



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS CÓRDOBA

POSGRADO EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

FITOQUÍMICA DE TRES ESPECIES NATIVAS DE
***Passiflora* PARA EL DESARROLLO DE UN**
PRODUCTO NUTRACÉUTICO

ANTONIA JAZMÍN MAYO CONTRERAS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS

AMATLÁN DE LOS REYES, VERACRUZ, MÉXICO

2022

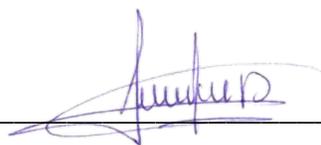
La presente tesis, titulada: **Fitoquímica de tres especies nativas de *Passiflora* para el desarrollo de un producto nutracéutico**, realizada por la alumna: **Antonia Jazmín Mayo Contreras**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA:



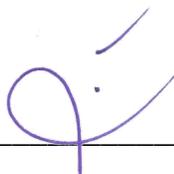
DRA. DORA ANGÉLICA AVALOS DE LA CRUZ

ASESOR:



DR. FERNANDO CARLOS GOMEZ MERINO

ASESOR:



MC. CARLOS GILBERTO GARCÍA GARCÍA

Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, 21 de Julio de 2022.

FITOQUÍMICA DE TRES ESPECIES NATIVAS DE *Passiflora* PARA EL DESARROLLO DE UN PRODUCTO NUTRACÉUTICO

Antonia Jazmín Mayo Contreras, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2022

RESUMEN

El fruto de la pasión es producido por varias especies del género *Passiflora*, que son aprovechadas en la industria alimentaria y farmacéutica por sus compuestos fitoquímicos. El objetivo de esta investigación fue evaluar la composición fitoquímica de frutos y hojas de las especies silvestres de *P. adenopoda*, *P. biflora* y *P. suberosa* de la Región de las Altas Montañas de Veracruz, México, para determinar su potencial nutracéutico. Los resultados de espectrofotometría, cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, por sus siglas en inglés), caracterización física y química, se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y comparaciones múltiples de Fischer ($p \leq 0.05$) para las medias. Se cuantificaron fenoles, flavonoides y algunos ácidos con actividad antioxidante, así como datos sobre dimensiones físicas y bromatológicos. Las hojas presentaron las mejores propiedades nutracéuticas, *P. biflora* y *P. suberosa* mostraron las concentraciones más altas de antioxidantes, por lo que cuentan con potencial para el desarrollo de productos nutracéuticos contra enfermedades crónico-degenerativas.

Palabras clave: *Passiflora*, antioxidantes, cromatografía, flavonoides, proteína.

PHYTOCHEMISTRY OF THREE NATIVE SPECIES OF *Passiflora* FOR THE DEVELOPMENT OF A NUTRACEUTICAL PRODUCT

Antonia Jazmín Mayo Contreras, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2022

ABSTRACT

Passion fruit is produced by several species of the genus *Passiflora*, which are used in the food and pharmaceutical industry for their phytochemical compounds. The objective of this research was to evaluate the phytochemical composition of fruits and leaves of wild species of *P. adenopoda*, *P. biflora* and *P. suberosa* from the Central Region of Veracruz, Mexico, to determine their nutraceutical potential. The results of spectrophotometry, high performance liquid chromatography, physical and chemical characterization were subjected to analysis of variance (ANOVA) and Fischer's multiple comparisons ($p \leq 0.05$) for means. Phenols, flavonoids and some acids with antioxidant activity were quantified, as well as data on physical and bromatological dimensions. The leaves presented the best nutraceutical properties, *P. biflora* and *P. suberosa* showed the highest concentrations of antioxidants, so they have potential for the development of nutraceutical products against chronic degenerative diseases.

Key words: *Passiflora*, antioxidants, chromatography, flavonoids, protein.

