

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE LA
MADERA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA
MADERA**

**“Usos alternativos de los residuos de podas de árboles de
Psidium guajava L.”**

Tesis que para obtener el Grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA

Presenta:

Julio César Camarena Tello

Directores

**Doctor en Ciencias Forestales
José Guadalupe Rutiaga Quiñones**

**Doctora en Ciencias de los Alimentos
Nuria Elizabeth Rocha Guzmán**



Morelia, Mich. Diciembre del 2014

Dedicatoria

A mi Madre, por su incansable tesón por mí superación.

A tres adorables seres, Yulia A. Elias M. y Briana I., que día a día son un aliento de poder, para la lucha constante ante las adversidades, y un soplo en mi corazón, que nunca desaparecerá aún si existiera otra vida.

A mis abuelos Ciriaco Tello y Virginia Hinojosa, que aunque ya no estén presentes en vida, siguen presentes en mí ser.

Agradecimientos

Primeramente agradezco a Dios por darme la oportunidad de estar en este espacio y en este tiempo y brindarme las cualidades y talentos que poseo.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

A la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera y a su División de Estudios de Posgrado, así como a sus Profesores, quienes con su conocimiento, me dieron luz para tener claro, el camino a seguir en el presente trabajo.

A los Directores de Tesis Dr. José Guadalupe Rutiaga Quiñones, quien creyó en mi inquietud del tema y lo guió con una visión clara y objetiva. A la Dra. Nuria Elizabeth Rocha Guzmán y al Cuerpo Académico “Alimentos funcionales y Nutracéuticos” de la Unidad de Posgrado de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Instituto Tecnológico de Durango, por abrir las puertas de su laboratorio, además de ayudarme a entender el fascinante mundo de los polifenoles.

A los integrantes de la mesa de sinodales: Dr. Pablo López Albarrán, Dr. Rafael Herrera Bucio, y al M.C. Marco Antonio Herrera Ferreyra, por las correcciones y observaciones al contenido del presente estudio.

Se agradece el apoyo de la CIC-UMSNH (Proyecto 21.3-JGRQ), al CONACYT (Proyecto 16644-JGRQ). A la Beca Nacional 2011 - 2012 Cuarto Periodo CONACYT. A la Beca de Maestría de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,

Asimismo se agradece profundamente a los productores por la donación del material de estudio: Ciriaco Tello Hinojosa, Octavio Valdez Sánchez, Adrian Alvarado y René Jiménez.

A mis hermanos, Paul y Virginia. Primos y Tíos. A mis amigos, especialmente a Celic Yolia Mendoza Adame, por sus correcciones al manuscrito. A mi compadre Argelis Ortiz y mi prima Zulema Salas Tello por la revisión y corrección del Abstract. Compañeros de generación. A la Sra. Estela Méndez quien es Secretaria del Posgrado, la cual es una persona con un gran sentido de asistencia a las necesidades de los alumnos del posgrado.

Índice general

	Pág.
Introducción.....	1
Antecedentes.....	3
Justificación.....	7
Objetivos.....	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos:.....	8
Hipótesis.....	9
Materiales y métodos.....	10
Trabajo de campo.....	10
Colecta de material.....	10
Información de las huertas.....	10
Trabajo de laboratorio.....	10
Composición química básica de hojas y ramas.....	10
Potencial antioxidante de los extractos de las hojas.....	12
Análisis de los extractos mediante CG-MS.....	14
Análisis estadístico.....	14
Resultados y discusiones.....	15
Trabajo de campo.....	15
Colecta de material.....	15
Información de las huertas.....	15
Trabajo de laboratorio.....	18
Composición química básica de hojas y ramas.....	18
Potencial antioxidante de los extractos de las hojas.....	37
Análisis de los extractos mediante CG-MS.....	43
Conclusiones.....	46
Consideración final.....	53
Recomendaciones.....	54
Bibliografía.....	55
Anexos.....	61

Índice de figuras

Figura 1. Porcentaje de C. H. en ramas	18
Figura 2. Porcentaje de C.H. en hojas	18
Figura 3. Porcentaje de extraíbles total y por solvente en ramas	19
Figura 4. Porcentaje de extraíbles total y por solvente en hojas	20
Figura 5. pH en ramas con extraíbles.....	21
Figura 6. pH en ramas sin extraíbles.....	22
Figura 7. pH en hojas con extraíbles.....	22
Figura 8. pH en hojas sin extraíbles	23
Figura 9. Porcentaje de cenizas en ramas	24
Figura 10. Porcentaje de cenizas en hojas	25
Figura 11. Porcentaje de lignina en ramas.....	27
Figura 12. Porcentaje de lignina en hojas.....	27
Figura 13. Porcentaje de holocelulosa en ramas	28
Figura 14. Porcentaje de holocelulosa en hojas.....	29
Figura 15. Porcentaje de α -celulosa en ramas	30
Figura 16. Porcentaje de α -celulosa en hojas	31
Figura 17. Porcentaje de solubilidad en NaOH en ramas.....	32
Figura 18. Porcentaje de solubilidad en NaOH en hojas.....	32
Figura 19. Taninos extracto acuoso en ramas.....	33
Figura 20. Taninos extracto etanólico en ramas	34
Figura 21. Taninos extracto acuoso en hojas.....	35
Figura 22. Taninos extracto etanólico en hojas	36
Figura 23. C. H. en hojas.....	37
Figura 24. Rendimientos extracciones en hojas dispersión.....	38
Figura 25. Polifenoles totales en hojas	40
Figura 26. Inhibición del radical DPPH fracción acetona acuosa 70% hojas	41
Figura 27. Método de la Desoxi-D-ribosa fracción acetona acuosa 70% hojas	42

Índice de cuadros

Cuadro 1. Cuestionario a productores	16
Cuadro 2. Porcentaje de C. H. en ramas	18
Cuadro 3. Porcentaje de C.H. en hojas	18
Cuadro 4. Porcentaje de extraíbles total y por solvente en ramas	19
Cuadro 5. Porcentaje de extraíbles total y por solvente en hojas	20
Cuadro 6. pH en ramas con extraíbles.....	21
Cuadro 7. pH en ramas sin extraíbles.....	22
Cuadro 8. pH en hojas con extraíbles.....	22
Cuadro 9. pH en hojas sin extraíbles	23
Cuadro 10. Porcentaje de cenizas en ramas.....	24
Cuadro 11. Porcentaje de cenizas en hojas.....	25
Cuadro 12 Resultado del microanálisis de la biomasa de <i>P. guajava</i> (%).....	26
Cuadro 13. Porcentaje de lignina en ramas	27
Cuadro 14. Porcentaje de lignina en hojas	27
Cuadro 15. Porcentaje de holocelulosa en ramas	28
Cuadro 16. Porcentaje de holocelulosa en hojas	29
Cuadro 17. Porcentaje de α -celulosa en ramas.....	30
Cuadro 18. Porcentaje de α -celulosa en hojas.....	31
Cuadro 19. Porcentaje de solubilidad en NaOH en ramas	32
Cuadro 20. Porcentaje de solubilidad en NaOH en hojas.....	32
Cuadro 21. Taninos extracto acuoso en ramas	33
Cuadro 22. Taninos extracto etanólico en ramas.....	35
Cuadro 23. Taninos extracto acuoso en hojas	36
Cuadro 24. Taninos extracto etanólico en hojas.....	37
Cuadro 25. C. H. en hojas.....	37
Cuadro 26. Rendimientos en hojas extracciones dispersión.....	39
Cuadro 27. Polifenoles totales en hojas.....	40
Cuadro 28. Inhibición del radical DPPH fracción acetona acuosa 70% hojas.....	41
Cuadro 29. Método de la Desoxi-D-ribosa fracción acetona acuosa 70% hojas.....	42
Cuadro 30. Componentes químicos individualizados de las hojas en la fracción polar.....	44

Anexos

Anexo 1 Características de los fertilizantes.....	61
---------------------------------------------------	----

Usos alternativos de los residuos de podas de árboles de *Psidium guajava* L.

RESUMEN

En México, Michoacán es el estado con mayor participación en volumen de producción nacional de guayaba, los sitios de producción están entre los 600 y 2200 msnm. En el presente trabajo se utilizaron hojas y ramas del árbol de guayaba *Psidium guajava* L., recolectadas en cuatro huertas del estado de Michoacán ubicadas a diferente altitud (533, 1251, 1659 y 2030 msnm). La recolección del material fue de las podas, la cual es una práctica que realizan todos los productores para el manejo de la huerta. Debido a esto se genera una gran cantidad de hojas, que son subutilizadas; un árbol de guayaba sin podarse, puede llegar a producir aproximadamente 9 kg de materia seca/año.

En la química general se encontró que el pH de la biomasa fue poco ácido, el material inorgánico es más alto en hojas que en ramas, en las cenizas se detectaron al potasio y calcio como los de mayor contenido, no se localizan metales pesados, las hojas presentaron una alta solubilidad en solventes orgánicos y la mayor cantidad de taninos se detectó en las hojas.

La fracción polar que presentó mayor abundancia de fenoles fue la acetona acuosa 70%; en la suma total de cada fracción, el sitio a 2030 msnm fue el de mayor cantidad. Las muestras de hojas procedentes del sitio ubicado a 1251 msnm fue el que tuvo la mejor capacidad para la inhibición del radical DPPH y las del sitio ubicado a 2030 msnm fue el que inhibió a menor concentración el radical Desoxi-D-Ribosa.

Por medio de CG-MS. Se identificaron: Ácidos orgánicos, Aminoácidos, Alcoholes, Ácidos grasos, Compuestos fenólicos y Fitosteroles. Siendo la huerta ubicada a mayor altitud la que presentó la mayor variedad de compuestos.

Palabras clave: Altitud; Poda; pH; Radicales; DPPH; Desoxi-D-Ribosa; CG-MS

Alternative uses of waste from pruning trees *Psidium guajava* L.

ABSTRACT

In Mexico, Michoacan is the state with the largest share of national production volume of guava, the production sites are between 600 and 2200 masl. In the present study guava tree leaves and branches *Psidium guajava* L., were collected in four orchards of Michoacan located at different altitudes (533, 1251, 1659 and 2030 masl). The harvesting of the material is from pruning, which is a practice done by all producers to manage their orchards. Due to this process a lot of leaves are generated, which are underutilized; a non pruned guava tree can produce about 9 kg of dry matter/year.

In the general chemistry it was found that the pH of the biomass was slightly acid, the inorganic material is higher in leaves than in branches, in the ashes it was detected that the potassium and calcium were higher in content, heavy metals could not be located, the leaves showed high solubility in organic solvents and the greatest amount of tannins was detected in leaves.

The polar fraction showed higher abundance of phenols, which was aqueous acetone 70%; in the total sum of each fraction, the site 2030 masl was of the highest amount. Leaf samples from the site located at 1251 masl was the one that had the best DPPH radical scavenging and the site located 2030 masl was the one who inhibit to the lowest concentration to the Deoxy-D-Ribose radical.

By GC-MS the following was identified: organic acids, amino acids, alcohols, fatty acids, phenolic compounds and phytosterols. The orchard located at higher altitude was the one which presented the greatest variety of compounds.

Keywords: Altitude; pruning; pH; radicals; DPPH; Deoxy-D-ribose; GC-MS

Introducción

Psidium guajava L. pertenece a la familia de las *Myrtaceae* y lo más importante de esta especie es la producción de fruta (guayaba). México produjo, del año 2002 al 2011, un promedio de 294,200 toneladas/año de fruta, y exportó a Estados Unidos 1,574 toneladas/año de fruta, 216 a Canadá y 85 a otros países (SIAP, 2013). Los tres primeros estados productores a nivel nacional fueron; Michoacán (42%), Aguascalientes (35%) y Zacatecas (15%) (SAGARPA, 2012). La producción máxima en Michoacán, corresponde a la zona Oriente del estado, destacando los municipios de; Jungapeo con 2500 hectáreas, Zitácuaro con 1000 hectáreas y Benito Juárez con 1500 hectáreas (Mendoza *et al.*, 2005).

En las huertas de guayaba, prácticas comunes para controlar la época de producción de la fruta han sido mediante; estrés hídrico, defoliantes y podas, siendo la poda la forma más utilizada para el manejo. Los residuos de la poda (ramas y hojas), para algunos productores son un subproducto de desecho, el cual se maneja de manera indiscriminada lo que favorece la proliferación de plagas en los huertos.

En la medicina natural, las hojas del guayabo, han sido usadas desde tiempos prehispánicos, para controlar problemas gástricos (Niembro, 1990). Los alimentos funcionales y nutraceuticos, son aquellos que brindan beneficio a la salud y al organismo humano, en otras palabras, es el producto que provee salud previniendo una enfermedad (González *et al.*, 2012). La tendencia actual, es el uso de los fitoquímicos que se han encontrado con carácter de alimento funcional y nutraceutico en las diferentes partes del guayabo, desde el fruto hasta hojas y corteza, que bien pueden ser explotados para ser utilizados en la industria alimentaria en la generación de diversos productos.

Se han propuesto extractos de plantas que tienen capacidad antioxidante; incluyendo el té y las bebidas funcionales, para el tratamiento de diversas fisiopatologías. Los flavonoides, triterpenoides y otros fitoquímicos, que se encuentran en algunos de estos extractos, se han considerado en muchos estudios como potenciales antioxidantes, antiinflamatorios, antibacteriales y antimicóticos. En este sentido, cada vez es mayor el interés por conocer la actividad biológica de estos grupos de fitoquímicos y el papel que

desarrollan en la dieta, para comprender su mecanismo de acción y sobre todo, sus efectos benéficos sobre la salud.

Los desechos de la poda y la defoliación, pueden ser útiles, para el uso sustentable de la obtención de subproductos de alto valor agregado (Vargas *et al.*, 2006). Los extractos de hojas de guayabo contienen flavonoides, principalmente derivados glicosidados de quercetina, que se hidrolizan en el cuerpo para liberar la quercetina aglicona, responsable de la actividad antiespasmódica (Pérez *et al.*, 2008), atribuida a productos como el producto comercial QG5. En hojas maduras colectadas en el mes de Julio, se han detectado la presencia de miricetina (208.44 mg/kg), quercetina (2883.08 mg/kg), luteolina (51.22 mg/kg) y kaempferol (97.25 mg/kg) (Vargas *et al.*, 2006). Otro grupo de fitoquímicos importante presente en las hojas de guayabo, son los triterpenos bioactivos destacando el ácido betulínico y el lupeol (Ghosh *et al.*, 2010).

El presente estudio buscó encontrar un uso alternativo a los residuos generados por las podas en las huertas de guayaba, buscando apoyar a los productores en su economía. Concluyendo que la calidad y cantidad de carbohidratos, lignina, extraíbles y cenizas, presentes en las hojas y ramas, pueden ser explotados, sumando la alta disponibilidad de estos materiales, residuo de las podas.

Antecedentes

Composición química básica

Vázquez *et al.* (1999), reportan que la madera de *Psidium guajava* tiene un poder calórico de 18,556 kJ/kg (4,434.41 kcal/kg), ubicando la especie como excelente fuente energética, también reporta como curtiente a la corteza, hojas, raíz y flor, con un contenido de taninos del 10% para hojas y del 11 al 30% para corteza.

Vega (2002), en su estudio aunque no es propiamente sobre química básica, en sus resultados de pulpeo clasificó a la madera de *Psidium guajava*, como de buena calidad de pulpa. Además también reporta para la madera, una densidad básica de 0.65 gr/cm³ considerandola de alta densidad. Con los resultados obtenidos sugiere que la madera se utilice para mangos de olla, teteras, cafeteras, así como para implementos agrícolas.

Okunrobo *et al.* (2010), reportan que en las hojas de *Psidium guajava* L. hay un contenido bajo de cenizas del 2.80%, además encontraron la presencia de siete metales; Calcio (1.34 mg/kg), Magnesio (0.64 mg/kg), Potasio (0.76 mg/kg), Sodio (0.05 mg/kg), Hierro (16.18 mg/kg), Manganeso (29.23 mg/kg), y Zinc (56.49 mg/kg), concluyendo que las hojas contienen mayor componentes orgánicos y que los niveles de manganeso y zinc están por encima del consumo máximo tolerable por el cuerpo.

Hindi (2012), utilizando el método de pirólisis, en la madera de ramas de *Psidium guajava* L, encontró un contenido; de cenizas 1.21%, extraíbles 12.6 % y de lignina 27.1 %. También reporta para la madera un peso específico de 0.531.

Martínez *et al.* (2012), determinaron el poder calorífico de la corteza de seis árboles frutales, reportando 4,076.10 kcal/kg en *Psidium guajava* y un contenido de cenizas de 5.76 %, observaron que a mayor contenido de minerales en las especies estudiadas disminuye el poder calorífico.

Zelada (2012) reporta que la albura de *Psidium guajava* tiene un poder calórico de 18,895 kJ/kg (4,512.99 kcal/kg), el duramen de 18,108 kJ/kg (4,325.02 kcal/kg), y que en promedio es de 18,502 kJ/kg (4,419.13 kcal/kg), sin presentarse diferencia significativa entre albura y duramen, considerando que es una especie que presenta potencial de aprovechamiento energético por el alto poder calórico.

Moura *et al.* (2012), determinaron el rendimiento total y el perfil químico de extractos de hojas de *P. guajava* obtenidos mediante extracciones de fluidos supercríticos y los procesos de extracciones convencionales. El rendimiento total mayor en las extracciones con fluidos supercríticos lo obtuvieron con la mayor temperatura y la mayor presión usada, utilizando un co-solvente, mientras que con los métodos convencionales el mayor rendimiento lo obtuvieron mediante equipo Soxhlet. Sin embargo destacan que el mayor número de compuestos funcionales como aceites esenciales, flavonoides, carotenoides y antioxidante los obtuvieron utilizando el proceso de extracciones de fluidos supercríticos.

Potencial antioxidante

México posee una gran diversidad de plantas comestibles a partir de las cuales se pueden obtener compuestos con aparentes propiedades nutraceuticas; sin embargo, tales propiedades no se han comprobado sistemática y científicamente *in vitro* o *in vivo*, por lo que existe información limitada al respecto. Aún cuando los componentes activos en la mayoría de los casos son desconocidos, la evaluación de efectos farmacológicos de extractos crudos, tamizajes de productos naturales y el descubrimiento de nuevos compuestos biológicamente activos son motivo de investigación científica y de nuevos productos por parte de compañías farmacéuticas. Si bien el uso del guayabo (*Psidium guajava* L.) como frutal y sus derivados son ampliamente reconocidos, por el contrario su utilidad nutraceutica ha sido poco valorada, por lo que se pretende darle un valor agregado a esta fuente vía el desarrollo de productos funcionales y nutraceuticos.

