	- Dentro de los grupos	10.919	87	.126		
	- Total	18.860	89			

En lo que respecta al pH, la diferencia entre Tequila y La Primavera fue de 0.0133 con una significancia de 0.884, entre Tequila y Tesistán fue de 0.6366 con un valor de $P \leq 0.001$ y entre La Primavera y Tesistán fue de 0.6233 con un valor de $P \leq 0.001$, donde podemos advertir que existe diferencia significativa entre Tequila y Tesistán, entre La Primavera y Tesistán, pero no entre La Primavera y Tequila, siendo Tequila el que presentó pH menos ácido (Cuadro 9).

Cuadro 9. LSD, comparación múltiple.

Variable dependiente.	(l) Localidad	(j) Localidad	Diferencia media (l-j)	Error estándar	Sig.
SST	La Primavera	Tequila	.1354	.0647	.039
		"Tesistán"	.3496	.0647	.000
	Tequila	La Primavera	-.1354	.0647	.039
		"Tesistán"	.2142	.0647	.001
	"Tesistán"	La Primavera	-.3496	.0647	.000
		Tequila	.2142	.0647	.001
Ácido ascórbico.	La Primavera	Tequila	.7900	.2510	.002
		"Tesistán"	1.3100	.2510	.000
	Tequila	La Primavera	-.7900	.2510	.002
		"Tesistán"	.5200	.2510	.041
	"Tesistán"	La Primavera	-1.3100	.2510	.000
		Tequila	-.5200	.2510	.041
pH	La Primavera	Tequila	-.0133	.0914	.884
		"Tesistán"	.6233	.0914	.000
	Tequila	La Primavera	.0133	.0914	.884
		"Tesistán"	.6366	.0914	.000
	"Tesistán"	La Primavera	-.6233	.0914	.000
		Tequila	-.6366	.0914	.000

Para los datos de la variable inulina se corrió la prueba de Kruskal-Wallis, ya que no cumplían con el supuesto de homocedasticidad como se mencionó anteriormente, los resultados arrojados nos dicen que existe diferencia en el contenido de inulina en las semillas de los frutos pertenecientes a los tres sitios muestreados, donde la ji-cuadrada fue =12.279 con un valor de $P = 0.002$ y 2 grados de libertad, entretanto, el estadístico de medias nos dice que la ji-cuadrada para este caso fue =6.923 con 2 grados de libertad y una $P = 0.031$ como se muestra en los cuadros 11 y 13.

Cuadro 10. Estadístico Kruskal-Wallis. Media de rangos.

Variable dependiente.	Localidad	N	Media de rangos.
Inulina	La Primavera	30	58.92
	Tequila	30	40.85
	Tesistán	30	36.73
	Total	90	

Cuadro 11. Estadístico a, b. a- Kruskal-Wallis. b- variable de agrupación: localidad.

	Inulina
Ji-cuadrada	12.279
Gl	2
Significancia asintótica.	.002

Cuadro 12. Frecuencias presentes por encima y debajo de la media.

		Localidad.		
		La primavera.	Tequila	Tesistán.
Inulina	≥Media	18	12	8
	≤Media	12	18	22

Cuadro 13. Prueba de medias, variable de agrupación: localidad.

	Inulina
N	90
Media	1.7000
Ji-cuadrada	6.923
Gl	2
Significancia asintótica	.031

8.5.3.- Estadístico de prueba para cáscara

Para los datos de SST en cáscara se aplicó el estadístico Kruskal-Wallis ya que no cumplían con el supuesto de homocedasticidad, los resultados del análisis indican que existe una diferencia significativa entre los tres sitios, donde con 2 dos grados de libertad ji-cuadrada presento un valor =31.491 con un valor de $P \leq 0.001$ (cuadro 15). En este caso, los valores que aparecen por encima de la media son 21 para Tequila y 16 para Tesistán, mientras que La Primavera presenta solo 6 por encima de la media, en el estadístico de medias la ji-cuadrada fue =15.586 con 2 grados de libertad, el valor de la media fue =2.000 con un valor de $P \leq 0.001$ (Cuadro 17).

Cuadro 14. Estadístico Kruskal-Wallis. Media de rangos.

	Localidad	N	Media de rangos.
SST	La Primavera	30	26.05
	Tequila	30	63.78
	Tesistán	30	46.67
	Total	90	

Cuadro 15. Estadístico de prueba a, b. a- Kruskal-Wallis. b- Variable de agrupación: localidad.

	SST
Ji-cuadrada	31.491
Gl	2
Sig. asintótica	.000

Cuadro 16. Frecuencias presentes por encima y debajo de la media.

SST	Localidad.			
		La Primavera	Tequila	Tesistán
	≥ Media	6	21	16
≤ Media	24	9	14	

Cuadro 17. Prueba de medias, variable de agrupación: localidad

	SST
N	90
Media	2.000
Ji-cuadrada	15.586
Gl	2
Sig. Asintótica	,000

Por otro lado, para los datos de inulina se decidió hacer una transformación por la regresión de Box y Cox, sacando el recíproco de su raíz cuadrada, una vez que los datos cumplieron el supuesto de homocedasticidad, se aplicó un ANOVA, los resultados advierten que para pH, ácido ascórbico e inulina, existe diferencia significativa, en donde el valor de F fue de 120.381, 29.932 y 14.576 respectivamente, donde el valor de $P \leq 0.001$ (Cuadro 20).