DEDICATORIA

A mis padres Ursulina y Mario Andrés

Ustedes han hecho posible esto, gracias por sus consejos, su apoyo incondicional, su tiempo, su amor, por darme la vida y guiarme, por creer en mí y formar la persona que soy. Este logro es nuestro.... Los amo, gracias por ser mis padres.

A mi familia

Por el cariño, apoyo, consejos y la comprensión dada durante mi formación profesional.

A mis amigos y compañeros

Alejandra, Cesar, Gabriela, Guadalupe, Juliana, Lizzette y Mayra, por estar siempre en los buenos y malos momentos, por su amistad, consejos y alegrar mis días. Brindemos por esas grandes amistades que nunca se olvidarán...

A Dios

A pesar de los retos a lo largo de mi carrera, me das fortaleza para enfrentar con valentía cada decisión que conlleva a grandes experiencias.

Estoy profundamente agradecida con todos, porque gracias a ustedes cumpliré una meta más... que Dios los bendiga.

Antonia Jazmín Mayo Contreras

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento económico otorgado para realizar mis estudios de Maestría en Ciencias a través de la beca No.1011780

A la Dra. Dora Angélica Avalos de la Cruz por sus consejos, apoyo y amistad brindada durante mi formación y en los momentos difíciles, agradecida por siempre.

A mis asesores, M.C. Carlos Gilberto García García y Dr. Fernando Carlos Gómez Merino por la confianza, apoyo, tiempo y dedicación brindada.

Al Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, la LGAC2 Innovación y desarrollo de procesos agroalimentarios para el bienestar social de la Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable, los Laboratorios de Extractos Vegetales, Ciencia de los Alimentos y Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados, la Subdirección de Vinculación, por las facilidades, uso de sus instalaciones y apoyo brindado para el cumplimiento de este proyecto de investigación.

CONTENIDO

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
ABREVIATURAS.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Mapa conceptual	3
1.2 Preguntas de investigación.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación	5
1.5 Hipótesis.....	6
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7

2.1 Generalidades de los frutos de especies silvestres de <i>Passiflora adenopoda</i> , <i>Passiflora biflora</i> y <i>Passiflora suberosa</i>	7
2.2 Contenido de antioxidantes en especies comerciales del género <i>Passiflora</i>	8
2.3 Cromatografía de especies del género <i>Passiflora</i> con propiedades medicinales..	9
2.4 Características físicas y químicas de frutos de especies de <i>Passiflora</i>	10
2.5 Potencial nutracéutico de especies del género <i>Passiflora</i>	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1 Ubicación del trabajo de investigación.....	12
3.1.1 Material vegetal	12
3.1.2 Acondicionamiento de la muestra.....	12
3.2 Determinación de antioxidantes mediante espectrofotometría	13
3.3 Determinación de metabolitos secundarios por Cromatografía Líquida de Alta Resolución.....	15
3.4 Determinación de propiedades físicas.....	16
3.5 Determinación de propiedades químicas.....	17
3.6 Análisis estadístico	18
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1 Contenido de antioxidantes en especies silvestres del género <i>Passiflora</i> de la región de las Altas Montañas de Veracruz	18

4.2 Concentración de metabolitos secundarios	22
4.3 Características físicas y químicas de frutos de especies de <i>Passiflora</i>	25
4.4 Potencial nutraceutico de las especies del género <i>Passiflora</i> evaluadas con base a los compuestos identificados	31
CONCLUSIONES.....	34
LITERATURA CITADA.....	36