Mukhtar *et al.* (2006), realizaron un estudio sobre la actividad antidiabética de extractos obtenidos con etanol de la corteza de *Psidium guajava*, experimentando en ratas que fueron aumentados sus niveles de azúcar, encontrando diferencias significativas en las ratas que fueron inducidas, sin detectar un efecto significativo en las ratas con niveles de glucosa normal sin inducir.

Psidium guajava L. (Familia *Myrtaceae*) tiene su origen en un área localizada entre Perú y México. Se encuentra distribuida en la franja tropical del mundo (Kaneira y Chanda, 2011) y se desarrolla a una altura de 1,200 msnm. De acuerdo al Consejo Nacional Mexicano de la Guayaba, la distribución del valor final de la guayaba fresca en el 2002,

destina un 17% del valor total obtenido al productor, el 15% al intermediario, el 23% al bodeguero y el 45% a los supermercados.

Dentro de las estrategias que el productor implementa en las huertas para incrementar la producción de guayaba, se encuentra la defoliación y la poda de los árboles. Esta práctica lleva a la generación de una gran cantidad de biomasa entre hojas y ramas, pero particularmente centrándonos en las hojas, éstas constituyen el 39% del árbol. En el caso del árbol de guayabo una hectárea puede producir por defoliación 3600kg de biomasa (Damián *et al.*, 2004). Estudios adicionales indican que la defoliación es la práctica de manejo que más aumenta el contenido de flavonoles en la hoja de guayaba (Vargas *et al.*, 2005). Por tanto, parece una práctica recomendable para producir hojas con mayor concentración de flavonoides, para las diferentes aplicaciones medicinales. Los árboles de guayabo alteran su composición de flavonoides con el estrés de defoliación, sequía o poda que se realizan anualmente en el cultivo con la finalidad de incrementar producción y calidad. Los desechos de poda y defoliación pueden ser útiles para el uso sustentable de la producción como un producto.

Las propiedades antioxidantes de los polifenoles son generalmente asociadas a la presencia de grupos orto-fenólicos, la naturaleza y la posición de estas sustituciones afectarán actividades biológicas subsecuentes, posiblemente, la reducción o la supresión de las actividades detectadas en las formas agliconas (Marvalín y Azerad, 2011).

Suganya *et al.* (2007), dan a conocer la actividad antioxidante de tres compuestos aislados, del extracto crudo de metanol, de hojas de guayaba. Sus estructuras se determinaron sobre la base de métodos espectroscópicos y químicos. Encontraron que el compuesto más activo es la quercetina junto con dos compuestos flavonoides, quercetina-3-O-glucopiranosido y la morina, demostrando una significativa actividad captadora con IC₅₀ de $1,20 \pm 0,02$, $3,58 \pm 0,05$ y $5,41 \pm 0,20$ g/mL, respectivamente.

Estudios adicionales realizados por Sowmya *et al.* (2010), en donde se evaluó la actividad antioxidante, así como el potencial anti-glucídico de la fracción de acetato de etilo, en ratas diabéticas, mediante administración oral a diferentes dosis, determinan la disminución del nivel de azúcar en la sangre. El potencial antioxidante reportado por este

grupo de investigadores fue evidente al disminuir la peroxidación lipídica y un incremento en la actividad de varias enzimas antioxidantes. Los estudios *in vitro* utilizados en esta investigación sirvieron de soporte para determinar el potencial anti-glucídico y antioxidante.

Matsuzaki *et al.* (2010), A partir del extracto de metanol al 80 %, aislaron, una nueva benzofenona y flavonol galoil glicosidado, además de 5 glucósidos de quercetina. Los glucósidos fenólicos aislados, mostraron una actividad significativa, en la inhibición contra la liberación de histamina en células peritoneales, de ratas mástil y la producción de óxido nítrico a partir de un macrófago murino como línea celular, RAW 264.

Birdi *et al.* (2010), dan a conocer el efecto del extracto acuoso caliente (decocción) de hojas secas de *P. guajava* en parámetros asociados con la patogenicidad de la diarrea infecciosa. El objetivo era entender su posible mecanismo (s) de acción en el control de la diarrea infecciosa y compararlo con quercetina, uno de los constituyentes activos de *P. guajava* más reportados con actividad antidiarreica. La decocción de *P. guajava* mostró actividad antibacteriana hacia *Shigella flexneri* y *Vibrio cholerae*. Se disminuyó la producción tanto de LT y CT y su unión a GM1. Sin embargo, no tuvo ningún efecto sobre la producción y la acción del ST. La decocción también inhibe la adhesión de EPEC y la invasión por tanto EIEC y *Shigella flexneri* a células HEp-2. La quercetina, por otro lado, no demostró actividad antibacteriana a las concentraciones utilizadas ni tampoco afectó a ninguno de las enterotoxinas. Concluyeron que la decocción de hojas de *P. guajava* es un agente antidiarreico eficaz y que todo el espectro de su actividad antidiarreica no es debido a la quercetina solamente.

Barbalho *et al.* (2012), reportan algunos de los componentes principales de las hojas de guayaba que son compuestos fenólicos, isoflavonoides, ácido gálico, catequina, epicatequina, rutina, naringenina, kaempferol. La pulpa es rica en ácido ascórbico, carotenoides (licopeno, β -caroteno y β -criptoxantina). Las semillas, la piel y cortezas poseen glicósidos, carotenoides y compuestos fenólicos. Todas las partes de la planta se han utilizado para diferentes propósitos: hepatoprotección, antioxidantes, anti-inflamatorios, anti-espasmódicos, anti-cáncer, antimicrobianos, anti-hiperglucémicos, células progenitoras endoteliales, analgésicos, anti-dolor de estómago y anti-diarrea.

Justificación

Se busca aprovechar la biomasa obtenida (ramas y hojas), debido a las podas en las huertas de *Psidium guajava* L., un recurso natural que es muy abundante y que es poco explotado a la fecha. Al mismo tiempo, se pretenden generar alternativas de producción, empleo y de valor agregado a los propietarios de las huertas de guayabo, a través del desarrollo de productos de consumo profiláctico para toda la sociedad. El aprovechamiento novedoso de un recurso no tipificado aún, requerirá de una regulación para normar su explotación sustentable, asegurando y promoviendo además el desarrollo de una nueva faceta de agricultura, donde el producto deseado son las ramas y las hojas provenientes de la poda de los huertos. Esta postura deberá empatarse con la explotación tradicional del recurso frutal.

Objetivos

Objetivo general:

Proponer usos alternativos de los residuos de las podas (ramas y hojas), de los árboles de las huertas de *Psidium guajava* L. tomando como base; los resultados del estudio químico general de las ramas y hojas, el poder de inhibición de radicales y componentes químicos de las hojas y la ubicación de las huertas.

Objetivos específicos:

- Determinar la composición química básica (pH, cenizas, extraíbles, lignina holocelulosa, alfa celulosa, solubilidad a la sosa y taninos) de hojas y ramas.
- Determinar la cantidad de fenoles totales de las hojas de la fracción polar.
- Determinar la capacidad de inhibición de radicales DPPH e hidroxilo de las hojas, en la fracción acetona acuosa 70 %.
- Realizar un estudio de los componentes químicos individualizados de las hojas, mediante CG-MS de la fracción polar.

Hipótesis

La variación en los resultados del estudio químico general de las ramas y hojas, el poder de inhibición de radicales y componentes químicos de las hojas, además de la altitud de las huertas de *Psidium guajava* L., ayudará a la asignación de usos específicos de la biomasa (ramas y hojas), originada por las podas de los árboles de *Psidium guajava* L., de cada una de las huertas.

Materiales y métodos.

Trabajo de campo.

Colecta de material.

Se tomaron en cuenta los municipios de mayor área de plantación y mayor participación en la exportación de fruta de guayaba. La distribución de altitudes sobre el nivel de mar, para la ubicación de las cuatro huertas se realizó en rangos de 500 metros. El muestreo fue al azar, siendo en promedio 30 árboles por huerta, las partes del árbol de donde se colectaron las muestras, fueron consideradas de acuerdo a los criterios que el productor tiene cuando realiza la poda.

Información de las huertas

Para tener un panorama más amplio del manejo de las cuatro huertas, se generó un cuestionario que se aplicó a los productores (Ver Cuadro 1 en resultados y discusiones).

Trabajo de laboratorio

Composición química básica de hojas y ramas

Contenido de humedad

Se separó el material en hojas y ramas, dejándolo secar a temperatura ambiente. Con el fin de acelerar la deshidratación en las ramas, se seccionaron éstas en tamaños de 3 a 5 cm de largo, facilitando así también la fase de molienda. Para conocer el contenido de humedad, se utilizó el método de deshidratación en horno a 103.0 °C norma T 264 cm-97 (TAPPI, 2000).

Molienda

Para la molienda se utilizó un molino del tipo pulverizador modelo K20F de la marca Mezcladora Micron.

Tamizado

El material obtenido de la molienda se tamizó, separando el material de malla 40 (tamaño de partícula 420µm), siendo este tamaño de partícula el utilizado en el presente estudio en la parte de composición química básica.

pH

El potencial de hidrógeno (pH), se determinó de acuerdo al método de Sandermann y Rothkamm (1959) y fue medido con un potenciómetro marca accumet® BASIC AB15.

Sustancias inorgánicas

Para la determinación del contenido de sustancias inorgánicas, el material se quemó usando una placa de calentamiento, para posteriormente calcinar en mufla a 525 °C en crisoles de níquel, como dicta la norma T 211 om-93 (TAPPI 2000).

Microanálisis de las sustancias inorgánicas

El microanálisis de las sustancias inorgánicas, se realizó con un espectrómetro de Rayos X, conectado a un microscopio Electrónico de Barrido marca Jeol modelo JSM – 6400.

Sustancias extraíbles

La cantidad de sustancias extraíbles se determinó aplicando una secuencia de extracción Soxhlet con solventes de polaridad creciente: ciclohexano, acetona, metanol, finalizando el ciclo de extracciones con agua caliente a reflujo. En cada caso el tiempo de extracción fue de 6 horas. Los solventes se recuperaron en un rotavapor marca Heidolph aplicando vacío. El porcentaje de sustancias extraíbles se calculó con la diferencia de peso, después de deshidratar el residuo en un desecador hasta peso constante.

Lignina

Para obtener el porcentaje de lignina se determinó siguiendo la técnica empleada por Runkel y Wilke (1995).

Holocelulosa

El porcentaje de holocelulosa se determinó de acuerdo con el método Wise *et al.*, (1946).

Alfa-celulosa

Para conocer el porcentaje de alfa-celulosa se utilizó la técnica D1103-6 (ASTM 2000).

Solubilidad en NaOH al 1%

El porcentaje de solubilidad en NaOH fue en base a la norma T 212 om-98 (TAPPI 2000).

Obtención de taninos.

Se determinó el extracto total, número de Stiasny y taninos en la biomasa estudiada de *P. guajava* (Yasaky y Hillis, 1977; Waterman y Mole, 1994). También se detectó la presencia de taninos hidrolizables mediante reacciones de coloración.

Potencial antioxidante de los extractos de las hojas.

Molienda de hojas

Para moler las hojas ya secas se utilizó el molino analítico marca Ika Werke MF 10 basic a una velocidad de 5,750 rpm.

Tamizado de hojas

Se utilizó un Tamiz de pruebas físicas marca Montiel hecho de acero inoxidable, malla 40, el material utilizado es el que pasó por la malla 40.

C.H. de las hojas molidas.

Para saber el contenido de humedad de las hojas molidas se utilizó una termobalanza (Moisture Analyzer A&D ML-50). Las mediciones se hicieron por triplicado.

Liofilización de hojas

Se introducen las muestras primeramente a un congelador marca Torrey, a una temperatura de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, con el fin de ayudar en el congelado del material, el tiempo que se mantuvieron en el congelador fue de aproximadamente de una hora antes de colocarlos al liofilizado. El material para liofilizar se introdujo en una bolsa de plástico, esto se realizó con el fin de poder recuperar el material con mayor facilidad, y esto a su vez dentro de un matraz Erlenmeyer, el cual fue colocado en las salidas de la máquina liofilizadora. Las condiciones en el Liofilizador marca (Edwards Modelo Modulyo), fueron con un vacío de 930 Pa y a una temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, el material ya liofilizado se guarda en frasco de vidrio color ámbar.

Extracciones

Para la extracción se utilizaron 3 gramos de material molido, tamizado y liofilizado malla 40. El material se colocó en un matraz Erlenmeyer, se adicionaron 150 mL de solvente, colocando la mezcla en un ambiente frío poniendo hielo por fuera del matraz, para evitar evaporación de compuestos al momento de realizar la dispersión mediante el uso de un Ultra-Turrax® IKA® T18 basic, durante un minuto a 18,000 rpm, las dispersiones se repitieron cambiando el solvente y filtrándose, hasta notar una ausencia de coloración. Se utilizó una secuencia de solventes de polaridad creciente iniciando con cloroformo, acetona acuosa 70%, metanol acuoso 50% y agua, el material se dejó secar antes de cambiar de solvente, la recuperación de solventes fue con vacío térmico con el Rotavapor® RII, a una velocidad de giro de 35 rpm y temperatura del baño calefactor de 35 °C.

Método de Folin-Ciocalteu

La técnica utilizada es en base a lo descrito por Singleton *et al.* (1999), ajustada en el Laboratorio de Alimentos Funcionales (ITD) para microplaca, la cual es una técnica espectrofotométrica que se basa en la oxidación de los compuestos fenólicos por el reactivo de Folin-Ciocalteu que se reduce por acción de los fenoles en una mezcla de óxidos azules de tungsteno y molibdeno. Se realizó una curva de calibración con ácido gálico, para posteriormente utilizar la siguiente ecuación y conocer el equivalente de ácido gálico (GAE, por sus siglas en inglés), respecto a la muestra seca utilizada.

$$GAE = \frac{mg \text{ Ác. gálico}}{g \text{ de muestra seca}}$$

Método de DPPH

La técnica utilizada fue la descrita por Brand-Williams *et al.* (1995), ajustada en el laboratorio de alimentos funcionales para microplaca, con esta técnica se determina la capacidad de reducción del radical estable 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl, en base a la capacidad antioxidante del extracto de acetona 70% de *Psidium guajava* L.

Método Desoxi-D-Ribosa

El presente estudio se realizó mediante la técnica de Halliwell *et al.* (1987), con la cual hay una generación de radicales hidroxilo, generados por la reacción cloruro de hierro (III)-

ácido etilendiaminotetraacético con peróxido de hidrógeno, en presencia del ácido ascórbico, que atacan a la desoxirribosa para formar productos que, tras el calentamiento con ácido tiobarbitúrico y ácido tricloroacético a pH bajo, producen un cromógeno rosa. Al añadir atrapantes de radicales hidroxilo que compitan con la desoxirribosa disminuyen la formación del cromógeno. Por lo tanto con esta técnica estaremos conociendo la capacidad de inhibición de radicales hidroxilos, en base a la colorimetría de la solución.

Análisis de los extractos mediante CG-MS

Para el análisis de los extractos, se utilizó una plataforma de CG acoplada a un cuadrupolo con una fuente de iones inerte, la cual tiene un puerto de inyección Split-splitless. Las condiciones de operación fueron EI (70eV), como gas acarreador Helio a un flujo constante de 1mL/min, columna capilar 30x0.25mm D.I., 0.25µm. T₀ (100 °C), llegando hasta 320 °C incrementándose 30 °C/min.

Para preparar los extractos de acetona, metanol y agua, se realizó de la siguiente manera: se pesó un 1 mg de cada una de las muestras, colocándolas en microtubos. Se adicionó 1 mL de metanol grado HPLC. Se utiliza el Vórtex MX-S para realizar la mezcla. Se vierte la mezcla en viales ámbar de vidrio de 1 mL. Se utilizó el Vórtex MX-S para mejorar la mezcla. Se evaporó el metanol grado HPLC con Nitrógeno. Se agregaron 50 µL del reactivo BSTFA+TMCS. Se utiliza el Vórtex MX-S para realizar la mezcla. Se extrae la mezcla con la micropipeta y se vertió en viales tipo inserto de 250 µL. Se colocó el inserto de 250 µL dentro del mismo vial ámbar. El vial con el inserto dentro, quedó listo para ser analizado en el CG Masas.

Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados, se aplicó un ANOVA one-way y se calcularon las diferencias significativas ($p < 0.05$), usando el software STATISTICA, versión 7.0.

Resultados y discusiones

Trabajo de campo

Colecta de material

El tamaño de las hojas y el diámetro de las ramas fueron las diferencias visuales entre sitios que principalmente se detectaron en la colecta del material, observándose que a menor altitud mayor fue el tamaño de las hojas y diámetro de las ramas. En el trabajo de Montaña *et al.* (2011), concluyen que los factores ambientales que influyen sobre la anatomía de la madera son la altitud, latitud y el clima, relacionando a la altitud con el diámetro y la longitud de los vasos, así como la longitud de las fibras. Por lo tanto se puede considerar que las diferencias de tamaño en las hojas y diámetro de las ramas, se debe a que los sitios de colecta están ubicados a diferentes altitudes.

Información de las huertas

El manejo de las huertas es diferente en cada sitio (Cuadro 1). Los productores se rigen principalmente por las experiencias que han formado durante años. El productor del sitio ubicado a 533msnm informó que cuando el precio de la fruta no da ni para el corte, se opta por mejor dejar el fruto en el árbol sin importarle que se pierda. En algunos casos los productores se atreven a realizar manejos nuevos, que al ver que no les resulta optan por no volver a repetirlo, ya que repercutió negativamente en la producción de fruta, como es el caso del sitio a 1251 msnm donde el productor realizó la defoliación hace más de diez años por una sola ocasión y al ver resultados desfavorables no la volvió a realizar. Por otro lado el productor del sitio a 1659 msnm hace uso de micorrizas debido a que él considera que la pendiente del terreno influye en el deslavado de los nutrientes y al utilizar las micorrizas ayuda a que los árboles mejoren la asimilación de los nutrientes contrarrestando el deslavo de éstos. En el sitio ubicado a 2030 msnm el productor informó que él realiza una poda y un corte de fruta por año, y que el clima no ayuda a cosechar más de una vez al año, incluso comentó que ha notado que la fruta, al madurar, se mantiene firme por mayor tiempo, comparado con otras frutas de sitios a menor altitud, considerando el productor que es debido al clima. Uno de los requisitos mínimos generales en la norma mexicana NMX-FF-040-SCFI (2002) para la comercialización y consumo de la fruta fresca de guayaba en

territorio nacional excluyendo a la guayaba para procesamiento industrial, es que la fruta presente una consistencia firme. En el estudio de Mendoza *et al.* (2005), reporta para las zonas productoras de guayaba en el estado de Michoacán, climas que van desde Tropical subhúmedo muy cálido que corresponde donde se ubica el sitio a 533 msnm, Subtropical subhúmedo cálido corresponde para los sitios a 1251 msnm y 1659 msnm, hasta Subtropical subhúmedo templado que corresponde donde se ubica el sitio 2030 msnm.