Como complemento para el ANOVA se realizó el estadístico de mínima diferencia significativa (LSD), para hacer una comparación múltiple entre los diferentes sitios de muestreo, donde podemos observar que entre La Primavera y Tequila hay una diferencia de -0.5900 con un valor de $P \leq 0.00$, entre La Primavera y Tesistán la diferencia fue de 0.2366 con una $P \leq 0.001$ y entre Tequila y Tesistán existe una diferencia de 0.8266 con un valor de $P \leq 0.001$ esto respecto al pH, para ácido ascórbico la diferencia entre La Primavera y Tequila fue de -1.1766 con una $P \leq 0.001$, la diferencia entre La Primavera y Tesistán fue de -0.5800 con una $P \leq 0.001$, mientras que entre Tequila y Tesistán hubo una diferencia de 0.5966 con una $P \leq 0.001$. Para el recíproco de la raíz cuadrada de la inulina la diferencia entre La

Primavera y Tequila fue de -0.2288 con un valor de $P \leq 0.001$, así mismo entre La Primavera y Tesistán la diferencia fue de 0.0333 con una valor de $P = 0.530$, lo que nos indica que existe diferencia entre estos dos sitios pero no es significativa, entre tanto la diferencia entre Tequila y Tesistán fue de 0.2621 con un valor de $P \leq 0.001$ como se puede observar en el cuadro 21.

Cuadro 18. Estadística descriptiva para la porción de la cáscara de los frutos de *P. dulce*.

	Localidad.	N	Media.	Desv. Estándar.	Error estándar.
pH	- La primavera.	30	4.8300	0.25346	0.0462
	- Tequila.	30	5.4200	0.19547	0.0356
	- "Tesistán"	30	4.5933	0.18182	0.0332
	- Total	90	4.9478	0.40785	0.0429
Ácido ascórbico	- La primavera.	30	1.7533	0.63557	0.1160
	- Tequila.	30	2.9300	0.66548	0.1215
	- "Tesistán"	30	2.3333	0.44048	0.0804
	- Total	90	2.3389	0.75665	0.0797
Recíproco de la raíz cuadrada de inulina.	- La primavera.	30	0.7730	0.20116	0.0367
	- Tequila.	30	1.0019	0.23404	0.0427
	- "Tesistán" Total	30	0.7397	0.17470	0.0319
	- Total	90	0.8382	0.23390	0.0246

Cuadro 19. Estadístico de homogeneidad de varianzas.

	Estadístico Levene.	Gl 1	Gl 2	Significancia
Recíproco de la raíz cuadrada de SST.	4.326	2	87	.016
pH	1.263	2	87	.288
Ácido ascórbico	2.917	2	87	.059
Inulina.	3.064	2	87	.052

Cuadro 20. Análisis de varianza para los datos obtenidos en cáscara.

		Suma de cuadrados	Gl	Media de cuadrados	F	Sig.
pH	- Entre grupos	10.875	2	5.437	120.381	.000
	- Dentro de los grupos	3.930	87	0.045		
	- Total	14.805	89			
Ácido ascórbico	- Entre grupos	20.770	2	10.385	29.932	.000
	- Dentro de los grupos	30.184	87	0.347		
	- Total	50.954	89			
Inulina	- Entre grupos	1.222	2	0.611	14.576	.000
	- Dentro de los grupos	3.647	87	0.042		
	- Total	4.869	89			

Cuadro 21. LSD, comparación múltiple.

Variable dependiente.	(I) Localidad	(j) Localidad	Diferencia media (I-j)	Error estándar	Sig.
pH	La Primavera	Tequila	-0.5900	0.0548	.000
		"Tesistán"	0.2366	0.0548	.000
	Tequila	La Primavera	0.5900	0.0548	.000
		"Tesistán"	0.8266	0.0548	.000
	"Tesistán"	La Primavera	-0.2366	0.0548	.000
		Tequila	-0.8266	0.0548	.000
Ácido ascórbico.	La Primavera	Tequila	-1.1766	0.1520	.000
		"Tesistán"	-0.5800	0.1520	.000
	Tequila	La Primavera	1.1766	0.1520	.000
		"Tesistán"	0.5966	0.1520	.000
	"Tesistán"	La Primavera	-0.5800	0.1520	.000
		Tequila	-0.5966	0.1520	.000
Inulina	La Primavera	Tequila	-0.2288	0.0528	.000
		"Tesistán"	0.0333	0.0528	.530
	Tequila	La Primavera	0.2288	0.0528	.000
		"Tesistán"	-0.2621	0.0528	.000
	"Tesistán"	La Primavera	-0.0333	0.0528	.530
		Tequila	-0.2621	0.0528	.000

8.5.4.- Estadístico de prueba para proteína

Para el caso del análisis de proteínas, se utilizó el programa minitab, en el cual se formó una base de datos, con la que se trabajó para comprobar que los datos cumplieran con todos los supuestos para aplicarles el estadístico ANOVA, en primer lugar se analizaron los datos de la proteína contenida en la pulpa, los resultados arrojados por el análisis indicaron que existe una diferencia significativa en el contenido de proteína de la pulpa de los frutos en los diferentes sitios donde el valor de $F = 157.24$ con un valor de $P \leq 0.001$ (Cuadro 22).