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación botánica de tres especies silvestres del género <i>Passiflora</i> evaluadas.....	7
Cuadro 2. Contenido de antioxidantes en hojas de especies comerciales de <i>Passiflora</i>	9
Cuadro 3. Contenido de flavonoides en hojas de pasifloras analizadas por cromatografía líquida.....	10
Cuadro 4. Condiciones para medición de textura en frutos de pasifloras evaluados. ..	17
Cuadro 5. Capacidad antioxidante en extractos de especies silvestres del género <i>Passiflora</i> de la Región de las Altas Montañas de Veracruz en base seca (BS).....	19
Cuadro 6. Concentración de metabolitos secundarios en pasifloras silvestres de la Región de las Altas Montañas de Veracruz analizadas por HPLC-DAD.....	23
Cuadro 7. Características físicas de los frutos de especies silvestres de <i>Passiflora</i> de la Región de las Altas Montañas de Veracruz.	26
Cuadro 8. Color de frutos y hojas de especies silvestres del género <i>Passiflora</i> de la Región de las Altas Montañas de Veracruz.	27
Cuadro 9. Características químicas de frutos de especies silvestres del género <i>Passiflora</i> de la Región de las Altas Montañas de Veracruz	29
Cuadro 10. Características químicas de especies silvestres del género <i>Passiflora</i> de la Región de las Altas Montañas de Veracruz.	30

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Generalidades del fruto de especies del género *Passiflora*..... 3
- Figura 2.** Hojas y frutos de especies silvestres del género *Passiflora*: A. *Passiflora adenopoda*, B. *Passiflora biflora* y C. *Passiflora suberosa*..... 8

ABREVIATURAS

t: Toneladas

SIAP: Sistema Integral Agroalimentario y Pesquero

ppm: Partes por millón

RPM: Revoluciones por minuto

AOAC. Asociación Oficial de Químicos Analistas

EA: Extracto acuoso

EE: Extracto alcohólico

HPLC-DAD: Cromografía Líquida de Alta Resolución acoplada a Detector de Arreglo de Diodos

1. INTRODUCCIÓN

El fruto de diversas especies del género *Passiflora* es conocido como el fruto de la pasión. Diversas partes de estas plantas contienen metabolitos secundarios dentro de los cuales se encuentran fenoles, flavonoides y saponinas (Chaparro *et al.*, 2015; Bandara *et al.*, 2018), los cuales pueden ser extraídos con diversos disolventes como metanol (Marroquín *et al.*, 2012; Ramaiya *et al.*, 2014), etanol (Sabogal *et al.*, 2016; Gomes *et al.*, 2017), diclorometano (Marroquín *et al.*, 2012), éter de petróleo y acetona (Ramaiya *et al.*, 2014).

Las técnicas reportadas para la cuantificación de compuestos fitoquímicos es diversa, métodos espectrofotométricos (Bendini *et al.*, 2006; Carvajal *et al.*, 2011; Da Silva *et al.*, 2013; Ramaiya *et al.*, 2014) y técnicas cromatográficas (Correa *et al.*, 2020; Argentieri *et al.*, 2015; Zucolotto *et al.*, 2011); las cuales han sido consideradas para la elaboración de productos nutraceuticos (Zeraik *et al.*, 2012; Simirgiotis *et al.*, 2013; Franco *et al.*, 2014), terapéuticos (Wosch *et al.*, 2017), antimicrobianos (Bandara *et al.*, 2018) y fármacos (Bonilla *et al.*, 2015).

Algunas especies del género *Passiflora* han sido empleadas con fines medicinales, cosméticos y agropecuario (Carvajal *et al.*, 2011), por sus propiedades ansiolíticas y neurofarmacológicas (Ramaiya *et al.*, 2014), antihipertensivas (Rojas *et al.*, 2006) y anticancerígenas (Chaparro *et al.*, 2015).

En México se cuenta con limitada información sobre las especies del género *Passiflora*, y en particular de especies silvestres y poco comerciales, uno de ellos es el reportado

por Martínez *et al.* (2017), quienes evaluaron el contenido de antioxidantes en *P. edulis* Sims var. *flavicarpa* de tres estados de la República Mexicana. El objetivo de la presente investigación fue analizar la composición fitoquímica en hojas y frutos de tres especies silvestres del género *Passiflora* de la región de las Altas Montañas de Veracruz, México, y determinar su potencial en la industria alimenticia para el desarrollo de aditivos o alimentos nutracéuticos.