Cuadro 1. Cuestionario a productores

Pregunta / Sitio	533 msnm	1251 msnm	1659 msnm	2030 msnm
Nombre del productor	René Jiménez	Ciriaco Tello Hinojosa	Adrian Alvarado	Octavio Valdez Sánchez
Localidad	Hichachico, Municipio de Nuevo Urecho	La Vega, Municipio de Jungapeo	El Cerrito, Municipio de Jungapeo	Ejido de Zirahuato
Especie	“Media china”	“Media china”	“Media china”	“Media china”
Superficie plantada	3/4 Hectárea	1 Hectárea	1 3/4 Hectárea	1 Hectárea
Altitud	533 msnm	1251 msnm	1659 msnm	2030 msnm
Latitud	19° 12' 26.37'' N 101° 52' 35.06'' W	19° 27' 21.52'' N 100° 30' 4.22'' W	19° 28' 38.51'' N 100° 28' 28.43'' W	19° 29' 59.09'' N 100° 25' 5.96'' W
Tipo de poda	Fructificación y formación	Fructificación y formación	Fructificación y formación	Formación
Número de podas al año	2	Al término de cada ciclo productivo	1 a 2	1
Meses en que realiza la poda	Al término de cada ciclo productivo	Al término de cada ciclo productivo	Agosto	Mayo
Uso a los residuos de la poda	Ninguno	Ninguno	Amontonado en la base del árbol	Ninguno, se queman y desechan
Árboles por hectárea	250	400	650	700
Edad de la huerta	5 años	23 años	8 años	11 años
Tipo de fertilizante que usa	Sulfato de amonio y Triple 17	Sulfato de amonio, Superfosfato simple de calcio, Urea, y 18-46-0	Sulfato de amonio, Súper calcio y 18-46-0	Triple 17

Mes en que aplica el fertilizante	A la semana después de apodar	Inicio de cada ciclo productivo, cuando termina de amarrar el fruto y a medio ciclo	Agosto	Julio-Agosto
Usa biofertilizantes	No	Ocasionalmente composta	Guano con micorrizas	No
Época de floración	Septiembre	1.5 meses posterior a la poda.	Noviembre	Mayo-Junio
Época de mayor producción	Junio-Julio	7 meses después de la poda.	Mayo	Diciembre
Tipo de riego	Rodada	Rodada	Rodada	Goteo
Meses de riego.	Septiembre	Octubre-mayo	Noviembre-Mayo	Diciembre a Mayo 2 hrs por semana
Realiza estrés hídrico	Sí	Sí	No	No
Realiza defoliación	No	Una vez hace 10 años	No	No
Conocimiento de los beneficios de la planta o fruto	Hojas: En té para problemas gastrointestinales y malestares por consumo de alcohol.	Contiene grandes cantidades de vitamina C, lo que otorga grandes beneficios al sistema inmunológico, es altamente digestiva, entre otras propiedades benéficas	Fruto: Rica en vitamina C	No
Cree poder comercializar otras partes del árbol a parte de la fruta	No	Sí. La madera	No	No

Trabajo de laboratorio

Composición química básica de hojas y ramas

Contenido de Humedad ramas.

El contenido de humedad en las ramas (Figura 1 y Cuadro 2) resultó estadísticamente igual, al momento de realizar las diferentes pruebas de composición química.

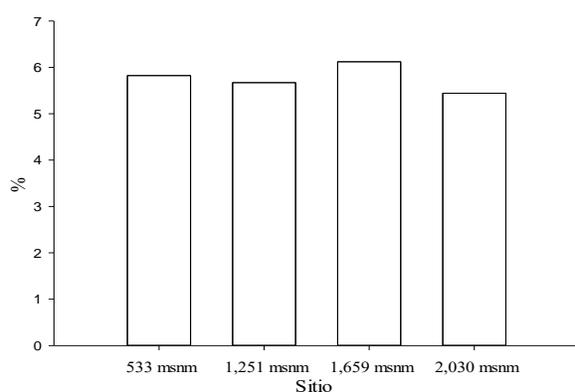


Figura 1. Porcentaje de C. H. en ramas

Cuadro 2. Porcentaje de C. H. en ramas

Sitio	C.H. ramas
533 msnm	5.82a
1,251 msnm	5.67a
1,659 msnm	6.12a
2,030 msnm	5.44a
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

Contenido de Humedad en hojas.

El contenido de humedad en las hojas (Figura 2 y Cuadro 3) resultó estadísticamente igual al momento de realizar las diferentes pruebas.

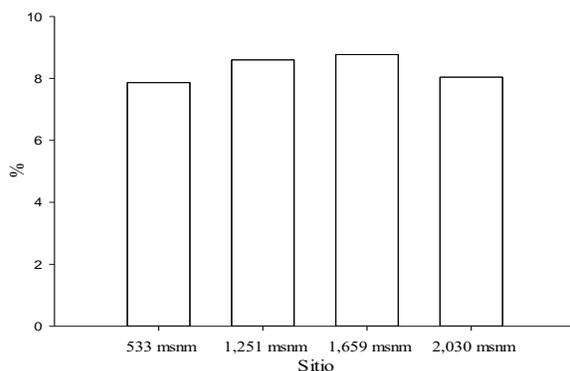


Figura 2. Porcentaje de C.H. en hojas

Cuadro 3. Porcentaje de C.H. en hojas

Sitio	C.H. hojas
533 msnm	7.86a
1,251 msnm	8.60a
1,659 msnm	8.76a
2,030 msnm	8.04a
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

Sustancias extraíbles en ramas

Al comparar los rendimientos de las extracciones en las ramas por solvente (Figura 3 y Cuadro 4), el rendimiento con agua fue el más alto, los rendimientos de las extracciones en la fracción de metanol comparado con los otros solventes, fue el único que no tuvo diferencias significativas entre sitios. Al comparar la suma total de los rendimientos con los diferentes solventes por sitio, el rendimiento total más alto fue el sitio 2030 msnm seguido del sitio 1251. En el trabajo que realizó Hindi. (2012), se reporta que en la madera de ramas de *Psidium guajava* por pirólisis se obtiene un 12.6 % de extraíbles, este porcentaje se asemeja a la suma total que se obtuvo en ramas en el sitio 533 msnm.

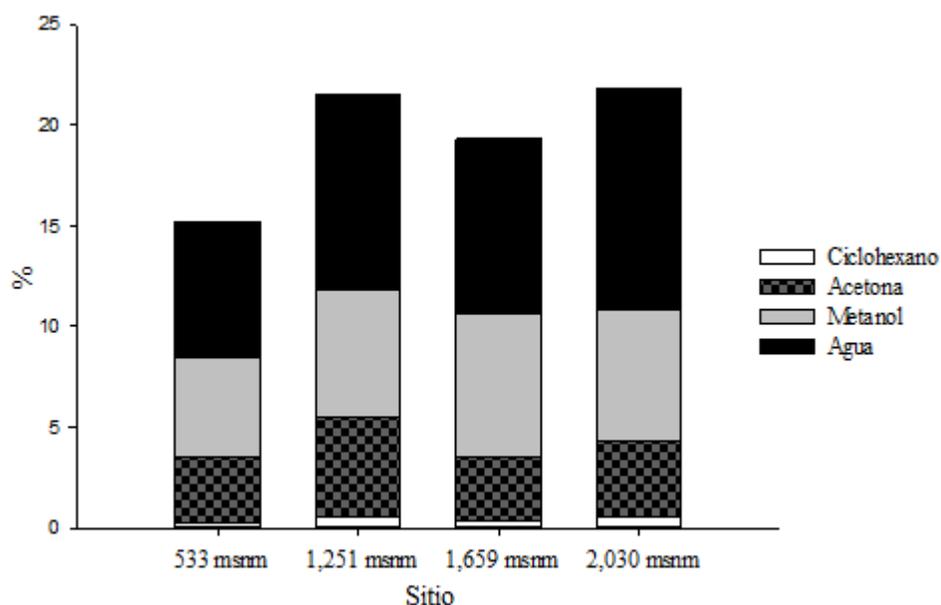


Figura 3. Porcentaje de extraíbles total y por solvente en ramas

Cuadro 4. Porcentaje de extraíbles total y por solvente en ramas

Sitio / Solvente	Ciclohexano	Acetona	Metanol	Agua	% Total
533 msnm	0.22a	3.27a	4.95a	6.77a	15.21
1,251 msnm	0.52b	4.95b	6.38a	9.69b,c	21.54
1,659 msnm	0.38c	3.18a	7.05a	8.7a,b	19.31
2,030 msnm	0.54b	3.73c	6.59a	10.92c	21.78
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) Total es la suma por sitio de los diferentes solventes					

Sustancias extraíbles en hojas

El rendimiento de extraíbles en las hojas (Figura 4 y Cuadro 5) fue más alto que en las ramas, presentándose también en los resultados de las hojas, al igual que en las ramas, que las extracciones con agua fueron las de mayor rendimiento. El rendimiento total más bajo se obtuvo en el sitio 1,659 msnm, mientras que los tres sitios restantes los rendimientos totales son muy parecidos. Moura *et al.* (2012), obtuvieron rendimientos de extraíbles en hojas de guayaba en promedio del 21% mediante equipo Soxhlet utilizando únicamente etanol, tales resultados se asemejan a los obtenidos en la fracción agua en los sitios 533 msnm y 1,251 msnm.

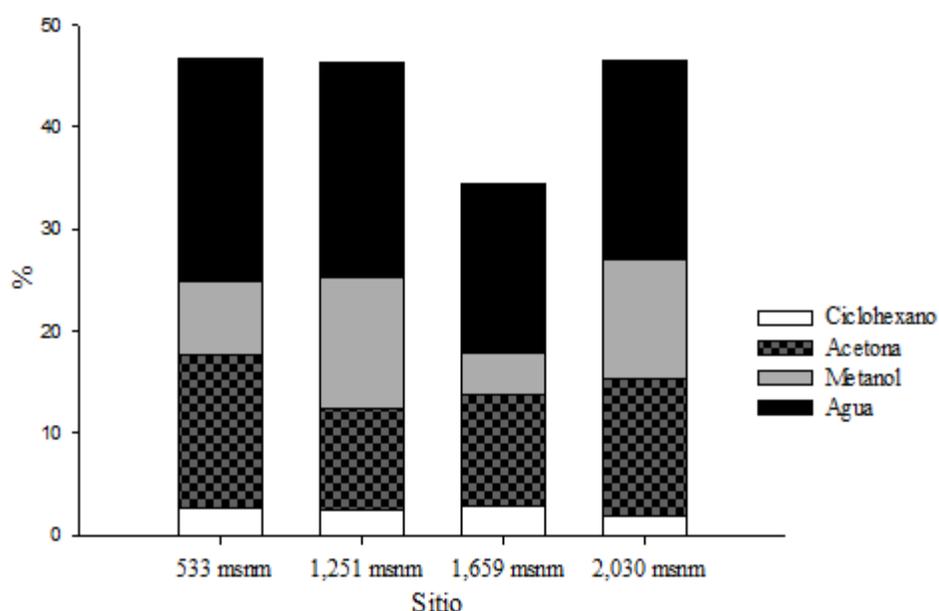


Figura 4. Porcentaje de extraíbles total y por solvente en hojas

Cuadro 5. Porcentaje de extraíbles total y por solvente en hojas

Sitio / Solvente	Ciclohexano	Acetona	Metanol	Agua	% Total
533 msnm	2.59a	15.15a	7.13a	21.73a	46.60
1,251 msnm	2.48a	9.95b	12.75b	21.13b	46.31
1,659 msnm	2.85a	10.85b	4.25c	16.44c	34.39
2,030 msnm	1.97b	13.39a	11.73b	19.45d	46.54
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) Total es la suma por sitio de los diferentes solventes					

pH en ramas con extraíbles y sin extraíbles

El pH de las ramas con extraíbles (Figura 5 y Cuadro 6) es muy similar al pH de las ramas sin extraíbles (Figura 6 y Cuadro 7), el pH más alto en ramas con extraíbles se obtuvo en el sitio 2,030 msnm y 1,659 msnm siendo estadísticamente iguales, observándose una tendencia lineal, entre la altitud y el pH. Mientras que para las ramas sin extraíbles el pH más alto fue en el sitio 1,251 msnm, 1,659 msnm y 2,030 msnm siendo los tres estadísticamente iguales, el valor de pH para las ramas con y sin extraíbles es débilmente ácido. Rowell *et al.* (2005), reportan que en general el pH de la corteza es menor a la de la madera debido al alto contenido de inorgánicos en la corteza, comentando también que el pH de la corteza disminuye ligeramente con la edad del árbol y que en promedio el pH de la madera es de 4.7 aproximadamente. Fengel y Wegener (1989), reportan que el pH de las maderas tropicales se encuentra en el rango de débilmente ácido a débilmente alcalino (3.7 – 8.2) y que el grado de acidez de la madera se ve afectado por la presencia de grupos ácidos y ácidos libres predominando ácido acético y grupos acetilo, comentando también que el pH se ve influenciado por la cantidad y el tipo de extraíbles. Debido a que en el presente estudio las ramas se molieron sin separar la madera de la corteza, los valores en las ramas corresponde a la mezcla de estos materiales.

Cuadro 6. pH en ramas con extraíbles

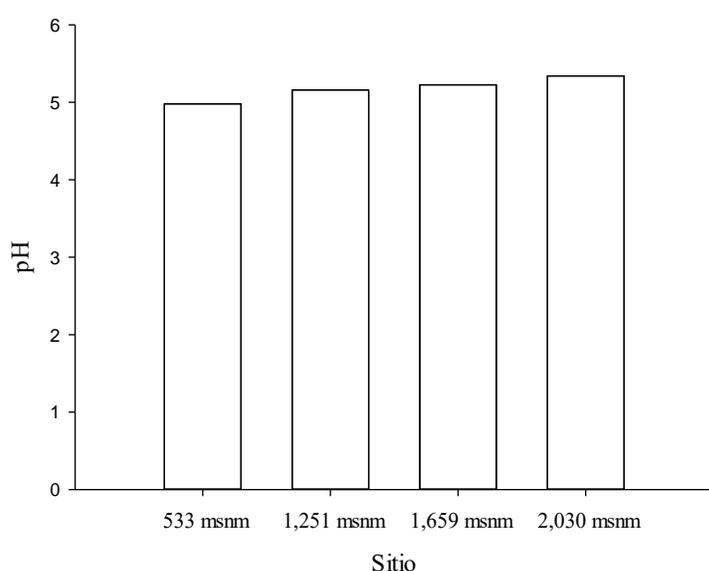


Figura 5. pH en ramas con extraíbles

Sitio	pH ramas con extraíbles.
533 msnm	4.98a
1,251 msnm	5.16b
1,659 msnm	5.23b,c
2,030 msnm	5.34c
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

Cuadro 7. pH en ramas sin extraíbles

Sitio	pH ramas sin extraíbles.
533 msnm	5.16a
1,251 msnm	5.18a,b
1,659 msnm	5.29b
2,030 msnm	5.26a,b
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

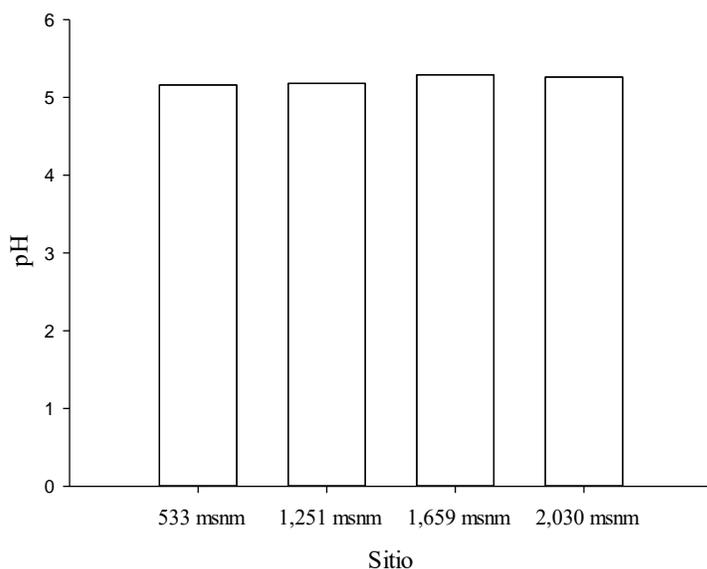


Figura 6. pH en ramas sin extraíbles

pH en hojas con extraíbles y sin extraíbles

El pH de las hojas con extraíbles (Figura 7 y Cuadro 8) es muy similar al pH de las hojas sin extraíbles (Figura 8 y Cuadro 9), el pH más alto para hojas con extraíbles es para el sitio 1,659 msnm el cual es estadísticamente diferente a los otros tres. No se dispuso de literatura para el pH en hojas de guayaba.