Cuadro 22. Análisis de varianza para los datos de proteína en pulpa.

	DF	Seq. SS	Adj. SS	Adj. MS	F	P
Localidades.	2	0.0018727	0.0018727	0.0009363	157.24	0.000
Error	87	0.0005181	0.0005181	0.0000060		
Total	89	0.0023907				

Para hacer una comparación entre los grupos se aplicó la prueba de Tukey, con la cual pudimos comprobar la diferencia existente entre cada uno de los sitios en cuanto al contenido de proteína de sus pulpas. Donde entre La Primavera y el municipio de Tequila el valor de $T = 10.581$ con un valor de $P \leq 0.0001$, por otro lado entre La Primavera y Tesistán el valor de $T = -7.034$ donde $P \leq 0.0001$ y entre Tequila y Tesistán $F = -17.61$ con un valor de $P \leq 0.0001$ como se indica en la Cuadro 23.

Cuadro 23. Estadístico de Tukey. Comparación múltiple de los sitios de muestreo para pulpa.

		Diferencia de medias.	Error estándar	Valor-T	Valor-P
La Primavera	Tequila	0.006667	0.000630	10.581	0.0000
	Tesistán	-0.004432	0.000630	-7.034	0.0000
Tequila	Tesistán	-0.01110	0.000630	-17.61	0.0000

En el caso de los datos obtenidos en las semillas, se optó por realizar una transformación por la regresión de Box y Cox, los datos fueron elevados a la -3, y así se consiguió que cumplieran con todos los supuestos requeridos para aplicar el ANOVA, dado esto, observamos que existe diferencia significativa entre los diferentes sitios de muestreo para el contenido de proteína en la semilla de sus frutos, con un valor de $F=147.22$ y un valor de $P \leq 0.000$ (Cuadro 24). Donde en el caso de el Bosque de La Primavera y Tequila no existe diferencia significativa en el contenido de la proteína con un valor $T = -0.0816$ y una $P = 0.9963$, entre el Bosque de La Primavera y Tesistán existe diferencia significativa siendo el valor $T = 14.7338$ con una $P \leq 0.0000$, mientras que entre Tequila y Tesistán el valor $T = 14.94$ con una $P \leq 0.0000$ siendo diferentes entre sí (Cuadro 25).

Cuadro 24. ANOVA para los datos de proteína en semillas.

	DF	Seq. SS	Adj. SS	Adj. MS	F	P
Localidades	2	5202738	5202738	2001369	147.22	0.000
Error	86	1519613	1519613	17670		
Total	88	6722351				

Cuadro 25. Estadístico de Tukey. Comparación múltiple de los sitios de muestreo para semilla.

		Diferencia de medias.	Error estándar	Valor-T	Valor-P
La Primavera	Tequila	-0.826	34.62	-0.0816	0.9963
	Tesistán	510.032	34.62	14.7338	0.0000
Tequila	Tesistán	512.9	34.62	14.94	0.0000

Por su parte los números que se presentaron en el caso de la proteína contenida en las cáscaras tampoco cumplían con los supuestos de homogeneidad de varianzas, por lo que se tuvieron que transformar con la misma prueba que se utilizó

para los datos de las semillas, solo que a estos se les aplicó logaritmo natural, y los resultados que se presentaron nos dicen que existe diferencia significativa en al menos uno de los sitios muestreados, donde el valor de F es de 1.4×10^4 con una P menor de 0.001 (Cuadro 22), después de haber comparado a los grupos entre sí que existe diferencia entre todos, así entonces, entre el Bosque de La Primavera y Tequila el valor-T fue de -144.6 con un valor de P menor a 0.0000, entre el Bosque de La Primavera y Tesistán el valor-T ha sido de -148.6 con un valor de P menor a 0.0000 y entre Tequila y Tesistán el valor-T fue de -3.980 con un valor de P de 0.0004 como puede apreciarse en el Cuadro 27.

Cuadro 26. ANOVA para los datos de proteína en cáscara.

	DF	Seq. SS	Adj. SS	Adj. MS	F	P
Localidades	2	106.803	106.803	53.401	1.4E+04	0.000
Error	87	0.324	0.324	0.004		
Total	89	107.127				

Cuadro 27. Estadístico de Tukey. Comparación múltiple de los sitios de muestreo para cáscara.