1.1 Mapa conceptual

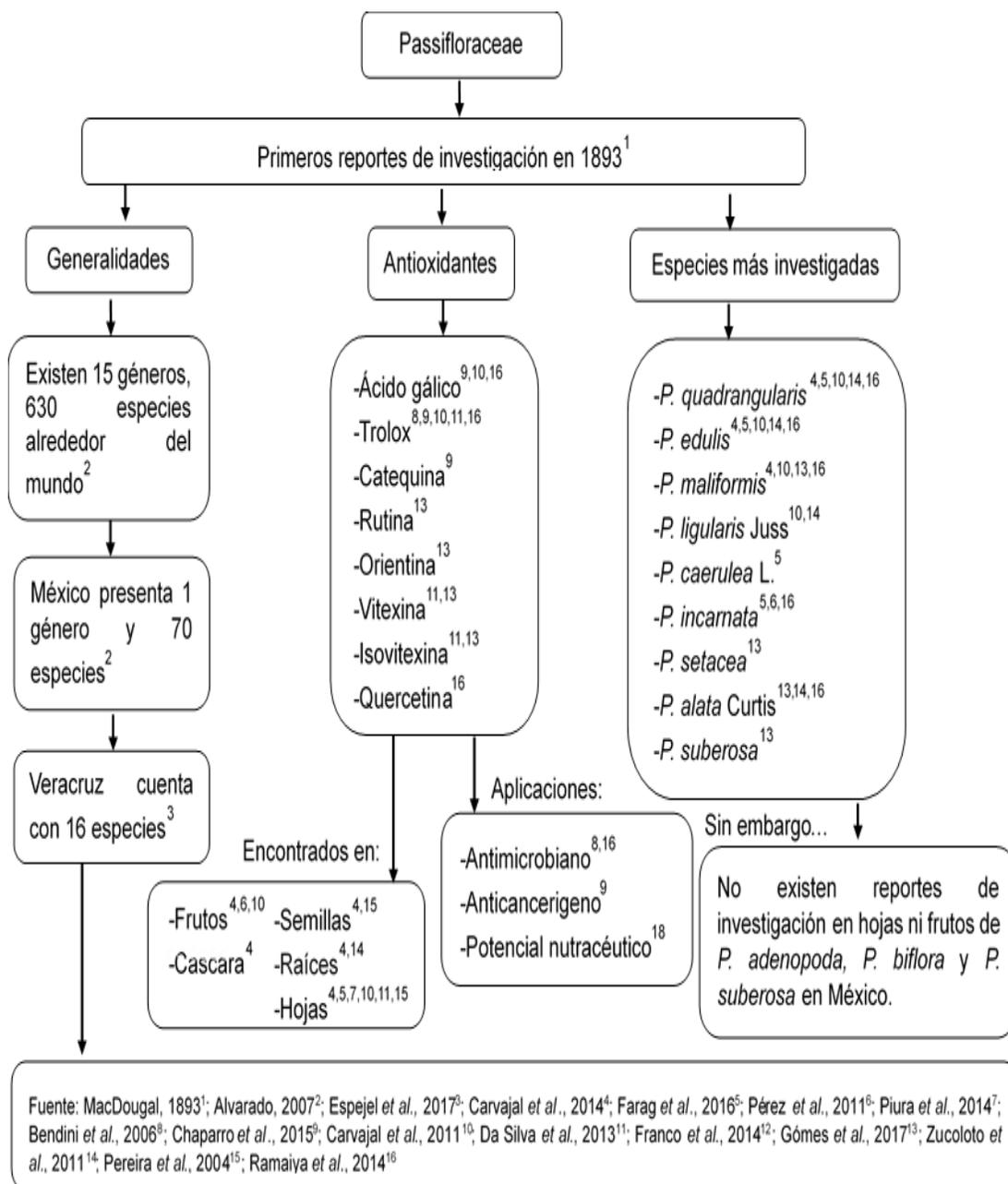


Figura 1. Generalidades sobre especies del género *Passiflora*.