Cuadro 8. pH en hojas con extraíbles

Sitio	pH hojas con extraíbles.
533 msnm	5.33a
1,251 msnm	5.54a
1,659 msnm	5.88b
2,030 msnm	5.40a
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

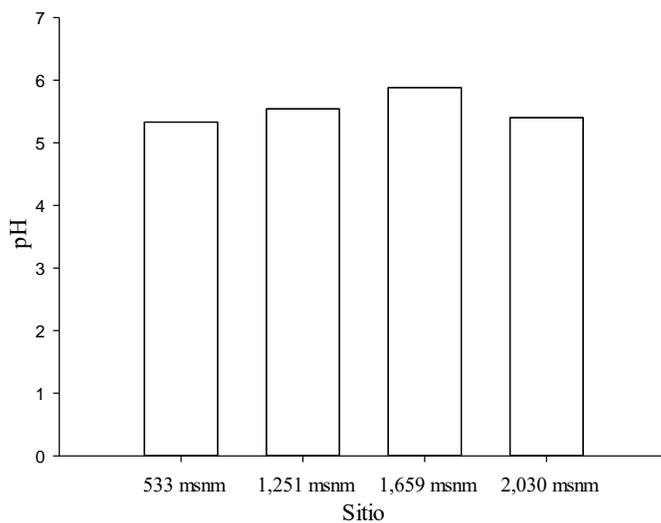
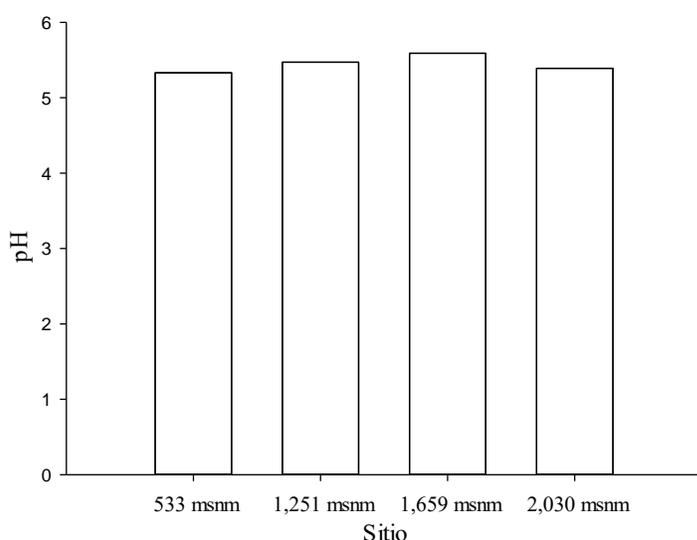


Figura 7. pH en hojas con extraíbles

Cuadro 9. pH en hojas sin extraíbles



Sitio	pH hojas sin extraíbles.
533 msnm	5.33a
1,251 msnm	5.47b
1,659 msnm	5.59c
2,030 msnm	5.39d
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

Figura 8. pH en hojas sin extraíbles

Sustancias inorgánicas ramas

El contenido de cenizas más alto que se tuvo en ramas (Figura 9 y Cuadro 10) corresponde al sitio 2,030 msnm, el cual es estadísticamente diferente que los otros tres sitios, además de ser el sitio ubicado a mayor altitud, existe una probable influencia de la altitud en el contenido de cenizas, ya que al comparar el sitio de mayor altitud con el de menor altitud existe una diferencia estadística. Martínez *et al.* (2012), reportan un contenido de cenizas en la corteza de árboles de guayaba del 5.76%, este resultado no se asemeja a los obtenidos en el presente trabajo muy probablemente por la diferencia de materiales utilizados, ya que ese estudio se redujo solamente a corteza y en este caso fue madera y corteza de las ramas. Hindi., (2012) reporta que en la madera de ramas de *Psidium guajava* obtuvo un 1.21% de cenizas por pirolisis, siendo este valor parecido con los resultados obtenidos en el presente trabajo en el sitio 533 msnm en ramas. Wegner *et al.* (1989), y Rowell *et al.* (2005), reportan que la madera tiene contenidos de ceniza en el rango de porcentaje de 0.3 – 0.5%. Fengel y Wegener (1989), reportan porcentajes de contenidos de cenizas para corteza externa de 8.9 – 12.3%, corteza interna de 11.1 – 13.1% y para albura de 0.5 - 0.9%. Al comparar los resultados que se obtuvieron en el presente estudio para las ramas con otros autores se puede ver que no se asemejan los valores, por lo que se puede considerar que el

contenido de cenizas en las ramas es más bajo que el reportado para madera y corteza debido a que las ramas obtenidas en las podas tiene menos tiempo de vida, muy probablemente si se realizara el estudio en la madera y corteza de los tallos de los árboles de guayaba el valor aumentaría.

ramas

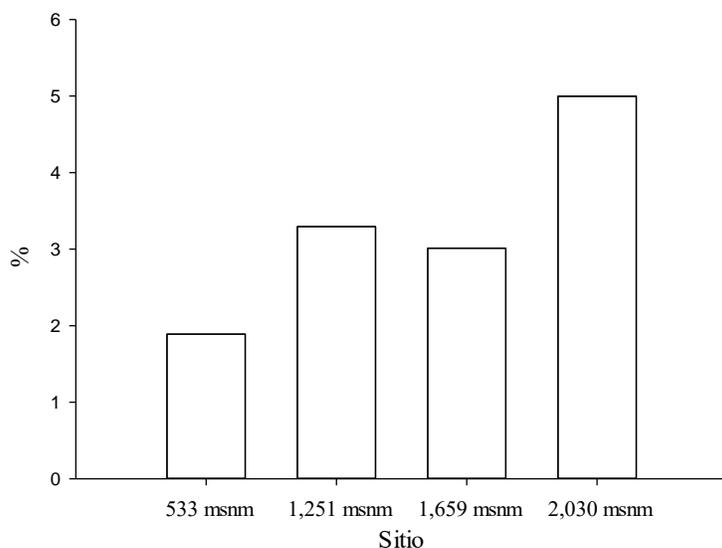


Figura 9. Porcentaje de cenizas en ramas

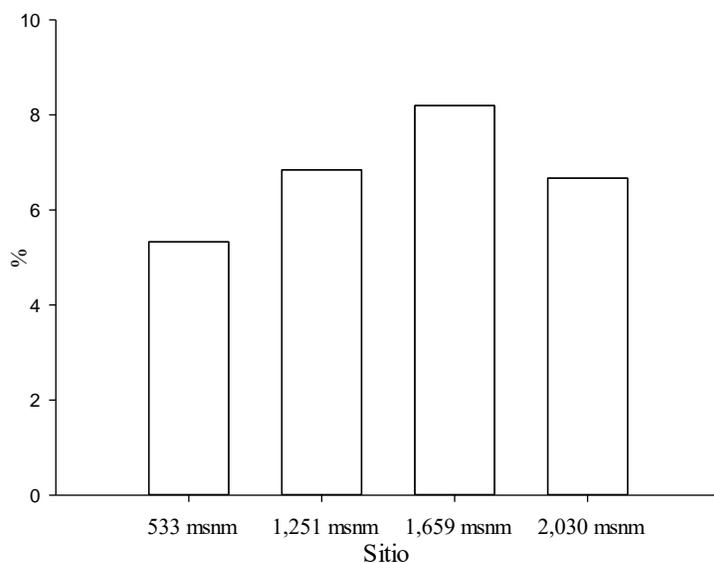
Cuadro 10. Porcentaje de cenizas en

Sitio	Cenizas ramas.
533 msnm	1.87a
1,251 msnm	3.25b
1,659 msnm	2.99b
2,030 msnm	4.94c
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

Sustancias inorgánicas hojas

El sitio con mayor cantidad de cenizas en las hojas (Figura 10 y Cuadro 11) fue el sitio 1,659 msnm siendo estadísticamente diferente respecto a los otros tres sitios. El mayor contenido de cenizas en las biomásas estudiadas (hojas y ramas) fue en las hojas, al comparar el contenido de cenizas en hojas respecto a las ramas se puede apreciar que el contenido máximo de cenizas en ramas es aproximadamente la cantidad mínima en hojas, una de las probables razones por la que existe mayor contenido en hojas que en ramas, es debido a que al existir mayor cantidad de polifenoles y estos tener capacidad quelante, atrapan los metales, además que en las hojas se lleva a cabo la transformación de los nutrientes.

Cuadro 11. Porcentaje de cenizas en hojas



Sitio	Cenizas hojas
533 msnm	5.33a
1,251 msnm	6.84b
1,659 msnm	8.20c
2,030 msnm	6.67b
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

Figura 10. Porcentaje de cenizas en hojas

Microanálisis de las sustancias inorgánicas de ramas y hojas

El cuadro 12 muestra el resultado del microanálisis de las cenizas de ramas y hojas de *Psidium guajava* L. Se observa variación en el número de elementos químicos detectados: en las ramas procedentes de la huerta ubicada a 1,659 msnm se detectaron 6 elementos químicos, mientras que en las hojas procedentes de los árboles de la huerta ubicada a 533 msnm se encontraron 9 elementos químicos. Los elementos de mayor concentración en todas las muestras fueron potasio y calcio. La concentración de potasio fue mayor en las ramas que en las hojas. La mayoría de los elementos químicos detectados en las ramas han sido reportados previamente en otras maderas y cortezas (Cutter *et al.* 1980; Fengel y Wegener 1989). Dhiman *et al.* (2011) también encontraron magnesio y calcio en hojas de *P. guajava*. Es importante señalar que no se detectaron metales pesados en las muestras estudiadas. Este material rico en sustancias inorgánicas es atractivo para ser usado como composta, puesto que las sustancias minerales son importantes para las plantas (Restrepo y Pinheiro 2009).

Cuadro 12 Resultado del microanálisis de la biomasa de *P. guajava* (%)

asnm	Material	F	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca
533	Ramas	ND	ND	9.37 ±0.69	0.09 ±0.05	0.40 ±0.26	8.88 ±0.79	2.92 ±0.0	0.08 0.17	52.10 ±1.37	26.17 ±1.16
	Hojas	6.79 ±1.19	ND	15.51 ±1.86	0.27 ±0.07	9.02 ±1.89	6.23 ±0.88	3.09 ±0.70	0.49 ±0.17	30.03 ±5.61	28.55 ±5.92
1251	Ramas	ND	0.52 ±0.29	8.14 ±1.25	0.03 ±0.03	ND	7.71 ±0.59	2.45 ±0.17	0.32 ±0.05	47.29 ±2.42	33.44 ±2.85
	Hojas	ND	ND	9.93 ±0.89	ND	7.67 ±3.27	7.38 ±1.35	2.97 ±1.74	1.85 ±0.26	44.94 ±0.39	25.26 ±2.30
1659	Ramas	ND	ND	11.12 ±0.48	ND	0.15 0.15	8.46 ±0.98	3.70 ±0.47	ND	46.08 ±0.96	30.49 ±2.23
	Hojas	ND	ND	13.98 ±1.90	ND	12.75 ±1.53	6.16 ±0.72	5.12 ±0.58	0.38 ±0.07	24.96 ±2.01	36.64 ±3.49
2030	Ramas	7.01 1.67	ND	7.57 ±0.56	ND	0.21 ±0.10	4.90 ±1.12	2.79 ±0.51	0.71 ±0.17	43.11 ±8.26	33.39 ±7.93
	Hojas	12.82 1.58	ND	7.02 ±1.77	ND	5.86 ±1.01	6.10 ±1.91	4.66 ±1.30	0.93 ±0.25	42.53 ±8.83	19.76 ±4.14

ND= No detectado

Porcentaje de lignina en ramas y hojas

Al comparar la cantidad de lignina entre ramas (Figura 11 y Cuadro 13) y hojas (Figura 12 y Cuadro 14) se observa que en las hojas se obtuvo la mayor cantidad de lignina, siendo hasta el doble de la cantidad de lignina en las hojas respecto a las ramas.

Al comparar por sitios en la cantidad de lignina en ramas, los sitios 2, 030 msnm y 1, 251 msnm son los más altos en el contenido y estadísticamente iguales, seguido de los otros dos sitios que también son estadísticamente semejantes.

Hindi. (2012), reporta que en la madera de ramas de *Psidium guajava* por pirólisis obtuvo un porcentaje de lignina del 27.1% asemejándose con el sitio 2,030 msnm en el contenido de lignina en ramas. Fengel y Wegener (1989) reportan contenidos de lignina para madera en rangos de porcentaje de 20 – 40%. Mientras Rowell *et al.* (2005), reportan rangos de porcentaje para madera de latifoliadas entre 25 – 35%. Los porcentajes de lignina obtenidos para ramas están dentro de los rangos reportados para madera, sin embargo no se encontró literatura donde especifiquen contenidos de lignina en hojas.

Cuadro 13. Porcentaje de lignina en ramas

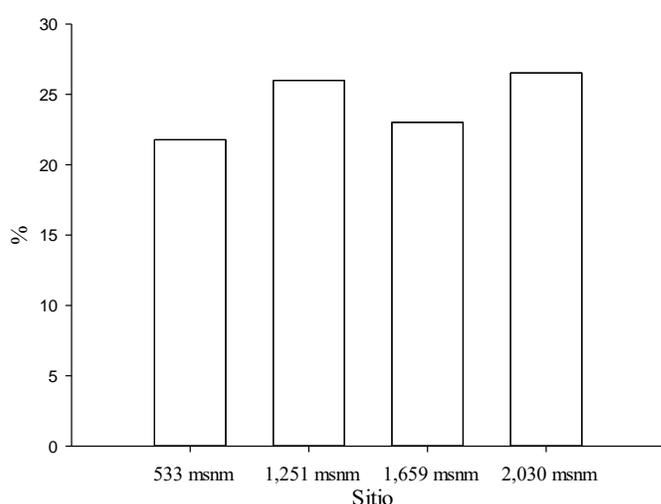


Figura 11. Porcentaje de lignina en ramas

Sitio	Lignina ramas
533 msnm	21.77a
1,251 msnm	25.99b
1,659 msnm	23.01a
2,030 msnm	26.52b
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

Cuadro 14. Porcentaje de lignina en hojas

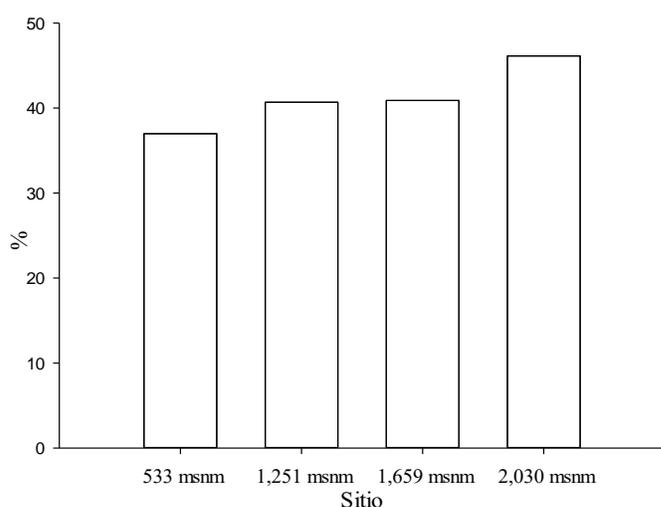


Figura 12. Porcentaje de lignina en hojas

Sitio	Lignina hojas
533 msnm	36.98a
1,251 msnm	40.68b
1,659 msnm	40.89b
2,030 msnm	46.12c
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

Porcentaje de holocelulosa en ramas

El mayor contenido de holocelulosa se obtuvo en las ramas (Figura 13 y Cuadro 15), respecto al contenido de holocelulosa en hojas (Figura 14 y Cuadro 16). Mientras que al comparar por sitios en el contenido de holocelulosa en ramas, los sitios 533 msnm y 1,659 msnm resultaron con los mayores contenidos de holocelulosa siendo estadísticamente iguales.

Rowell *et al.* (2005), refieren que la cantidad de holocelulosa en madera es de 65 – 70%, Usta y Kara (1997) reportan un porcentaje en el contenido de holocelulosa para la especie *Cedrus libani* A. Rich en la albura de 72.24%, duramen de 67.55%, corteza interna de 64.14% y en corteza externa de 58.50%. Lima *et al.* (2012), reportan porcentajes de holocelulosa para cuatro coníferas, encontrando valores elevados en albura y duramen de las cuatro especies con un rango de 75.08 - 82.3%. No se encontró información referente a la holocelulosa en ramas de *Psidium guajava* L, sin embargo se puede ver que los contenidos encontrados en el presente trabajo coinciden con los reportados en las coníferas. Al analizar la Figura 13 se podría considerar que la tendencia en la cantidad de holocelulosa respecto a la altitud es inversa.

Cuadro 15. Porcentaje de holocelulosa en ramas

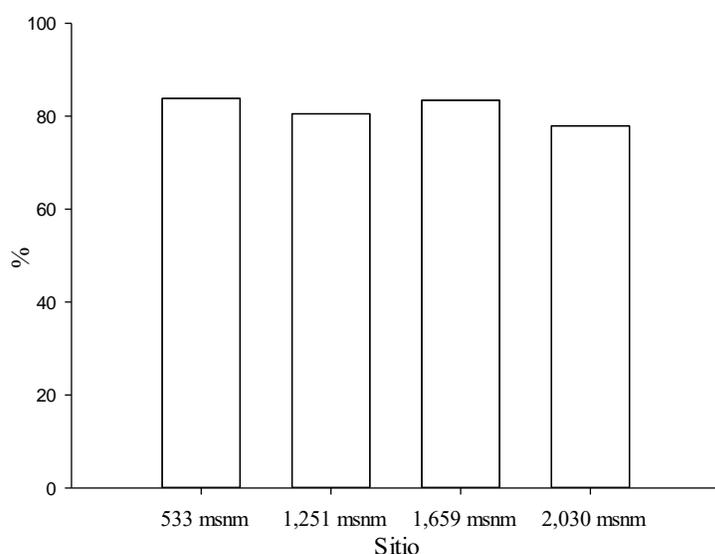


Figura 13. Porcentaje de holocelulosa en ramas

Sitio	Holocelulosa ramas
533 msnm	83.81a
1,251 msnm	80.51b
1,659 msnm	83.41a
2,030 msnm	77.91c
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

Porcentaje de holocelulosa en hojas

En la comparación de los contenidos de holocelulosa en hojas (Figura 14 y Cuadro 16), el sitio 533 msnm fue el que tuvo el mayor contenido seguido del sitio próximo ubicado a 1,251 msnm, ambos están estadísticamente diferentes, por último los dos sitios restantes, siendo estos sitios los de mayor altitud, resultaron ser estadísticamente iguales, con las cantidades más bajas. Se observó que en las ramas al igual que en las hojas, la cantidad de holocelulosa, presenta un tendencia lineal inversa a la altitud, sin embargo, esta tendencia es más clara en las hojas que en las ramas. En la literatura encontrada se carece de información sobre la cantidad de holocelulosa para hojas.