		Diferencia de medias.	Error estándar	Valor-T	Valor-P
La Primavera	Tequila	-2.279	0.01576	-144.6	0.0000
	Tesistán	-2.342	0.01576	-148.6	0.0000
Tequila	Tesistán	-0.06272	0.01576	-3.980	0.0004

9.- DISCUSIÓN

En el presente estudio confirmamos que *Pithecellobium dulce* es una especie apreciada por sus frutos, tanto por el consumo humano como animal, por lo que se encuentra en estrecha relación con la actividad humana. Durante la época más seca del año se presenta la maduración de las vainas, en los mercados de la ZMG y poblaciones rurales del occidente del país, los frutos pueden ser encontrados desde enero hasta julio, aunque Pennington y Sharukán (2005) mencionan que la temporada puede extenderse hasta el mes de agosto, los precios pueden variar dependiendo de la temporada y la calidad de los mismos, las primeras colectas se venden en \$80.00 MXN (6.144 USD) por kilo, debido a que existe una mayor disponibilidad en el mercado, al paso de los días puede bajar hasta \$25.00 MXN por kilo (1.92 USD). Tanto el hombre como los animales, dispersan sus semillas al comer los carnosos y dulces arilos que la cubren. En el campo como en la ciudad, la planta es tolerada, protegida, fomentada e incluso cultivada, lo cual se observó en las colectas de las vainas, donde la gente las recolecta por lo general para consumir sus apetecibles vainas o para venta lo cual está congruente con lo que algunos autores mencionan acerca de la aceptación de este fruto con muchos años de tradición (Tena, 2012).

Los arilos se consumen en fresco, en atoles (hechos a base de masa de maíz) y salsas; la madera se emplea como leña y de forma limitada para la construcción, ya que existen en las localidades de estudio otras especies que funcionan mejor para estos fines (como el pino). La sombra de este árbol, aunque considerada en ocasiones como escasa, es muy apreciada. Es un árbol que se aprovecha de manera extensa como cerco vivo.

Delgado (2007) menciona que la especie es ampliamente utilizada no solo con fines comestibles, sino para tratar diferentes padecimientos tal como: problemas gástricos, diarrea y diabetes en humanos en el estado de Michoacán. Lo mismo sucede en las zonas de estudio, donde los usuarios refieren las bondades de diferentes partes de la planta, siendo el tratamiento más común para problemas gastrointestinales; la cáscara se emplea en un cocimiento para tratar heridas, la

corteza del árbol se emplea pulverizada para quemaduras. Sin embargo no se detectó que la especie se empleara para elaborar productos ya sea para alimento o para aplicación, por ejemplo, en la industria de la medicina.

El desarrollo y aprovechamiento de esta especie no se limita a espacios naturales, en este estudio pudimos constatar que además de las localidades de estudio, también en la Zona Metropolitana de Guadalajara el guamúchil se puede apreciar por muchas de las más importantes avenidas. Esta especie no es comúnmente plantada, sino que por su fácil propagación se distribuye ampliamente, pero su permanencia no sólo se debe a su relativo fácil desarrollo, sino a que es una especie apreciada principalmente como comestible, y a pesar de que se le puede encontrar en estas formas, las ramas son espinosas y en ocasiones los árboles llegan a ser tan altos que dificultan su colecta, razón por la cual los consumidores la adquieren en tianguis y mercados, sin embargo, no se encontró presencia de las vainas para su venta en las grandes cadenas comerciales.

Con respecto al contenido de SST, en la porción comestible del fruto, la localidad de La Primavera presentó un mayor porcentaje, así como de ácido ascórbico (el cual determina la acidez de los frutos) con respecto a los otros dos sitios de muestreo, siendo valores más bajos que los de las especies frutales más comercializadas (°11 Brix), y que además han sido sujetas a un proceso de domesticación y se cultivan ampliamente en diversas partes del mundo, como la manzana (Bordeleau, 2002), la uva (*Vitis spp*), granada (*Punica granatum*), mango (*Manguifera spp.*); (Wills, 1998). Asimismo, los frutos del municipio de Tequila presentaron menor acidez en la porción comestible, con valores más altos que los reportados por Ramírez (2007) y por Castro (1977) para *Spondias purpurea* (pH 2.7-3.5), que al igual que *P. dulce* es una especie nativa de México y con un bajo grado de domesticación en comparación con los guajes (*Leucaena spp.*), de los cuales se ha calculado que su domesticación tiene lugar entre los años 3000 y 1000 a.C. (Zarate, 2000) y por Bordeleau (2002) para manzana (*Malus spp.*) (pH 3.9), aunque inferiores a los reportados para especies como para la tuna (*Opuntia spp.*) con un pH mayor de 6.2 (Esquivel, 2004).

Por su parte, la pulpa de los frutos de La Primavera y Tequila presentó promedios muy similares en el porcentaje del contenido de inulina (4.41%), aunque los valores obtenidos son más bajos en comparación con el Maguey (*Agave spp.*) y la achicoria (*Chicorium intybus*) utilizadas industrialmente para la obtención de este fructano (Villeda, 2010).

Arrazola (1991) menciona que el maguey presenta entre 20 y 24% de inulina. Lo mencionado anteriormente, apoyado con el análisis estadístico, nos permite decir que los sitios de muestreo presentaron diferencia significativa ($P \leq 0.001$), donde los frutos de La Primavera tienden a ser los que presentan mayor capacidad para producir y almacenar azúcares y ácido ascórbico en comparación con los de los otros dos sitios. A pesar de que el contenido de inulina es bajo comparado con otras especies, podemos considerarlo como un componente importante, el cual podría ser utilizado en el sector salud para incluirlo en dietas con bajo contenido de azúcares (i.e. diabetes).