Cuadro 16. Porcentaje de holocelulosa en hojas

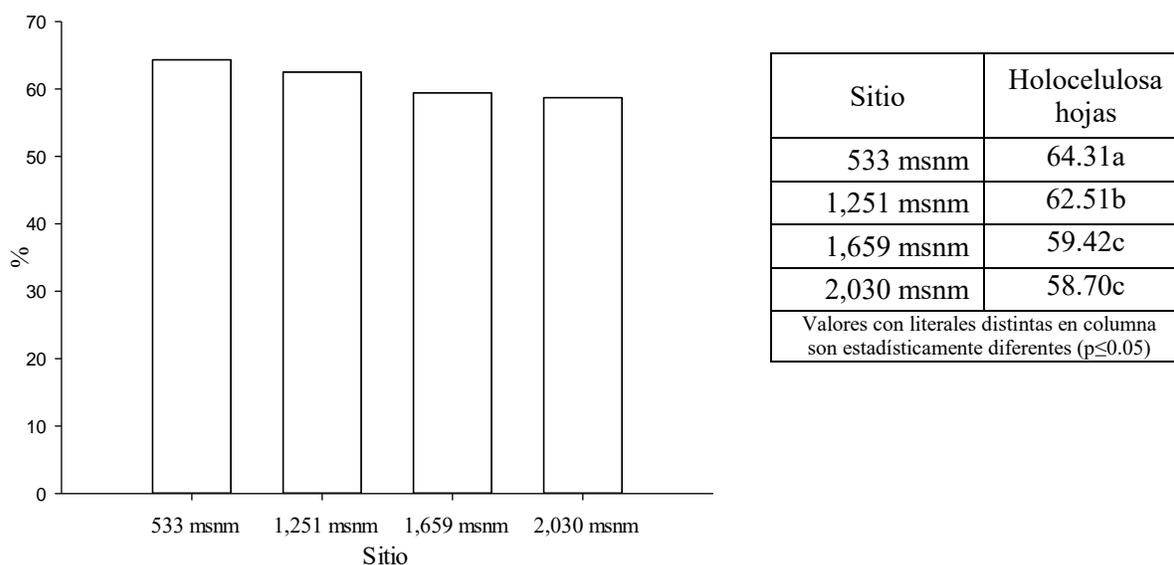


Figura 14. Porcentaje de holocelulosa en hojas

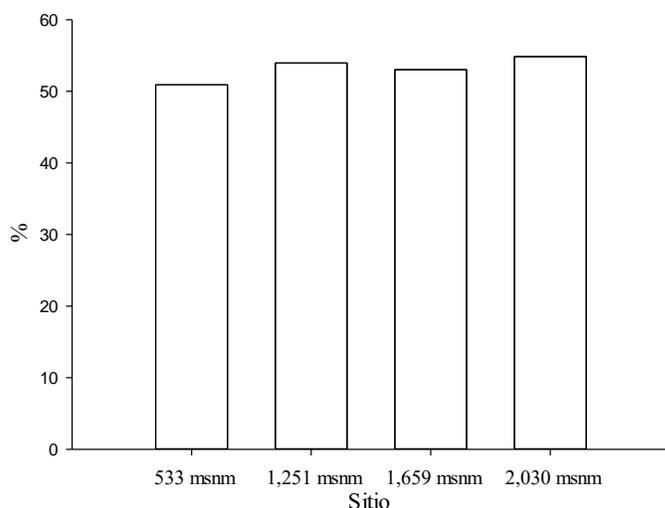
Porcentaje de α -celulosa en ramas y hojas

El contenido de alfacelulosa al compararse entre ramas (Figura 15 y Cuadro 17) y hojas (Figura 16 y Cuadro 18) y se puede apreciar una similitud. Tanto en ramas como en hojas los sitios 1,251 msnm y 2,030 msnm presentaron la mayor cantidad de alfacelulosa, siendo estadísticamente diferentes a los otros sitios. Si se compara el sitio más bajo 533 msnm con el sitio más alto en ambos materiales (ramas y hojas) se podría considerar que la altitud respecto al contenido de alfa celulosa es proporcional, en otras palabras el sitio más bajo

tiene la menor cantidad alfacelulosa y el sitio más alto tiene la mayor cantidad de alfacelulosa.

Räisänen y Athanassiadis (2013) reportan del 33.3% de celulosa para ramas de abedul, considerando tanto madera y corteza, este porcentaje es bajo comparado con los obtenidos en el presente estudio para ambos materiales (ramas y hojas). En la evaluación de la composición química para cuatro especies de coníferas que realizaron Lima *et al.*, (2012) reportan que el contenido de α -celulosa es menor en la corteza respecto al duramen y albura, obteniendo rangos para la corteza de 71.93 – 81.76% y para la albura y duramen de 75.40 – 83.22%, estos porcentajes son altos respecto a los resultados en el presente estudio tanto para ramas como para hojas. En la literatura encontrada se carece de información que haga referencia al contenido de alfacelulosa en hojas, ramas, madera o corteza de *Psidium guajava* L.

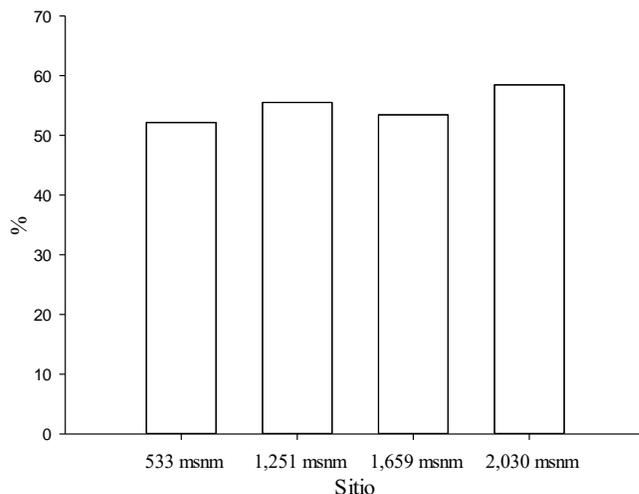
Cuadro 17. Porcentaje de α -celulosa en ramas



Sitio	Alfacelulosa ramas
533 msnm	50.89a
1,251 msnm	53.94b,c
1,659 msnm	53.01b
2,030 msnm	54.84c
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

Figura 15. Porcentaje de α -celulosa en ramas

Cuadro 18. Porcentaje de α -celulosa en hojas



Sitio	Alfacelulosa hojas
533 msnm	52.15a
1,251 msnm	55.51b
1,659 msnm	53.43a
2,030 msnm	58.46c
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

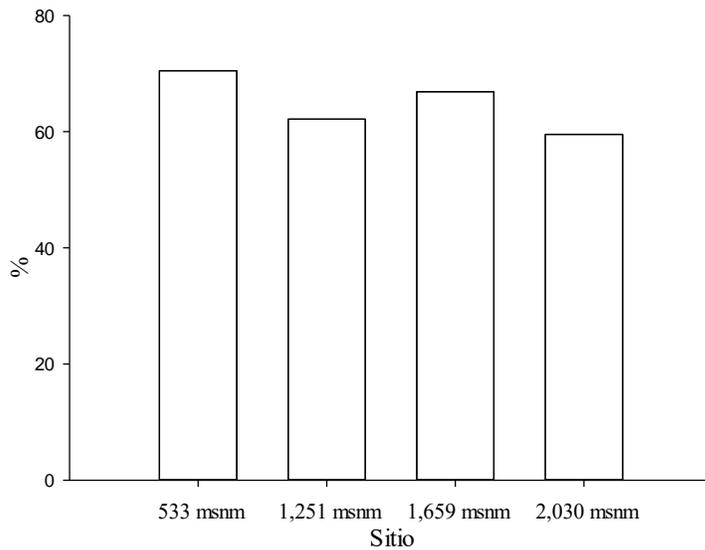
Figura 16. Porcentaje de α -celulosa en hojas

Solubilidad en sosa de ramas y hojas

Entre las ramas (Figura 17 y Cuadro 19) y las hojas (Figura 18 y Cuadro 20) el material que presentó mayor solubilidad en la sosa fue el de las ramas. El sitio con mayor solubilidad en la sosa en las ramas fue el 533 msnm siendo estadísticamente diferente respecto a los otros tres sitios y por otro lado para las hojas el sitio con mayor solubilidad se obtuvo en el sitio 1,659 msnm también siendo estadísticamente diferente a los otros tres sitios.

En la literatura encontrada se carece de información que haga referencia a la solubilidad en NaOH 1% en hojas. Usta y Kara (1997) reportan solubilidad en NaOH 1% para *Cedrus libani* A. Rich en albura de 13.89%, duramen de 19.50%, corteza interna de 34.23% y corteza externa de 45.16% estos resultados de la corteza interna y corteza externa son aproximadamente la mitad a los obtenidos en el presente estudio en ramas y se asemejan a los obtenidos en hojas. Bernabé *et al.* (2013), estudiarón la solubilidad en la sosa para madera de cinco especies de pinos reportando porcentajes de solubilidad de 17.9 – 25.4%, estos resultados se aproximan a los obtenidos en el presente estudio en hojas en el sitio más alto 2,030 msnm.

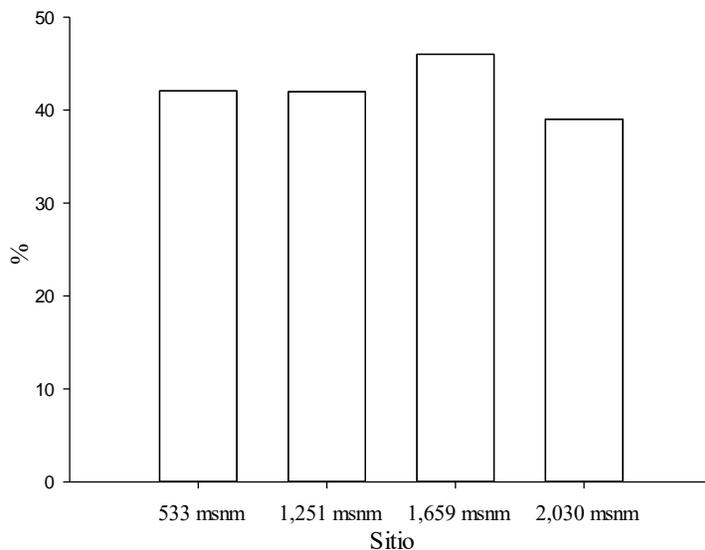
Cuadro 19. Porcentaje de solubilidad en NaOH en ramas



Sitio	Solubilidad en NaOH ramas
533 msnm	70.49a
1,251 msnm	62.16b
1,659 msnm	66.87c
2,030 msnm	59.54d
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

Figura 17. Porcentaje de solubilidad en NaOH en ramas

Cuadro 20. Porcentaje de solubilidad en NaOH en hojas



Sitio	Solubilidad en NaOH hojas
533 msnm	42.06a
1,251 msnm	41.98a
1,659 msnm	46.00b
2,030 msnm	39.01a
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

Figura 18. Porcentaje de solubilidad en NaOH en hojas

Taninos en ramas extracto acuoso

En los resultados de las pruebas en el extracto acuoso en ramas (Figura 19 y Cuadro 21) se puede observar que tres de los cuatro sitios comparables resultaron con el mayor extracto total quedando el sitio 533 msnm con el menor rango. Mientras tanto en el número de

Stiasny y en el porcentaje de Taninos, el sitio 1, 251 msnm fue el que resultó con los más altos valores en comparación con el resto. Rosales *et al.* (2009), en el extracto acuoso de corteza de ocho pinos obtuvieron rendimientos totales de 2.23 – 10.61% y para el número de Stiasny porcentajes de 30.00 – 80.00%; los resultados en el extracto total y número de Stiasny obtenidos en el extracto acuoso en ramas, están dentro de los rangos reportados para la corteza de pino. Vázquez *et al.* (1999), reportan un porcentaje de taninos en corteza de 11 al 30% estos resultados son muy altos comparado con los resultados obtenidos en ramas. En el estudio que realizaron Bernabé *et al.* (2013), sobre los componentes químicos de cinco especies de pino, utilizaron dos tamaños de partícula, concluyendo que el tamaño de partícula tiene un efecto significativo en el extracto total y porcentaje de taninos, por lo que se podría considerar que al utilizar un tamaño de partícula diferente podría repercutir en los resultados de las diferentes pruebas.

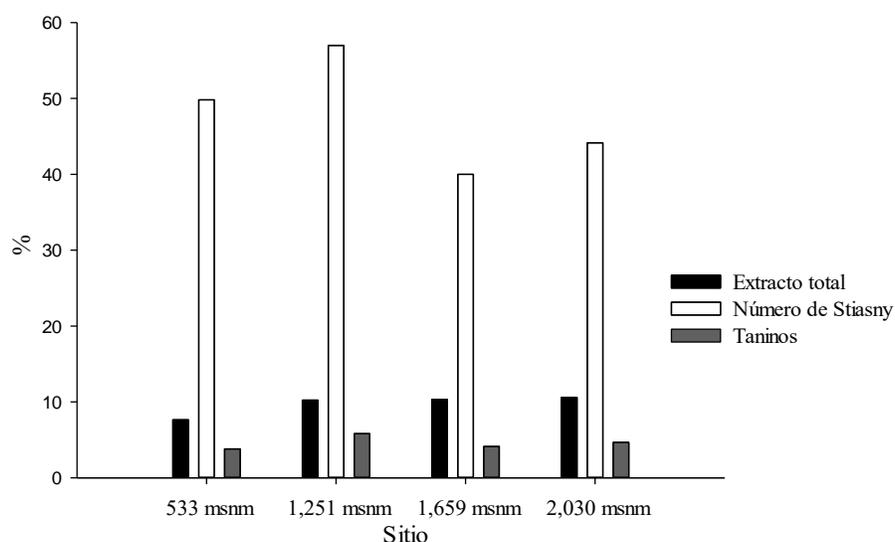


Figura 19. Taninos extracto acuoso en ramas

Cuadro 21. Taninos extracto acuoso en ramas

Extracto acuoso en ramas			
Sitio / Prueba	Extracto total	Número de Stiasny	Taninos
533 msnm	7.65a	49.82a,b	3.81a
1,251 msnm	10.24b	57.97b	5.82b
1,659 msnm	10.33b	39.99c	4.13a
2,030 msnm	10.59b	44.14a,c	4.67c
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)			

Taninos en ramas extracto etanólico

En el reporte del rendimiento total en el extracto etanólico en ramas (Figura 20 y Cuadro 22) se puede observar a el sitio 2,030 msnm con el mayor valor tiene una semejanza estadística al sitio 1,251 msnm, siendo estos dos los más altos que el resto. Mientras que en los valores de Stiasny y taninos el sitio 1,251 msnm, registró el mayor porcentaje en comparación con los demás, siendo este sitio, el que también destacó en el porcentaje de estos mismos valores, en la extracción acuosa. Rosales *et al.* (2009), obtuvieron rendimientos totales en extracto etanólico en la corteza de ocho pinos entre 6.66 – 19.39% y para el número de Stiasny obtuvieron porcentajes de 49.00 – 85.00%, los resultados aquí obtenidos para extracto total y número de Stiasny en el extracto etanólico en ramas, están dentro del rango reportado para la corteza de pino. Burkil (1997), reporta para *Psidium guajava* un porcentaje del contenido de taninos en corteza del 12 – 30% estos porcentajes son altos comparados con los que se obtuvieron en las ramas, tanto en el extracto acuoso y como el extracto etanólico

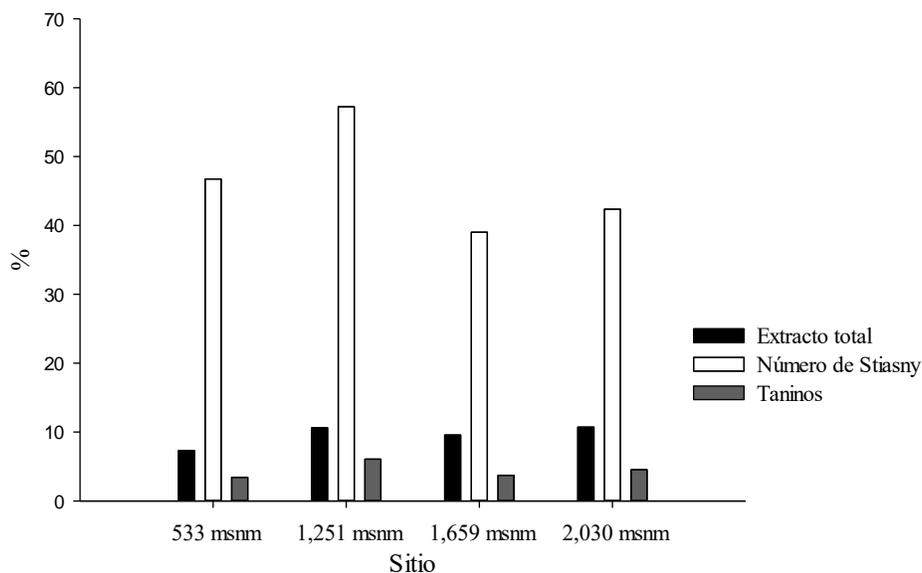


Figura 20. Taninos extracto etanólico en ramas

Cuadro 22. Taninos extracto etanólico en ramas

Extracto etanólico en ramas			
Sitio / Prueba	Extracto total	Número de Stiasny	Taninos
533 msnm	7.32a	46.73a	3.42a
1,251 msnm	10.62b	57.22b	6.08b
1,659 msnm	9.57c	39.02c	3.73a
2,030 msnm	10.71b	42.34c	4.53c

Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Taninos en hojas extracto acuoso

Respecto al extracto acuoso en hojas (Figura 21 y Cuadro 23), el sitio 533 msnm resultó con los valores más altos en el extracto total siendo estadísticamente diferente al resto de los sitios. Mientras que en el número de Stiasny y taninos el sitio 1, 251 msnm registró los valores más altos, recordando que este mismo sitio en los extractos acuosos y etanólicos de ramas también registró los porcentajes más altos.

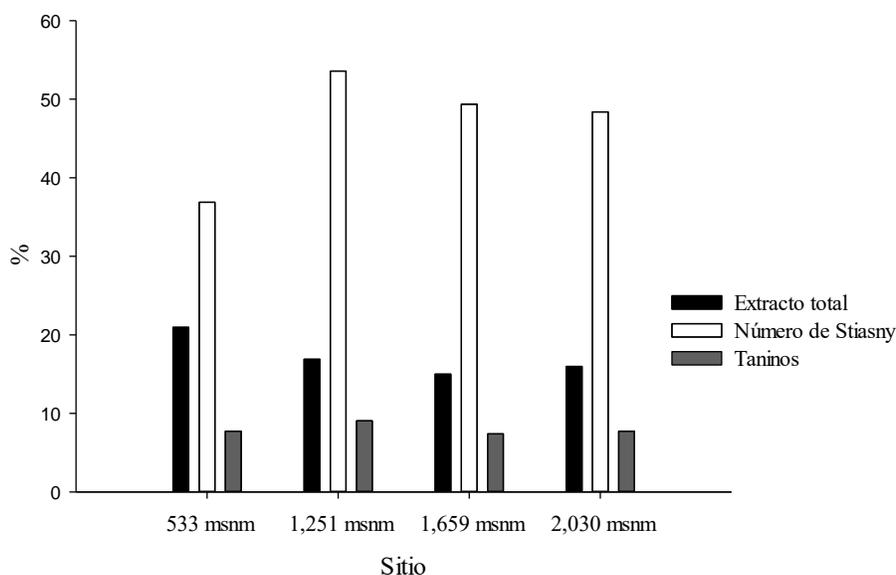


Figura 21. Taninos extracto acuoso en hojas

Cuadro 23. Taninos extracto acuoso en hojas

Extracto acuoso en hojas			
Sitio / Prueba	Extracto total	Número de Stiasny	Taninos
533 msnm	20.95a	36.88a	7.73a
1,251 msnm	16.90b	53.57b	9.06b
1,659 msnm	14.99c	49.36c	7.40a
2,030 msnm	15.97c,b	48.38c	7.73a

Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Taninos en hojas extracto etanólico

Los resultados en las pruebas del extracto etanólico en hojas (Figura 22 y Cuadro 24) registraron que el sitio 533 msnm resultó con los valores más altos en el extracto total, en el número de Stiasny y en Taninos, dejando en segundo lugar al sitio 1,251 msnm, siendo diferentes estadísticamente entre ellos y con los demás sitios. Nadkarni y Nadkarni (1999), reportan para hojas de *Psidium guajava* un 8.5% de taninos, este contenido se asemeja al obtenido en el presente trabajo en el sitio 2,030 msnm en el extracto etanólico de hojas. Vázquez *et al.* (1999), reporta un porcentaje de taninos en hojas del 10% este porcentaje se asemeja al obtenido en el presente trabajo en el extracto etanólico de hojas del sitio 1,251 msnm

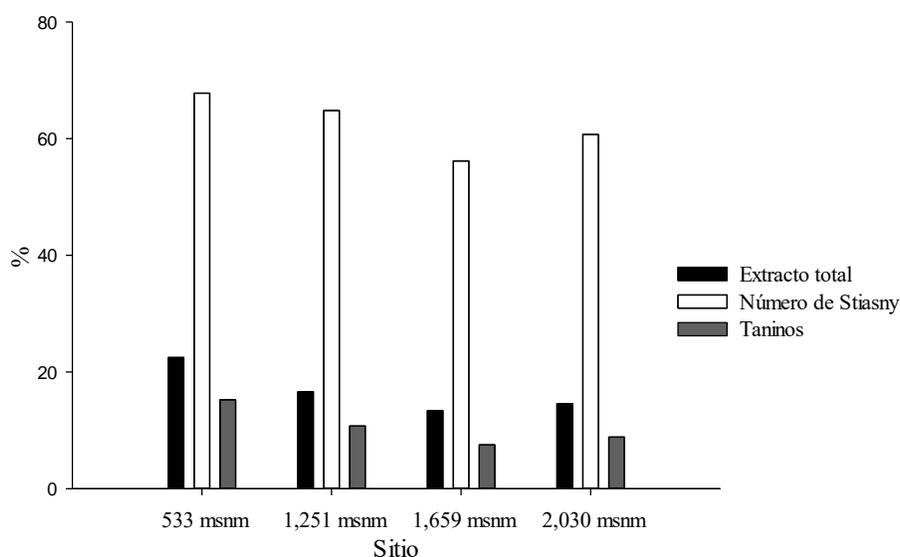


Figura 22. Taninos extracto etanólico en hojas

Cuadro 24. Taninos extracto etanólico en hojas

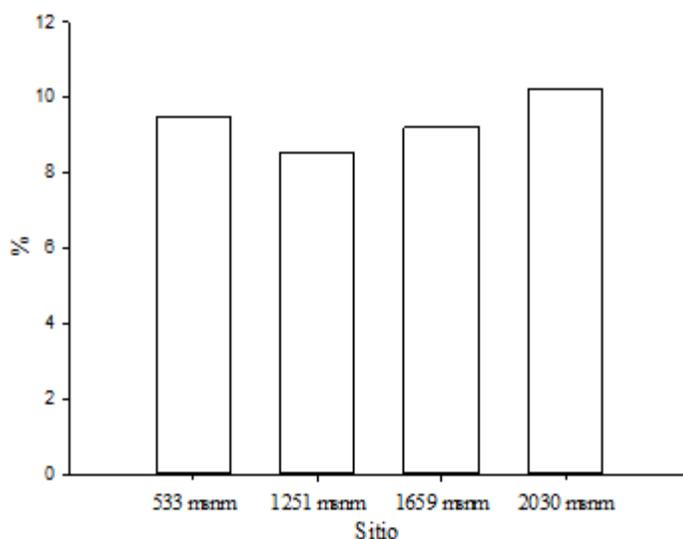
Extracto etanólico en hojas			
Sitio / Prueba	Extracto total	Número de Stiasny	Taninos
533 msnm	22.48a	67.80a	15.24a
1,251 msnm	16.60b	64.81a,b	10.73b
1,659 msnm	13.35c	56.16b	7.50c
2,030 msnm	14.55c	60.70a,b	8.83d
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)			

Potencial antioxidante de los extractos de las hojas

Resultados C.H. en hojas

El contenido de humedad (Figura 23 y Cuadro 25) después de secar las hojas a la sombra por un mes, se pudo observar que los sitios 1,251 y 1,659 msnm no presentaron diferencias significativas siendo el sitio 2030 msnm el que presentó mayor contenido de humedad.

Cuadro 25. C. H. en hojas



Sitio	C.H. en hojas
533 msnm	9.47a
1,251 msnm	8.53b
1,659 msnm	9.20a,b
2,030 msnm	10.20c
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

Figura 23. C. H. en hojas

Rendimientos de las extracciones en hojas por dispersión.

En las extracciones (Figura 24 y Cuadro 26) destacan los valores altos obtenidos con acetona acuosa 70 %. Moura *et al.* (2012), realizaron diferentes procesos de extracciones con hojas de guayaba, obteniendo un rendimiento del 12 % mediante un agitador y 21 % mediante Soxhlet, en ambos casos el solvente utilizado fue el etanol; estos rendimientos mediante Soxhlet son parecidos con los obtenidos en el presente trabajo con la acetona acuosa 70%, aunque en dicha investigación no desengrasaron el material y tampoco mezclaron el solvente con agua como se realizó en el presente trabajo. De acuerdo a los resultados aquí obtenidos, no se aprecia una tendencia clara de que la altitud tenga efecto sobre el rendimiento de los extractos crudos. Hasta la realización de esta investigación, no se dispuso de algún trabajo realizado con hojas de guayaba, en donde hayan colectado las muestras en diferentes sitios y a diferentes altitudes.

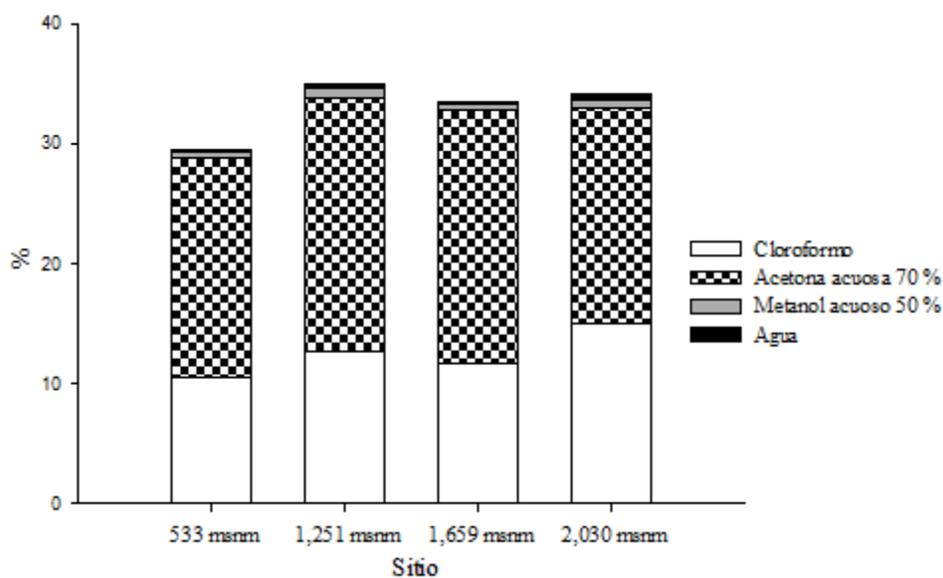


Figura 24. Rendimientos extracciones en hojas dispersión

Cuadro 26. Rendimientos en hojas extracciones dispersión

Sitio / Solvente	Cloroformo	Acetona acuosa 70%	Metanol acuoso 50%	Agua	% Total
533 msnm	10.61	18.20	0.49	0.20	29.50
1,251 msnm	12.63	21.19	0.80	0.30	34.92
1,659 msnm	11.74	21.07	0.45	0.17	33.43
2,030 msnm	14.95	18.08	0.59	0.52	34.14

Polifenoles totales fracción polar

Al comparar los resultados por fracciones (Figura 25 y Cuadro 27), la fracción acetona 70% fue la de mayor cantidad de fenoles y por sitios el ubicado a 1251 msnm fue el de mayor cantidad. Hui *et al.* (2007), mediante extracción acuosa obtuvieron (154.36 ± 2.97 mg EAG/g), esta cantidad se puede comparar con la fracción metanol 50% utilizada en el presente trabajo. Por otro lado Dong *et al.* (2011), reportan en las hojas de guayaba contenidos de polifenoles en extractos de acetona (141.28 ± 1.31 mg EAG/g), etanol (129.48 ± 1.67 mg EAG/g), metanol (130.79 ± 1.46 mg EAG/g) y agua (103.58 ± 0.89 mg EAG/g), y al comparar estos valores con los resultados aquí obtenidos, se observa que la fracción acetona es la de mayor contenido en ambos casos. Por suma total destaca el de mayor altitud 2,030 msnm, esto probablemente por la altitud, respaldado por Mousa y Gerasopoulos (1996), quienes encontraron que la altitud influye no sólo en la cantidad de fenoles, sino también en su composición química.

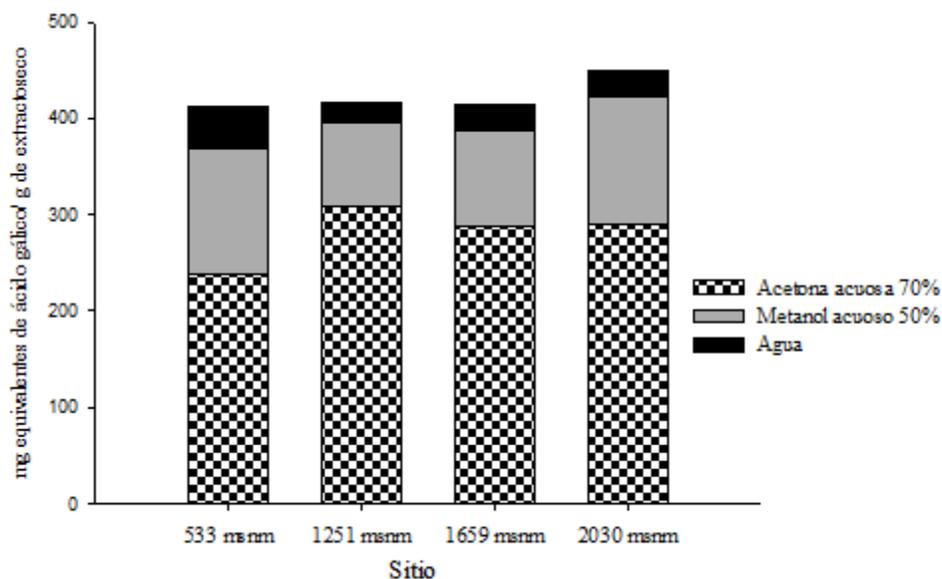


Figura 25. Polifenoles totales en hojas

Cuadro 27. Polifenoles totales en hojas

Sitio / Solvente	Acetona acuosa 70%	Metanol acuoso 50%	Agua	% Total
533 msnm	238.22a	131.39a	42.41a	412.02
1,251 msnm	307.91b	87.37b	20.37b	415.64
1,659 msnm	288.23c	99.68b	27.11a,b	415.02
2,030 msnm	290.26c	131.76a	27.18a,b	449.20
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) Total es la suma por sitio de los diferentes solventes				

Inhibición del radical DPPH

Para la capacidad de inhibición de los radicales DPPH e hidroxilos se seleccionó únicamente la fracción de acetona acuosa 70%, dado que es la fracción que proporcionó mayor rendimiento de compuestos fenólicos. Las muestras de las hojas, con mejor capacidad efectiva media CE_{50} para la inhibición del radical DPPH, de la fracción Acetona acuosa 70%, fueron aquellas recolectadas en el sitio ubicado a 1,251 msnm (Figura 26 y Cuadro 28), mientras que el material recolectado en el sitio de mayor altitud 2,030 msnm presentaron menor capacidad de inhibición.

Al relacionar los resultados de la prueba de DPPH contra los resultados de la cantidad de fenoles totales se puede suponer que las muestras de hojas recolectadas en el sitio a 1,251 msnm, al contener mayor cantidad de fenoles mostraron mayor capacidad de inhibir al radical DPPH a menor concentración. Estos resultados concuerdan con lo descrito por Hui y Gow (2007), que al estudiar los extractos acuosos de hojas de *Psidium guajava*, encuentran que existe una correlación lineal entre el poder antioxidante, la habilidad para atrapar radicales y el contenido de compuestos fenólicos.

En el trabajo que realizaron Sowmya *et al.*, (2010) reportan concentraciones de inhibición IC₅₀ del radical libre DPPH de 26.65 ±2.43 µg/mL de la fracción de acetato de etilo de hojas de *Psidium guajava*. Estas diferencias tan marcadas se podrían deber a que en la presente investigación la fracción acetona 70% se obtuvo directamente de las hojas sin proceder de una fracción como la obtuvieron en el trabajo citado, en el cual después de recuperar el extracto con metanol acuoso 80% lo re-suspendieron en agua y lo fraccionaron con solventes de polaridad creciente, iniciando con hexano, cloroformo, acetato de etilo y butanol, obteniendo en sus resultados que la fracción acetato de etilo fue la que tuvo mayor cantidad de fenoles totales, así como mejor poder antioxidante y antiglicémico.

Cuadro 28. Inhibición del radical DPPH fracción acetona acuosa 70% hojas

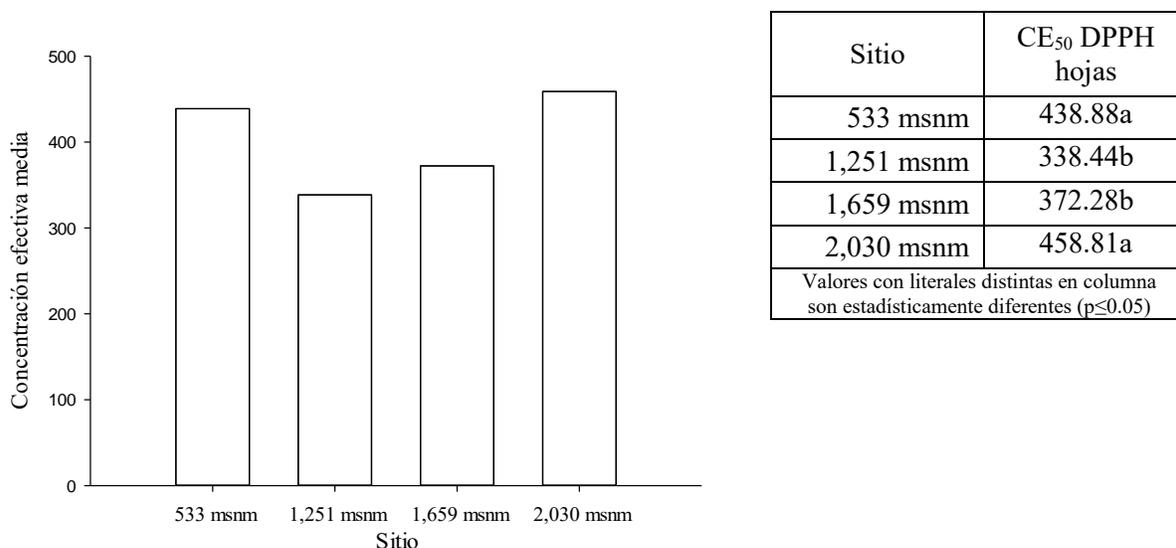


Figura 26. Inhibición del radical DPPH fracción acetona acuosa 70% hojas

Método de la Desoxi-D-ribosa

Los resultados de la capacidad de inhibición de radicales hidroxilo CI_{50} aparecen en la (Figura 27 y Cuadro 29). El sitio con mayor concentración, para la inhibición de radicales hidroxilo, fue el sitio 1,659 msnm, mientras que el resto de los sitios resultaron estadísticamente igual, teniendo una inhibición mayor a una menor concentración. Gráficamente se puede ver, que el sitio ubicado a 2,030 msnm, es el sitio que con menor concentración, fue el que presentó mejor inhibición de radicales hidroxilo. No se encontró en la literatura resultados de capacidad de inhibición de radicales hidroxilo con extractos de hojas de guayaba.

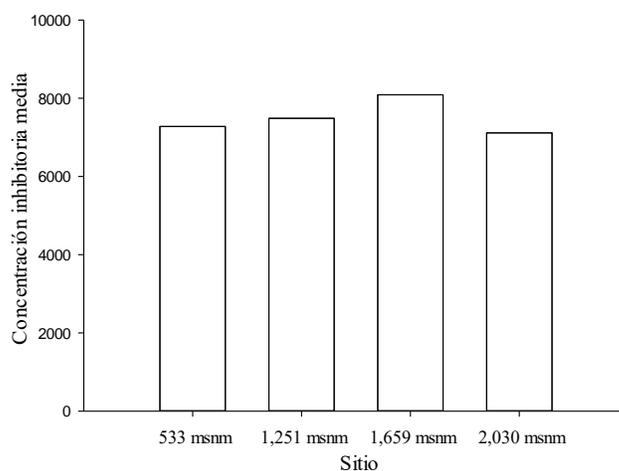


Figura 27. Método de la Desoxi-D-ribosa fracción acetona acuosa 70% hojas

Cuadro 29. Método de la Desoxi-D-ribosa fracción acetona acuosa 70% hojas

Sitio	CI_{50} Desoxi-D-ribosa hojas
533 msnm	7278.10a
1,251 msnm	7485.71a,b
1,659 msnm	8088.21b
2,030 msnm	7114.59a
Valores con literales distintas en columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)	

Análisis de los extractos mediante CG-MS

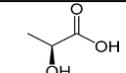
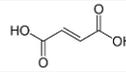
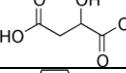
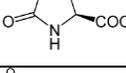
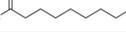
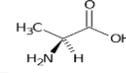
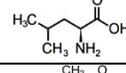
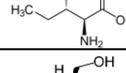
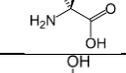
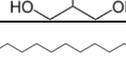
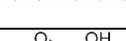
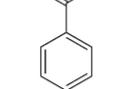
De acuerdo con el estudio de los componentes químicos individualizados de las hojas el sitio a mayor altitud 2,030 msnm, registró la mayor variabilidad de compuestos respecto a los otros tres sitios (Cuadro 30), destacando que es el único sitio donde se detectaron aminoácidos. En los compuestos fenólicos, fue el único sitio que registró ácido protocatéquico y ácido caféico.