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis realizados para la composición físico-química en las semillas de los frutos de *P. dulce*, se encontraron valores más altos en relación a otras semillas como el ajonjolí (FAO, 2006), lo que redundaría en la calidad de la alimentación para la fauna silvestre y el ganado, la especie podría inclusive procesarse para ser utilizadas como alimento o bien para investigación.

Los análisis realizados para la inulina indican que las semillas pueden ser aprovechadas para la realización de extractos que pueden funcionar en el campo de la investigación, debido a sus propiedades como la actividad insecticida y fungicida (Govindarajam, 2012); (Becerra *et al.*, 2002), aunque los datos no sean equiparables con las especies explotadas a nivel industrial. Por otro lado, una buena selección de semillas pudiera dar paso a una domesticación in situ, como lo mencionan Casas y Caballero (1995) dadas las condiciones reproductivas de la especie, lo que favorecería para obtener individuos con mejor fenotipo intencionadamente.

Los valores determinados en cáscara, la cual es utilizada como forraje para ganado, como planta medicinal o maderable (Monroy y Colín, 2004) (Delgado, 2007), demuestran que existe diferencia significativa entre los tres sitios de muestreo en cuanto a SST (P menor de 0.001) siendo Tequila el sitio que presentó los valores promedio más altos con respecto a los otros dos sitios de muestreo. Para las demás variables los resultados evidencian que existe diferencia significativa en cuanto al pH (P menor de 0.001).

En relación al contenido de proteína, en la porción comestible del fruto, los resultados del análisis de varianza muestran que entre los tres sitios muestreados existe diferencia significativa (P menor de 0.001), como se puede observar en los resultados de la prueba de Bradford, las semillas de *P. dulce* presentaron cantidades mayores en la concentración de proteína, seguidas por la pulpa del fruto, las cuales son de mayor interés, ya que una es parte vital para la reproducción de estos árboles y la otra es la parte comestible tanto para humanos como para animales. En relación con otras especies frutales y tomando en cuenta solo la porción de la pulpa, los valores presentados en este estudio son inferiores a los reportados para guayaba (*Psidium guajava*) (0.3 g/100 g) papaya (*Carica papaya*) y mango (0.39 g/100 g) como lo mencionaron Nakasone y Paull (1998), aunque si tomamos en cuenta el contenido total en todo el fruto los valores son muy similares, lo que indica que es una valiosa fuente de proteína para la fauna silvestre y el ganado, algunos ganaderos que incorporan *P. dulce* en la dieta de las cabras, mencionan que ayuda en el aumento de producción de leche.

La calidad de los frutos es un objetivo importante para la elección del consumo de los mismos (incluyendo el mismo proceso de domesticación). El término “calidad de fruta” circunscribe todos aquellos atributos que hacen a la fruta atractiva por su apariencia y como fuente de alimento por su composición química (Sistrunk y Moore, 1988; citados por Ramírez-Hernández, 2004). La aceptación en el mercado de la mayoría de los frutos se basa principalmente en el color, y frecuentemente el consumidor asocia la calidad con lo atractivo a la vista del fruto. Sin embargo, las variables más importantes que determinan la calidad del fruto son: 1) textura (i.e.

firmeza, suavidad, delicadeza, fragilidad, jugosidad; 2) tamaño y forma; por lo general un tamaño grande ha sido una característica atractiva para el consumidor, aunque por otro lado, al aumentar el tamaño (en muchas especies) se pierde calidad, ya que contienen mayores sólidos solubles totales, azúcares totales y densidad (Kushman y Ballinger, 1975) y los frutos de *P. dulce* se pueden catalogar como pequeños; 3) el sabor, es uno de los atributos principales de calidad en cualquier fruto fresco; además este carácter está frecuentemente relacionado con el color, y el contenido de sólidos solubles totales, y la relación azúcar/ácido (los frutos con mejor sabor son los que tienen un balance aceptable entre acidez y dulzura; 4) el valor nutritivo, es también relevante, ya que los frutos son fuente importante de vitaminas, azúcares y minerales (Sistrunk y Moore, 1988; citado por Ramírez-Hernández, 2004). Es significativo señalar que el guamúchil tiene un característico sabor fuerte, y no tiene un clásico dulzor como el de muchos frutos (e.g. durazno, manzana, uva) y tiene un dejo de amargura al consumirlo, de manera que en este caso el factor cultural ha sido decisivo para que su preferencia perdure aún con tantos frutales introducidos.

Según lo mencionado por Pennington y Sharukán (2005) la especie tiene crecimiento en alturas que van del nivel del mar a los 1800 msnm, en este trabajo pudimos observar, de acuerdo a los datos de la literatura citada, que de los tres sitios muestreados, la primavera es el sitio con mayor altura llegando a los 1867 msnm, climáticamente los tres sitios presentan similitudes, con climas templado – subhúmedo y semicálido- subhúmedo con lluvias en verano, aunque existe una diferencia en las precipitaciones donde la localidad de La Primavera presenta entre 800 y 1000 mm anuales, mayor que los presentes en Tequila, pero siendo similares a los de Tesistán.