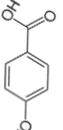
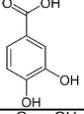
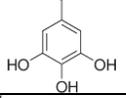
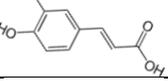
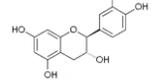
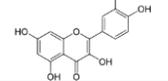
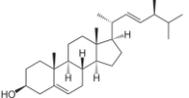
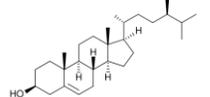
El sitio de menor altura, 533 msnm, registró un menor número de moléculas, al no detectarse ningún tipo de aminoácido y solamente algunos compuestos fenólicos, así como de ácidos orgánicos.

Debido a ello, se puede considerar que la altitud puede influir en el contenido de los compuestos químicos.

Al comparar las moléculas encontradas en el presente estudio con el de otros autores se encontró que los únicos autores en la literatura consultada, que reportan al menos la molécula de la Quercetina son Vargas *et al.*, (2005). Por otro lado, hay reportes de moléculas en hojas de *Psidium guajava* L. como; flavonoles glicosidados (Matsuzaki, *et al.*, 2010, Eidenberger, *et al.*, 2013,), triterpenoides (Begum, *et al.*, 2002, Ghosh, *et al.*, 2010, Meng *et al.*, 2012a), meroterpenoides (Meng *et al.*, 2010, Meng, *et al.*, 2012b, Yuan, *et al.*, 2012), las cuales no fueron encontradas en el presente estudio. Otras moléculas, aparte de los polifenolos que comúnmente se han reportado, en la presente investigación, se hace constar la presencia de moléculas como; fitosteroles, ácidos grasos, alcoholes, aminoácidos y ácidos orgánicos.

Cuadro 30. Componentes químicos individualizados de las hojas en la fracción polar

Tipo de compuesto	Compuesto químico	Estructura de los compuestos	Tr (min)	533 msn m	1251 msnm	1659 msnm	2030 msnm	Picos de los Iones importantes m/z derivados de los compuestos trimetilsilidados	
Ácidos orgánicos	Ácido láctico		3.687	✓	✓	✓	✓	219,191, 147, 117	
	Ácido fumárico		8.160	✓	✓	✓	✓	245, 217, 191, 171, 115	
	Ácido málico		11.060	✓	✓	nd	✓	355, 307, 265, 233, 189, 171, 129, 101	
	Ácido piroglutámico		11.598	nd	nd	✓	✓	258 + 230 + 174 + 156 + 133	
	Ácido azelaico		16.532	nd	✓	nd	✓	317, 273, 201, 129	
Aminoácidos	L- Alanina		4.193	nd	nd	nd	✓	218, 190, 172, 116	
	L-Leucina		6.875	nd	nd	nd	✓	260,232,203,176,158,133,103	
	Isoleucina		7.268	nd	nd	nd	✓	260,218,158,149	
	L-Serina		8.569	nd	nd	nd	✓	306,278,260,222,204,174,119,100	
Alcoholes	Glicerol		6.931	✓	✓	✓	✓	293, 263, 205, 177, 125, 103	
	Ácidos grasos	Ácido tetradecanoico		17.318	✓	✓	✓	✓	303, 285, 257, 201, 171, 145
		Ácido linoleico		23.364	nd	✓	✓	✓	337,309, 262, 220, 199
	Ácido oleico		23.477	✓	✓	✓	✓	357, 339, 313, 295, 264, 241, 222, 199, 180, 145, 117, 96	
Compuestos fenólicos	Ácido benzoico		6.390	✓	✓	✓	✓	197, 179, 135, 105	

	Ácido 4-hidroxi benzoico		13.468	✓	✓	✓	✓	267, 223, 193, 126, 91
	Ácido protocatéquico		17.039	nd	nd	nd	✓	370, 341, 282, 267, 193, 165
	Ácido gálico		19.431	✓	✓	✓	✓	458, 459, 443, 44, 281
	Ácido caféico		22.147	nd	nd	nd	✓	396, 381, 219, 191
	Catequina		33.934	nd	✓	✓	✓	444, 443, 368, 279, 249
	Quercetina		36.368	✓	✓	✓	✓	647, 559, 487, 415, 393
Fitoesteroles	Stigmasterol		37.129	✓	✓	✓	✓	484, 441, 394, 373, 355, 329, 255, 213, 185, 129
	β-Sitosterol		37.714	✓	✓	✓	✓	486, 396, 357, 255
Total de moléculas				12	15	14	22	

nd = no detectado. ✓ = detectado.

Conclusiones

Contenido de humedad en hojas y ramas

El contenido de humedad en los materiales, fue estadísticamente igual entre sitios y el tipo de biomasa (ramas y hojas), por lo que se puede considerar, que las biomásas independientemente del sitio del cual sean, y del tipo que sea, su secado será homogéneo. Al tomar en cuenta los factores, para un secado adecuado, como temperatura, exposición a la luz solar y humedad, se conservaran los materiales en óptimas condiciones, para comercializarse o para el procesamiento de extracción.

Contenido de extraíbles

Los rendimientos totales de los extraíbles mediante el equipo Soxhlet fueron mayores, comparado a los obtenidos con el dispersor. Respecto a los rendimientos por tipo de material, las hojas presentaron el mayor rendimiento de extraíbles en comparación con las ramas. En caso de querer obtener polifenoles, se recomienda utilizar, el sistema de extracción por dispersión, ya que se puede evitar el uso de altas temperaturas, evitando así afectar a los polifenoles.

pH

El contenido de pH de ramas con extraíbles presenta diferencias significativas entre el sitio de menor altitud respecto al de mayor altitud, su tendencia lineal, podría estar indicando la influencia que llegase a tener, la altitud en el pH. Mientras que este mismo material sin extraíbles, sólo en el sitio 533 msnm, se presentó diferencia significativa, careciendo de una tendencia lineal en los resultados, como en las ramas con extraíbles. Por otro lado, en las hojas con extraíbles sólo el sitio a 1,659 msnm es estadísticamente diferente a los otros tres sitios, y las hojas sin extraíbles, en los cuatro sitios se presentó diferencia estadística.

El pH del material de estudio, se clasificó ligeramente ácido, tanto para ramas como para hojas, teniendo o no extraíbles. Esta biomasa se puede utilizar para la generación de composta, pero debido al pH ligeramente ácido, tanto en ramas como en hojas, con y sin extraíbles, cuando se quiera realizar composta con cualquiera de estos materiales, con y sin extraíbles, será necesario incrementar el pH adicionando Piedra Caliza, Calcáreo o

Carbonato de Calcio de uso agronómico, con el fin de asegurar el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos.

Las infusiones elaboradas con las hojas, algo que actualmente se hace en diferentes partes del mundo, resultarán ligeramente ácidas debido al pH de las hojas, aunque el pH reportado en el presente trabajo, está dentro del rango inscrito en la literatura para la gran mayoría de las infusiones. En el caso de presentar algún inconveniente la persona que desee ingerir dicha infusión, por su acidez, será necesario aumentar el pH, una forma para lograr esto sería disminuyendo la concentración agregando más agua a la infusión.

Cenizas

El contenido de cenizas es mayor en hojas que en ramas y es muy probable que la altitud esté influyendo en el contenido de cenizas en las ramas por la tendencia en los resultados. En el microanálisis de las cenizas se detectó que el potasio y el calcio fueron los elementos de mayor concentración, tanto en ramas como en hojas. Debido a la relación encontrada, en la literatura, entre el contenido de cenizas y poder calorífico, se puede concluir que las ramas del sitio 533 msnm, al ser la de menor cantidad de cenizas, serían las más adecuadas para el uso de generación de energía calorífica. Por otro lado los sitios con mayor cantidad de cenizas, serían los más adecuados para la elaboración de composta, ya que estarían incorporando una mayor cantidad de potasio y calcio, elementos de mayor concentración en estos materiales estudiados, considerando el control del pH en el composteo.

Lignina

La cantidad de lignina resultó ser mayor en hojas que en ramas, encontrándose que los porcentajes obtenidos de lignina para ramas están dentro del rango reportado para madera. La lignina se ha utilizado como combustible para la generación de vapor, quemando el licor negro en las calderas, en las fábricas de papel, el cual contiene lignina, entre otros componentes de la madera. También los derivados de la despolimerización de la lignina, han servido como sustituto del fenol petroquímico, para la elaboración de resinas del tipo fenol-formaldehído, utilizadas en la elaboración de contrachapados, abrasivos y adhesivos. En la elaboración de pellets, al interactuar la temperatura y el prensado, la lignina se derrite y aglutina el pellet, dándole dureza a esté, una vez enfriado. Por otro lado, la lignina es uno de los compuestos no deseados, cuando se quiere elaborar biocombustibles, debido

al efecto inhibitor en la fermentación de los hidrolizados, por parte de sus compuestos fenólicos que la constituyen.

Por lo tanto, se puede considerar que las hojas del presente estudio, al contener una mayor cantidad de lignina, sería el material más adecuado, cuando se quiera explotar este heteropolímero amorfo. En el caso de querer elaborar pellets con los materiales estudiados, tomando en cuenta únicamente el contenido de lignina, las ramas y hojas del sitio 2030 msnm, serían los más recomendados, pero como se vio anteriormente, el mayor contenido de cenizas, lo tienen precisamente los materiales de este sitio, con lo que podría haber una disminución del poder calorífico. Una solución probable para este caso, sería el combinar la biomasa, del sitio con mayor cantidad de lignina, con la biomasa del sitio con menos cantidad de cenizas. Si se quiere aprovechar la biomasa para la elaboración de biocombustibles, el sitio 533 msnm y el sitio 1,659 msnm, son los que tuvieron la menor cantidad de lignina en las ramas, siendo estadísticamente iguales en su contenido, razón por la cual, estos sitios serían los indicados para este fin. Debido al alto contenido de lignina en las hojas, que es casi el doble que en ramas, sería un material poco recomendable, para la elaboración de biocombustibles.

Holocelulosa

La cantidad de holocelulosa resultó ser mayor en ramas que en las hojas, resaltando que al igual que en las ramas, en las hojas la cantidad de holocelulosa es inversa a la altitud, siendo más clara esta tendencia en las hojas. La holocelulosa representa la fracción total de polisacáridos, es una combinación de celulosa + hemicelulosas. Actualmente, la holocelulosa, se destina principalmente, en la obtención de biocombustibles, mediante la fermentación de los azúcares que lo constituyen. De los materiales estudiados en el presente trabajo, las ramas por sus características; como la cantidad de lignina y la cantidad de holocelulosa, sería el material recomendado, para la obtención de biocombustible. Como se indicó anteriormente en el apartado de lignina, los sitios 533 msnm y 1,659 msnm, fueron los recomendados para la elaboración de biocombustibles, por su menor cantidad de lignina, se vuelven a considerar estos sitios, como los indicados para el fin de obtención de biocombustibles, por ser los de mayor cantidad de holocelulosa.

Alfa-celulosa

La cantidad de alfa-celulosa en hojas y ramas, es muy parecida, encontrando que la altitud respecto al contenido de la alfa-celulosa, es proporcional, es decir, el sitio más bajo tiene la menor cantidad y el sitio más alto tiene la mayor cantidad. El alfa-celulosa, es la fracción de celulosa no degradada, o insoluble en una disolución, a una concentración determinada, de hidróxido de sodio, la cual tiene un alto peso molecular, también se le denomina celulosa pura. Dependiendo de su grado de polimerización, se utiliza en la industria; alimentaria, cosmética, farmacéutica, textil, pinturas, aceites, plásticos, tintas, películas, papel, detergentes, entre otras. En los productos derivados de la celulosa, antes mencionados, el alfa-celulosa le corresponde de un 86 a un 87% de la composición total de éstos.

Para la obtención de la alfa-celulosa, es necesario; la deslignificación del material para posteriormente eliminar las hemicelulosas unidas a la celulosa. Si se quisiera obtener alfa-celulosa, a partir de los materiales aquí estudiados, se debe tomar en cuenta; primeramente, que las ramas tienen menor contenido de lignina, lo cual implica un menor costo, por lo que éste sería el material recomendado para obtener la alfa-celulosa, los sitios donde las ramas contienen menor porcentaje de lignina, en este caso serían los sitios 533 msnm y 1,659 msnm, pero estos sitios son los de menor porcentaje de alfa-celulosa, por lo tanto, se tendría que considerar; si es mejor eliminar menos lignina, aunque se obtuviese menos alfa-celulosa, o implementar un método que disminuya costos, en la eliminación de lignina y hemicelulosas, y utilizar el material del sitio 2030 msnm, lo que implicaría un mayor rendimiento de alfa-celulosa.

Solubilidad en sosa al 1%

La solubilidad en sosa es más alta en ramas que en hojas. Con esta prueba se conoce, la probable susceptibilidad que presentan los materiales lignocelulósicos, a sufrir una descomposición por hongos o degradación por calor, luz, oxidación. Cuanto mayor sea el porcentaje de solubilidad, mayor será, su probable degradación, por dichos factores. Los principales compuestos disueltos, son carbohidratos de bajo peso molecular, como las hemicelulosas. En caso de tener; un ambiente favorable para la presencia de hongos, un tiempo prolongado de exposición al sol, las ramas serían las primeras en sufrir, primariamente una disminución de su contenido de hemicelulosas. Por lo tanto, al tener una

alta solubilidad en NaOH, los materiales lignocelulosicos de las podas de *Psidium guajava* L., nos indica que, es necesario tener en cuenta las condiciones ambientales que se tienen, al momento de su manejo y almacenamiento, para su posible comercialización de dichos materiales. Al analizar por sitios, el que presentó mayor solubilidad en NaOH, en ramas, fue el sitio 533 smnm y en hojas fue el sitio 1,251 msnm.

Taninos

Las diferencias estadísticas por sitios en la cantidad de taninos en el extracto acuoso y el extracto etanólico en ramas, mostraron una similitud en las diferencias por sitios en ambos casos. Mientras que la cantidad de taninos en el extracto acuoso en hojas en el sitio 1,252 msnm presentó diferencia significativa respecto los tres sitios restantes. En lo que respecta a la cantidad de taninos en el extracto etanólico en hojas todos los sitios presentaron diferencia significativa. El porcentaje de taninos reportados en el presente trabajo, corresponde a los taninos condensados. Los taninos condensados, están formados por compuestos polifenólicos flavonoides, como las catequinas o flavan-3-oles, estos han sido estudiados principalmente por su capacidad antioxidante, aunque existen también reportes que tienen actividad anti-bacterial, anti-carcinogénica, inhibición de la peroxidación lipídica, entre otras capacidades. Por otro lado se ha comprobado, en modelos animales, que los taninos poseen características anti-nutritivas, esto se debe a la capacidad de precipitar proteínas, al afectar el crecimiento de los animales. Sin embargo, esta capacidad de precipitar proteínas, es bien vista, para el curtimiento de pieles. Para el caso de la explotación de los taninos, con los materiales residuales de las podas de huertas de *Psidium guajava* L. se recomienda que se utilicen las hojas, ya que son las que tienen mayor cantidad, realizando la extracción con alcohol etílico, que fue el solvente que extrajo mayor cantidad. A este respecto, el sitio más recomendado, sería el ubicado a 533 msnm, seguido del sitio 1,252 msnm, ya que fueron los sitios con mayor porcentaje de taninos en hojas.

Polifenoles totales en hojas

La fracción acetona acuosa 70% presentó el mayor contenido de polifenoles y al comparar la suma total por extracto de cada sitio, el de mayor altitud fue el de mayor cantidad de dichos compuestos. La ingesta de polifenoles, provee beneficios a la salud, principalmente sobre el sistema cardiovascular, debido a su propiedad antioxidante. Estos se originan principalmente en las plantas, producto de su metabolismo secundario, por situaciones de

estrés; hídricos, luminosos, altitud entre otros, o cuando son dispensables en algunas funciones fisiológicas. El estrés hídrico, es uno de los manejos que realizan los productores, en todas las huertas de donde procede los materiales del actual estudio, la diferencia más notoria que existe entre los diferentes sitios, es la altitud, siendo muy evidente que el sitio con mayor altitud fue el que presentó mayor contenido de polifenoles en su suma total de cada una de las diferentes fracciones, por lo cual, se puede considerar que aunque todos sufren estrés hídrico, y la aplicación de diferente tipo de fertilizante, es muy probable que la altitud fue la que influyó en la cantidad total de polifenoles. Por lo tanto al considerar obtener una mayor cantidad de polifenoles con estos materiales el sitio 2030 msnm, sería el más recomendado. Sin embargo al analizar por fracciones la fracción acetona acuosa 70% fue la fracción en la cual se observó la mayor cantidad de polifenoles, siendo el sitio 1,251 msnm el que tuvo la mayor cantidad, por lo tanto, si se quisieran comercializar, únicamente los polifenoles de esta fracción, el sitio 1,251 msnm, sería el más indicado. Debido a que, la fracción acetona acuosa 70% presentó mayor cantidad de polifenoles, fue la fracción que se consideró para las pruebas de inhibición de los radicales DPPH y Desoxi-D-ribosa.

DPPH

Los sitios 1,251 msnm y 1,659 msnm, fueron estadísticamente iguales, siendo estos lo que tuvieron el mejor poder de inhibición del radical DPPH, en el extracto de la fracción acetona acuosa 70% de las hojas, siendo esta, la fracción que se utilizó para la prueba. La forma de conocer, cuál de los sitios tiene la mejor capacidad antioxidante, fue el de evaluar, cual inhibía con menor concentración al radical DPPH. Los antioxidantes son utilizados en la industria de los alimentos, para retardar la oxidación de los lípidos, ya que estos al oxidarse, provocan a los alimentos, mal sabor y la formación de compuestos químicos dañinos a la salud. Se ha visto, que hay moléculas que inhiben más fácilmente al radical DPPH, como el ácido cafeico y el ácido gálico, siendo esta última, la molécula identificada mediante CG-MS, en todos los sitios. Lo que nos estaría indicando, que muy probablemente, está es la molécula que más está influyendo en la inhibición del radical DPPH. También se confirma la relación, entre el poder antioxidante y la cantidad de polifenoles, al observarse que los sitios con mayor cantidad de polifenoles, fueron los de mejor poder de inhibición del radical DPPH. Por lo tanto, los sitios recomendados para la

extracción de antioxidantes, para la industria de conservación de alimentos, serían los sitios; 1,251 msnm y el sitio 1,659 msnm.