Los factores mencionados anteriormente sumados a la composición del suelo donde la primavera presenta suelos con un pH menor en relación a los otros dos sitios de muestreo nos dan pauta para decir que la primavera presentó una mejor composición físico-química, según Navarrete (2011), la diversidad de microorganismos propicia que los suelos sean de mayor calidad y presenten un mejor rendimiento, dado que de los tres sitios, La Primavera presentó de cierta manera

mejores condiciones, sus frutos tienden a tener una mejor composición en cuanto a todas la variables medidas.

A la par, la importancia de esta especie no solo reside en su valor cultural y económico, sino también ecológico (valores que son considerados como elementos biológicos y éticos que determinan la calidad de un frutal, Bordeleau *et al.* (2002). Es sabido que el consumo de frutas en zonas bajas tropicales contribuye significativamente a la nutrición de la fauna silvestre (Challenger, 1998), en las zonas de estudio se reportó que algunas especies de aves, mamíferos e insectos suelen alimentarse del *P. dulce*. Además, se considera una especie fijadora de nitrógeno

Por otro lado, los pueblos indígenas de México utilizan y manejan más de 5,000 especies de plantas (Casas y Caballero, 1995), *Pithecellobium dulce* está en contacto con el hombre, pero es una especie con bajo grado de domesticación, ya que de acuerdo a lo observado en este estudio, los pobladores sólo se han limitado a elegir ejemplares por el dulzor de las vainas, ya que existen los guamúchiles dulces y los amargos, lo cual indica que la domesticación se ha limitado a identificar fenotipos destacados, pero no se encontraron evidencias ni en la literatura ni en los recorridos de campo, que la especie hubiera sido sujeta a fitomejoramiento ni se encuentra en plantaciones intensivas, además el manejo que se le da es *in situ* o en el traspatio y es muy limitado, ya que no requiere riego, fertilización, a aplicación de algún producto para plagas, además la poda es ocasional y es con el fin de que las ramas sean más fáciles de alcanzar para la colecta de frutos y no para obtener mayor producción, como ocurre en muchos árboles frutales. Lo anterior se puede deber en parte a que los pobladores ya obtienen lo que desean de esta especie, sin que necesariamente consideren el mejoramiento.

10.- CONCLUSIONES

1. La pulpa de los frutos de (*Pithecellobium dulce*) en La Primavera presentaron mayor contenido tanto de SST, ácido ascórbico así como de inulina, mientras que en el municipio de Tequila se registró menor acidez en la porción comestible.
2. En la localidad de La Primavera se registró mayor concentración de SST, ácido ascórbico e inulina en las semillas, mientras que las de Tesistán fueron las más ácidas.
3. Las cáscaras de los frutos de *P. dulce* del municipio de Tequila, tuvieron mayor contenido de SST, ácido ascórbico e inulina además de ser las que tienden a presentar menores concentraciones de pH.
4. Los frutos del municipio de Tequila presentaron una mayor concentración de proteína.
5. La localidad de Tesistán presentó frutos de mayor tamaño en cuanto a longitud axial, mientras que La Primavera tuvo frutos con mayor longitud radial.
6. De las tres porciones analizadas, la semilla fue la que presentó mayor contenido de cada una de las variables (SST, ácido ascórbico, pH, inulina, proteínas), seguido por la pulpa, siendo la cáscara la que menor contenido tuvo.
7. Las condiciones climatológicas y edafológicas de La Primavera, son factores importantes a considerar para la mayor producción y almacenamiento de las diferentes variables analizadas.
8. Partiendo de los resultados obtenidos, podemos mencionar que *Pithecellobium dulce* es una especie con un valor nutricional aceptable, además de ser un elemento importante dentro del campo de la investigación enfocado al sector salud.

10.1.- Consideraciones finales

Es importante señalar que el presente estudio queda a disposición de todo aquel interesado en determinar estas y otras propiedades de *P. dulce*, el conocer las propiedades y los compuestos activos de las plantas nativas de México nos permite hacer un mejor uso de ellas, la información acerca de *P. dulce* es insuficiente y aunque existen evidencias de su uso en diferentes campos como la biomedicina, la agricultura, la nutrición o la química, la especie presenta un gran potencial ya que aún no ha sido domesticada ni se explota a nivel industrial.

11.- LITERATURA CITADA

A., A. R. (1986). El campo jalisciense durante el Porfiriato. En A. R. A., *El campo jalisciense durante el Porfiriato*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.

A., B. G. (2002). Food quality: A comparison of organic and conventional fruits and vegetables. *Ecological Agriculture*. , 82.

C., C. W. (1989). Soluble sugars as the carbohydrate reserve for CAM in pineapple leaves. . En C. W. C., *Plant Physiology*. (págs. 91-100).

Caballero J, C. A. (1998). Caballero J Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en Pueblos indígenas de México. *Estudios Atacameños* , 15.

Colin., M. R. (2004). El guamúchil *Pithecellobium dulce*, un ejemplo de uso múltiple. *Maderas y bosques. Instituto de ecología A.c. Xalapa*. , 35-53.

Conceição A., B. P. (2013). Conceição A., Bolívar P., Napoleão E., Inulin-type fructans: A review on different aspects of biochemical and pharmaceutical technology. *Conceição A., Bolívar P., Napoleão E., Adalberto P., Attilio C., Alessandro da Silva. 2013. Inulin-type fructans: A review Elsevier. Carbohydrate Polymers 101:368– 378. , 368-378.*

Dnyaneshwar M. N., D. K. (2012). Dnyaneshwar M. N., Dharmendra K. K., PariAntioxidant activity and free radical-scavenging potential of *Pithecellobium dulce* Benth seed extracts. *Dnyaneshwar M. N., Dharmendra K. K., Parikshit R. J. and Archana R. J. 2012. Antioxidant ac Free radicals and antioxidants. .*

Estrada C., E. C. (2004). Leguminosas del centro del estado de Nuevo León, México. *Estrada C., E., C. Yen M., A. Delgado S. y J. A. Villarreal Q. 2004. Leguminosas del centro del Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica. , Estrada C., E., C. Yen M., A. Delgado S. y J. A. Villarreal Q. 2004. Leguminosas del centro del estado de Nuevo León, 73-85.*

Galla N., A. N. (2010). Galla N., Allani N., Preparation, chemical composition and storage studies of quamuchil (*Pithecellobium dulce* L) aril powder. *Galla N., Allani N., Akula S., Dubasi G. 2010. Preparation, chemical composiJournal Food Sci Technol. , 90-95. .*

Govindarajan M., S. R. (2012). Govindarajan M., Sivakumar R., Rajeswary M. and Yogalakshmi KAdulticidal activity of *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth against *Culex quinquefasciatus* (say). *Elsevier .*

Guo Z, Q. L. (2013). Guo Z, Qing Li, Gang Wang, Fang Dong, Haoyuan Zhou, Jing Zhang. 2013. Synthesis, characterization, and antifungal activity of novel inulin derivatives with chlorinated benzene. *Elsevier*, 469-473. .

INEGI. (1998). *La producción agrícola y su correlación con el espacio Geoestadístico*. México.: Colegio de postgraduados.

J., C. (1998). Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en Pueblos indígenas de México. *Estudios Atacameños*, 15.

J., D. (2007). Valor nutricional y usos tradicionales de las especies arbóreas del municipio de Nocupétaro Michoacan. *Valor nutricional y usos tradicionales de las especies arbóreas del municipio de Nocupétaro Michoacan*. Nocupétaro, Michoacan, México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

J., R. (1978). *Vegetación de México*. . México, D. F.: Limusa Noriega.

J., R. (1991). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Rzedowski J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora Acta Botánica Mexicana, Instituto de Ecología*, 3-21.

Jun Liu, J.-f. L.-y.-h. (2013). Jun Liu, Jian-feng Lu, Juan Kan, Xiao-yuan Wen, Chang-hai Jin. 2013. Synthesis, characterization and in vitro anti-diabetic activity of catechin grafted inulin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 76-83.

L., B. L. (1992). Influence of leaf, fruit and seed powders and extracts of *Pithecellobium dulce* (Roxb) Benth (Fabaceae) on the in vitro Vegetative Growth of Seven Postharvest Fungi. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 66-71.

L., V. J. (2004). *Los generos de plantas vasculares de la flora de México*. México, D.F.: Sociedad Botánica de México.

Levy, M. (2005). *Millennium Ecosystem Assessment*. Recuperado el 16 de diciembre de 2013, de Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment : <http://www.maweb.org/en/Condition.aspx>

M., A. (1993). Ethnoscience and biodiversity: key elements in the desing of sustainable pest management Systems for small farmers in developing countries. *Agriculture, Ecosystems and Enviroment*, 257-272.

M., B. (1992). Trees as browse to support animal production. . En B. M., *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock*. (págs. 1-10). Kuala: FAO.

M., T. V. (1993). La Riqueza Florística de México: Un análisis para conservacionistas. In logros y perspectivas del conocimiento de los recursos vegetales de México en vísperas del siglo XXI. *Toledo V. M. 1993. La Riqueza Florística de México: Un análisis para conservacionistas. In logros y perspectivas del conocimiento Instituto de Ecología, A.C./ Sociedad Botánica de México* , 109-123.

Madrigal L., S. E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. . *Madrigal L., Sangronis E. 2007. La inulina y derivados como ingredientes claves en aArchivos Latinoamericanos de Nutricion Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*.

Medina-García G., J. A.-C. (1998). Los climas de México. *CIRPC-INIFAP-SAGAR* , 103.

Megala J, .. G. (2010). Gastroprotective and antioxidant effects of hydroalcoholic fruit extract of pithecellobium dulce on ethanol induced gastric ulcer in rats. *Megala J., Geetha A. 2010. gastroprotective a_d a_tioxida_t effects of hydroalcoholiElsevier Pharmacologyonline* , 353-372.

Monroy, R. y. (2000). MLa pertinencia cultural de los saberes en la selva baja caducifolia (sbc). In: Monroy, R., H. Colín y J. Boyás. . *Monroy, R. y H. Colín. 2000. La pertinencia cultural de los saberes en la selva baja caducifolia (sbc). InLos Sistemas agroforestales de Latinoamérica y la selva baja caducifolia en México. México.* , 219-231.