Desoxi-D-ribosa

Gráficamente se pudo observar, que el sitio 2030 msnm, a menor concentración, presentó mejor poder de inhibición de radicales hidroxilos, pero al realizar el análisis estadístico, todos menos el sitio 1,659 msnm, son estadísticamente iguales. Los radicales hidroxilos están incluidos, en las especies reactivas de oxígeno, las cuales se forman de forma natural en el cuerpo humano, debido al metabolismo normal del oxígeno. Cuando se tiene una sobreproducción en el cuerpo, de estas especies reactivas de oxígeno, se genera un estrés oxidativo, que este a su vez, puede contribuir y complicar algunas enfermedades como: cancerígenas, cardiovasculares, autoinmunes, crónicas, inflamatorias, neurológicas, infecciosas, entre otras. Una razón probable de que el sitio 2,030 msnm, presentó gráficamente, mejor comportamiento a una menor concentración, es debido a que este sitio, fue el que tuvo mayor variedad de moléculas en el análisis de CG-MS. Para todos los sitios que fueron estadísticamente iguales, se puede considerar, que el extracto de acetona acuosa 70%, de estos sitios, tiene el mismo poder de inhibición de radicales hidroxilo. Por lo que el uso de los extractos, de cualquiera de estos sitios, como ingrediente en algún alimento, estaría actuando, de igual manera en la inhibición de radicales hidroxilo, en la persona que los consumiera.

CG-MS

El sitio de mayor altura, 2,030 msnm, registró la mayor variabilidad de compuestos respecto a los otros tres sitios. Mientras que el sitio con menor registro de moléculas resultó ser el de menor altura (533 msnm), por lo que se puede considerar que la altitud puede influir en el contenido de los compuestos químicos. Por lo tanto, en caso de requerir, más variabilidad de compuestos, el sitio 2,030 msnm sería el que se recomendaría para la extracción de extractos de las hojas. En caso que se requiera extraer solo compuestos polifenólicos, los sitios 2030 msnm, 1,659 msnm y 1,251 msnm, serían los recomendables para este fin, aunque seguiría destacando el sitio 2,030 msnm, por presentar más compuestos polifenólicos.

Consideración final

Finalmente, tomando en cuenta la hipótesis planteada, se concluye que cada uno de los sitios presenta un potencial diferente en cada uno de los materiales estudiados, el sitio a 533 msnm destaca el alto contenido de taninos en hojas. En el sitio 1,251 msnm las ramas destacan por su alto contenido de lignina, alfacelulosa y taninos, mientras que en hojas destaca el alto contenido de taninos y su poder antioxidante. El sitio 1,659 msnm destacó en las hojas su alto poder antioxidante. Y por último el sitio 2,030 msnm, destacó en las ramas el alto contenido de cenizas, lignina y alfacelulosa, mientras que en hojas presentó alto contenido de lignina, alfacelulosa y polifenoles. Todos estos diferentes tipos de materiales, son utilizados; en la industria de alimentos, farmacéutica, bioenergética, biofertilizantes. Con todos estos resultados se puede considerar que los residuos de las podas en las huertas de guayaba, se pueden utilizar como un subproducto capaz de comercializarse para una variedad de usos.

Recomendaciones

Debido a que el contenido de lignina es relativamente alto, se recomienda realizar estudios del poder calorífico, de los materiales residuales de la podas de árboles de *Psidium guajava* L. Realizar estudios de los aceites esenciales de la hojas. Dar a conocer a los productores cuáles son las características de los materiales de los residuos en las podas en las huertas de guayaba, con el fin de que puedan conocer las potencialidades que tienen los materiales que actualmente desechan y queman.

Bibliografía

- ASTM. (2000). *American Society for Testing and Materials. Part 22: wood, adhesives*. Philadelphia: Annual Book of ASTM Standards.
- Barbalho, S. M., Farinazzi-Machado, F. M., De Alvares Goulart, R., Saad Brunnati, A. C., Machado Bueno Ottoboni, A. M., & Teixeira Nicolau, C. C. (2012). Psidium Guajava (Guava): A Plant of Multipurpose Medicinal Applications. *Medicinal & Aromatic Plants, 1*(4).
- Begum, S., Hassan, S. I., Siddiqui, B. S., Shaheen, F., Ghayur, M. N., & Gilani, A. H. (2002). Triterpenoids from the leaves of Psidium guajava. *Phytochemistry, 61*, 399-403.
- Bernabé Santiago, R., Ávila Calderón, L. E., & Rutiaga Quiñones, J. G. (2013). Componentes químicos de la madera de cinco especies de pino del municipio de Morelia Michoacán. *Madera y Bosques, 19*(2), 21-35.
- Birdi, T., Daswani, P., Brijesh, S., Tetali, P., Natu, A., & Antia, N. (2010). Newer insights into the mechanism of action of Psidium guajava L. leaves in infectious diarrhoea. *BMC Complementary & Alternative Medicine, 10*(33), 11.
- Brand Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Food Science and Technology, 28*(1), 25-30.
- Burkill, H. (1997). The useful plants of West Tropical Africa, vol 4., second ed. . *Families M-R Royal Botanic Gardens Kew*, 89-93.
- Cseke, L. J., Setzer, W. N., Vogler, B., Kirakosyan, A., & Kaufman, P. B. (2006). Traditional, Analytical, and Preparatives Separations of Natural Products. En L. J. Cseke, A. Kirakosyan, P. B. Kaufman, S. L. Warber, J. A. Duke, & H. L. Brielmann (Edits.), *Natural Products from Plants Second Edition* (págs. 263-318). Boca Raton, Fl: Taylor & Francis Group.
- Cutter, B. E., McGuinness, E. A., & McKown, D. H. (1980). Inorganic concentrations in selected woods and charcoals measured using NAA. *Wood and Fiber, 12*, 72-79.
- Damián Nava, A., González Hernández, V. A., Sánchez García, P., Peña Valdivia, C. B., Livera Muñoz, M., & Brito Guadarrama, T. (2004). Crecimiento y fenología del Guayabo (Psidium guajva L.) cv. "Media-china" en Iguala, Guerrero. *Revista Fitotecnica Mexicana, 27*(4), 349-358.
- Dhiman, A., Nanda, A., & Ahmad, S. (2011). Metal Analysis in Citrus Sinensis Fruit Peel and Psidium Guajava Leaf. *Toxicol Int., 18*(2), 163-167.

- Dong-Hyun, Y., Ji-Won, P., Hyun-Gyun, Y., & Seung-Cheol, L. (2011). Antioxidant and Tyrosinase Inhibitory Activities of Different Parts of Guava (*Psidium guajava* L.). *Food Science and Biotechnology*, 20(4), 1095-1100.
- Eidenberger, T., Selg, M., & Krennhuber, K. (2013). Inhibition of dipeptidyl peptidase activity by flavonol glycosides of guava (*Psidium guajava* L.): A key to the beneficial effects of guava in type II diabetes mellitus. *Fitoterapia*, 89, 74-79.
- Fengel, D., & Wegener, G. (1989). *Wood: chemistry, ultrastructure, reactions*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Ghosh, P., Mandal, P., Chakraborty, M., Rasul, M. G., Chakraborty, M., & Saha, A. (2010). Triterpenoids from *Psidium guajava* with Biocidal Activity. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 72(4), 500-504.
- González Laredo, R. F., Rocha Guzmán, N. E., & Gallegos Infante, J. A. (2012). FITOQUÍMICOS ANTIOXIDANTES EN ALIMENTOS. En G. A. González Aguilar, E. Álvarez Parrilla, L. De la Rosa, & F. Ayala Zavala (Edits.), *Antioxidantes en Alimentos y Salud*. Durango, Dgo., México: AM Editores.
- Halliwell, B., Gutteridge, J. M., & Aruoma, O. (1987). The Deoxyribose Method: A simple "Test-Tube" Assay for Determination of Rate Constants for Reactions of Hydroxyl Radicals. *Analytical Biochemistry*, 165, 215-219.
- Hindi, S. S. (2012). Contribution of parent wood to the final properties of the carbonaceous skeleton via pyrolysis. *International Journal of Science and Engineering Investigations*, 1(8), 9-12.
- Hui Yin, C., & Gow Chin, Y. (2007). Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of extracts from guava (*Psidium guajava* L.) leaves. *Food Chemistry*, 101, 686-694.
- Hui Yin, C., Yuh Charn, L., & Chiu Lan, H. (2007). Evaluation of antioxidant activity of aqueous extract of some selected nutraceutical herbs. *Food Chemistry*, 104, 1418-1424.
- Kaneira, M., & Chanda, S. (2011). Phytochemical and Pharmacognostic Evaluation of Leaves of *Psidium guajava* L. (Myrtaceae). *Pharmacognosy Journal*, 41-45.
- Lima Rojas, L., Carrillo Parra, A., Aguirre Calderón, O. A., Garza Ocañas, F., & Rutiaga Quiñones, J. G. (2012). Evaluación de la composición química y propiedades físicas de madera y corteza de cuatro coníferas para la producción de bioenergía. *Memoria Seminario de Posgrado. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. México*, 249-258.

- Martínez Pérez, R., Pedraza Bucio, F. E., Apolinar Cortes, J., López Miranda, J., & Rutiaga Quiñones, J. G. (2012). Poder calorífico y material inorgánico en la corteza de seis árboles frutales. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18(3), 375-384.
- Marvalín, C., & Azerad, R. (2011). Microbial glucuronidation of polyphenols. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 43-52.
- Matsuzaki, K., Ishii, R., Kobiyama, K., & Kitanaka, S. (2010). New benzophenone and quercetin galloul glycosides from *Psidium guajava* L. *J Nat Med*, 64, 252-256.
- Mendoza Lopez, M. R., Luis Aguilar, A., Castillo Orta, S., & Vidales Fernández, I. (2005). *Diagnóstico del manejo actual del cultivo de Guayaba en la region Oriente de Michoacán*. Uruapan, Michoacán: Centro de investigaciones del pacífico.
- Meng, S., Ying, W., Xiao Jun, H., Chun Lin, F., Qing Wen, Z., Xiao Qi, Z., & Wen Cai, Y. (2012a). Four new triterpenoids from the leaves of *Psidium guajava*. *Journal of Asian Natural Products Research*, 14(4), 348-354.
- Meng, S., Ying, W., Yu Qing, J., Xiao Jun, H., Dong Mei, Z., Qing Fa, T., . . . Wen Cai, Y. (2012b). Guadial A and Psiguadials C and D, Three Unusual Meroterpenoids from *Psidium guajava*. *ORGANIC LETTERS*, 14(20), 5262-5265.
- Meng, S., Ying, W., Zhong, L., Dong Mei, Z., Hui Hui, C., Ren Wang, J., . . . Wen Cai, Y. (2010). Psiguadials A and B, Two Novel Meroterpenoids with Unusual Skeletons from the Leaves of *Psidium guajava*. *ORGANIC LETTERS*, 12(21), 5040-5043.
- Montaño Arias, S. A., Camargo Ricalde, S. L., Grether, R., & Pérez Olvera, C. D. (2011). La madera en función del ambiente un análisis ecoanatómico. *Elementos* 83, 19-23.
- Moura, P. M., Prado, G. C., Meireles, M. A., & Pereira, C. G. (2012). Supercritical fluid extraction from guava (*Psidium guajava*) leaves: Global yield, composition and kinetic data. *The Journal of Supercritical Fluids*, 116-122.
- Mousa, Y. M., & Gerasopoulos, D. (1996). Effect of altitude on fruit and oil quality characteristics of "Mastoides" Olives. *J Sci Food Agric*, 71, 345-350.
- Mukhtar, H. M., Ansari, S. H., Bath, Z. A., Naved, T., & Singh, P. (2006). Antidiabetic activity of an ethanol extract obtained from the stem bark of *Psidium guajava* (Myrtaceae). *Pharmazie*, 61, 725-727.
- Nadkarni, K. M., & Nadkarni, A. K. (1999). *Indian Materia Medica with Ayurvedic, Unani-Tibbi, Siddha, allopathic, homeopathic, naturopathic and home remedies* (Vol. 1). Bombay, India: Popular Prakashan Private Ltd.

- Niembro Rocas, A. (1990). *Árboles y arbustos útiles de México: naturales e introducidos*. México: Limusa.
- NMX-FF-040-SCFI-2002. (2002). *PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS PARA CONSUMO HUMANO-FRUTA FRESCA- GUAYABA (Psidium guajava L.)*. MÉXICO D.F.: SECRETARÍA DE ECONOMÍA.
- Okunrobo, L. O., Imafidon, K. E., & Alabi, A. A. (2010). Phytochemical, Proximate and Metal Content Analysis of the Leaves of *Psidium guajava* Linn (Myrtaceae). *International Journal of Health Research*, 3(4), 217-221.
- Pérez Gutiérrez, R. M., Mitchell, S., & Vargas Solis, R. (2008). *Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 117, 1-27.
- Räisänen, T., & Athanassiadis, D. (2013). Basic Chemical Composition of the Biomass Components of Pine, Spruce and Birch. *Forest Refine*, 1-4.
- Restrepo Rivera, J., & Pinheiro, S. (2009). *Agricultura orgánica*. Colombia: Satyagraha Juquira Candirú.
- Rosales Castro, M., González Laredo, R. F., Rocha Guzmán, N. E., Gallegos Infante, J. A., Peralta Cruz, J., & Karchesy, J. J. (2009). Evaluación química y capacidad antioxidante de extractos polifenólicos de cortezas de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii*, *P. leiophylla* y *P. teocote*. *Madera y Bosques*, 15(3), 87-105.
- Rowell, R. M., Pettersen, R., Han, J. S., Rowell, J. S., & Tshabalala, M. A. (2005). 3 Cell Wall Chemistry. En *Handbook of Wood* (págs. 35-72). CRC Press LLC.
- Runkel, R., & Wilke, K. (1951). *Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz*. (9 ed.). Holz Roh Werkstoff.
- SAGARPA. (2012). *SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN*. Recuperado el 16 de 01 de 2013, de <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/productodetemporada/Paginas/Guayaba.aspx>
- Sandermann, W., & Rothkamm, M. (s.f.). Über die Bedeutung der pH-Werte von Handelshölzern und deren Bedeutung für die Praxis. *Holz Roh Werkstoff*, 17, 433-440.
- SIAP. (2013). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, México*. Recuperado el 1 de 12 de 2013, de http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=178&Itemid=94

- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela Raventós, R. M. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *METHODS IN ENZYMOLOGY*, 299, 152-178.
- Sowmya, S., Arun, A. R., Madambath, I., & Chellam, R. (2010). Antioxidant and Antiglycative Potencial of Ethyl Acetate Fraction of Psidium guajava Leaf Extract in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *Plant Foods Human Nutrition*, 65, 386-391.
- Suganya, T., Fumio, I., & Siriporn, O. (2007). Antioxidant Active Principles Isolated from Psidium guajava Grown in Thailand. *Scientia Pharmaceutica (Sci. Pharm.)*, 75, 179-193.
- TAPPI. (2000). Test Methods . Atlanta: TAPPI Press.
- Usta, M., & Kara, Z. (1997). The chemical composition of wood and bark of Cedrus libani A. Rich. *Holz als Rob- und Werkstoff Springer-Verlag*, 55, 268.
- Vargas Álvarez, D., Soto Hernández, M., González Hernández, V. A., Engleman, E. M., & Martínez Garza, Á. (2005). Variación del contenido de flavonoides en hojas de guayaba en condiciones de estrés. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 11(1), 89-92.
- Vargas Alvarez, D., Soto Hernández, M., González Hernández, V. A., Engleman, E. M., & Martínez Garza, Á. (2006). Cinética de acumulación y distribución de flavonoides en guayaba (Psidium guajava L.). *Agrociencia*, 40(1), 109-115.
- Vázquez Yanes, C., Batis Muñoz, A. I., Alcocer Silva, M. I., Gual Diaz, M., & Sánchez Dirzo, C. (1999). Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO Instituto de Ecología, UNAM.
- Vega Sámano, A. (2002). Tesis: Estudio anatómico, densidad básica e índices de calidad de pulpa de la madera de 4 árboles frutales del municipio de Morelia. Morelia, Michoacán, México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Waterman, P. G., & Mole, S. (1994). *Analysis of Phenolic Plant Metabolites*. Melbourne, Paris, Berlin, Viena.: Black Well Scientific Boston.
- Wegner, T. H., Baker, A. J., Bendtsen, B. A., Highley, T. L., Howard, J. L., Levan, S. L., . . . Zinkel, D. F. (1989). Vol. 17, wood. Secon edition John wiley & Sons.
- Wise, L. E., Murphy, M., & D', A. (1946). Chlorite holocellulose, its fraction and bearing on summative wood analysis and on studies on hemicelluloses. *Paper Trade J.*, 122, 35-43.

- Yazaki, Y., & Hillis, W. (1977). Polyphenolic extractives of *Pinus radiata* bark. *Holzforschung*, 20-25.
- Yuan, G., Gang Qiang, W., Kun, W., Ping, H., Fei, W., & Ji Kai, L. (2012). Isolation and Biomimetic Synthesis of (+)-Guajadial B, a Novel Meroterpenoid from *Psidium guajava*. *ORGANIC LETTERS*, 14(23), 5936-5939.
- Zelada Fonseca, C. (2012). Tesis de graduación: Determinación del poder calórico de especies forestales utilizadas como sombra de café en la cuenca alta y media del río Reventazón Cartago. Costa Rica. Cartago Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería Forestal.

Anexos

Anexo 1 Características de los fertilizantes

Fertilizante	Características físicas y químicas
Sulfato de Amonio	Nitrógeno 21% Azufre 24%
Urea	Nitrógeno 46%
18-46-0	Nitrógeno 18% Fosforo 46%
Triple 17	Nitrógeno 17% Fósforo 17% Potasio 17%
Súper Fosfato Triple de Calcio	Fosforo 19% Calcio 20% Azufre 12% Hierro 0.5%
Súper calcio	Nitrógeno 11.75% Calcio 23.42 Magnesio 5%