Nakasone, H. &. (1998). Tropical fruits. *CAB International, Wallingtonford, Reino Unido.* , 445.

Navarrete S. A., V. C. (2001). Navarrete S. A., Vela C. G., LópezNaturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. *UNAM* .

O., B. S. (1995). *Economic Botany. Plants in our world.* . New York: Mc. Graw-Hill.

P., E. (2004). Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima. . *Agronomía Mesoamericana.* , 215-219.

Pabitra B, .. S. (2012). Pabitra B., Sankhadeep P., Prasentraditional extract of Pithecellobium dulce fruits protects mice against CCl4 induced renal oxidative impairments and necrotic cell death. *Elsevier* , 101-114.

Parrotta, J. A. (1991). Parrotta, John A. 1991. *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Guamúchil. *Department of Agriculture*. , 5.

Pedro, A. M. (2008). Fijación biológica del nitrógeno. En A. B. Joaquin, *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (págs. 305-321). Barcelona: Mc Graw Hill.

Pennington T. D., y. J. (2005). *Pennington Árboles Tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies México*. México: UNAM.

R., B. (1996). Fertilización racional y renovación de pasturas mejoradas en suelos ácidos tropicales. . *Fertilización racional y renovación de pasturas mejoradas en suelos ácidos tropicales*. . Las Mercedes de Guácimo. , Costa Rica.

R., B. (1989). Intermountain Flora. *Fabales* , 11-179.

R., D., & Gómez., G. (1996). Ritmos temporales de la investigación taxonómica de plantas vasculares en México y una estimación del número de especies conocidas. *Dirzo R.; G. Gómez. 1996. Ritmos temporales de la investigación taxonómica de plantas vaAnnals of the Missouri Botanical Garden*. , 396-403.

R., G. R. (1988). Colección Enciclopédica de los Municipios de México. *Los municipios de Jalisco*. D.F., D.F. , México: Galván R. R. 1988. Los municipios de Jalisco. Colección Enciclopédica de los Municipios de México. SCentro Nacional de Estudios Municipales de la Secretaría de Gobernación.

Ramírez B. 2004. Etnobotánica y ecofisiología de la ciruela mexicana (*Spondias purpurea L.*) Universidad Autonoma de México. México, D.F.

Ramírez B., P. B. (2007). Ramírez B., Pimienta B., Sistemas de producción de *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) en el centro-occidente de México. *Rev. Biol. Trop.* , 675-687.

Ren J., L. J. (2010). Highly efficient synthesis and antioxidant activity of O-(aminoethyl) inulin. *Journal Elsevier*. .

S., S. S. (1993). *SouMexican Leguminosae: phytogeography, endemism and origins*. In: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa eds. *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. New York: Sousa S. M. y A. Delgado S., 1993. Mexican Leguminosae: phytogeography, endemism and origins. In: T.P.Oxford University Press.

SEMARNAT. (2010). *Plantas Medicinales de la Farmacia Viviente del CEFOFOR: Usos Terapéuticos Tradicionales y Dosificación*. México, D.F.: Gobierno Federal.

Stevens, C. V. (2001). Stevens, C Chemical modification of inulin, a valuable renewable resource, and its industrial applications. *Elsevier, Biomacromolecules* , 1-16.

Tena M., Á. R. (2012). Los mercados de guadalajara, méxico. ejemplo del consumo de plantas silvestres. *Revista de Humanidades* , 169-19. .

Toledo, V. (1990). La perspectiva etnoecológica, cinco reflexiones acerca de las "ciencias campesinas" sobre la naturaleza con especial referencia a México. 23.

Wei, L. Y. (2007). Wei, L. Y., Wang, J. H., Zheng, X. D., Teng, D Studies on the extracting technical conditions of inulin from Jerusalem artichoke tubers. *Wei, L. Y., Wang, J. H., Zheng, X. D., Teng, D., Yang, Y. L., Cai, C. G., et al. (2007). Studies on tJournal of Food Engineering* . Wei, L. Y., Wang, J. H., Zheng, X. D., Teng, D., Yang, Y. L., Cai, C. G., et al. (2007). Studies on the extra1087-1093.

Wills, R. B. (1998). Wills, R., B. McGlasson, D. Graham & D. Joyce. 1998. Postharvest: An introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables and ornamentals. *CAB International* , 262.

Z., C. A. (1977). Cultivo del ciruelo (*Spondias spp.*), en el municipio de San Cristóbal de la Barranca, Jalisco. Tesis de Licenciatura. . *Cultivo del ciruelo (Spondias spp.), en el municipio de San Cristóbal de la Barranca, Jalisco. Tesis de Licenciatura* . Guadalajara, Jalisco, México: Universidad de Guadalajara.

Zar., J. H. (2010). *Bioestatistical Analysis*. New Jersey.: Hall Prentice and Pearson eds.

Zárate, S. (2000). The archaeological remains of *Leucaena* (Fabaceae). *Economic Botany* , 477-499.

TESIS/CUCBA

TESIS/CUCBA