Fuente: Elaboración propia con base en la literatura indicada.

1.2 Preguntas de investigación

¿Los compuestos presentes en las tres especies silvestres seleccionadas del género *Passiflora* pueden ser aprovechados para el desarrollo de productos nutraceuticos?

1. ¿Qué tipo de compuestos y concentración tienen estas tres especies silvestres del género *Passiflora* seleccionadas?
2. ¿Las características físicas y químicas de *P. adenopoda*, *P. biflora* y *P. suberosa* aportan al desarrollo de productos alimenticios?
3. ¿El tipo de metabolitos secundarios identificados pueden contribuir al desarrollo de productos alimenticios nutraceuticos?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Analizar la composición fitoquímica y antioxidante en tres especies silvestres del género *Passiflora* en la región de las Altas Montañas de Veracruz, México para determinar su potencial en el desarrollo de productos nutraceuticos.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Cuantificar la capacidad captadora de radicales libres en extractos de tres especies silvestres del género *Passiflora* para determinar el contenido de antioxidantes.

2. Determinar la composición fitoquímica en hojas y frutos de tres especies silvestres del género *Passiflora* para cuantificar compuestos químicos con potencial nutracéutico.
3. Conocer las características físicas y químicas de los frutos y hojas de tres especies silvestres del género *Passiflora* para identificar su potencial uso alimenticio.
4. Establecer una propuesta para el desarrollo de productos nutracéuticos derivados de partes comestibles de tres especies silvestres del género *Passiflora* a partir de los compuestos encontrados.

1.4 Justificación

Las especies de la familia Passifloraceae pueden producir diversos metabolitos secundarios en las partes aéreas de la planta, aprovechados en prevenir enfermedades crónico-degenerativas. Las especies silvestres *P. adenopoda*, *P. biflora* y *P. suberosa*, de la región de las Altas Montañas de Veracruz, la primera de uso local limitado, no han sido analizadas y se desconocen sus propiedades fitoquímicas. Considerando sus características silvestres y rusticidad, su amplia distribución en la región, y las características composicionales reportadas de especies comerciales de este género, es posible que puedan ser empleadas en el desarrollo de productos nutracéuticos de beneficio a la salud humana.

1.5 Hipótesis

Especies silvestres del género *Passiflora* tienen una composición similar a las especies comerciales reportadas en la literatura, por lo que cuentan con potencial para ser utilizadas con fines medicinales y el desarrollo de productos nutracéuticos de beneficio a la salud humana.

1. La capacidad antioxidante en las especies silvestres del género *Passiflora* es comparable a lo reportado para las especies comerciales.
2. La composición en fitoquímicos en frutos silvestres del género *Passiflora* es comparable a especies comerciales.
3. Las características físicas y químicas particulares de las especies silvestres del género *Passiflora* de la región de las Altas Montañas de Veracruz permitirán el desarrollo de productos para la industria alimentaria.
4. Las especies silvestres del género *Passiflora* analizadas presentan compuestos de interés para desarrollar un producto nutracéutico para fortalecer la salud humana.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades de los frutos de especies silvestres de *Passiflora adenopoda*, *Passiflora biflora* y *Passiflora suberosa*

Las especies del género *Passiflora* (Cuadro 1) son plantas trepadoras (Figura 1), que se encuentran distribuidas en regiones tropicales de Asia, Oceanía y América. En México, estas especies crecen y se producen en varios Estados con clima tropical, subtropical y trópico seco, dentro de los que destaca Veracruz (Alvarado, 2007), principal productor de maracuyá (*P. edulis*).

Cuadro 1. Clasificación botánica de tres especies silvestres de *Passiflora* evaluadas.

Taxón	Nombre
Reino	Plantae
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malpighiales
Familia	Passifloraceae
Género	<i>Passiflora</i>
Especies	<i>adenopoda</i> DC. <i>biflora</i> Lam <i>suberosa</i> L.

Fuente: GBIF, 2020

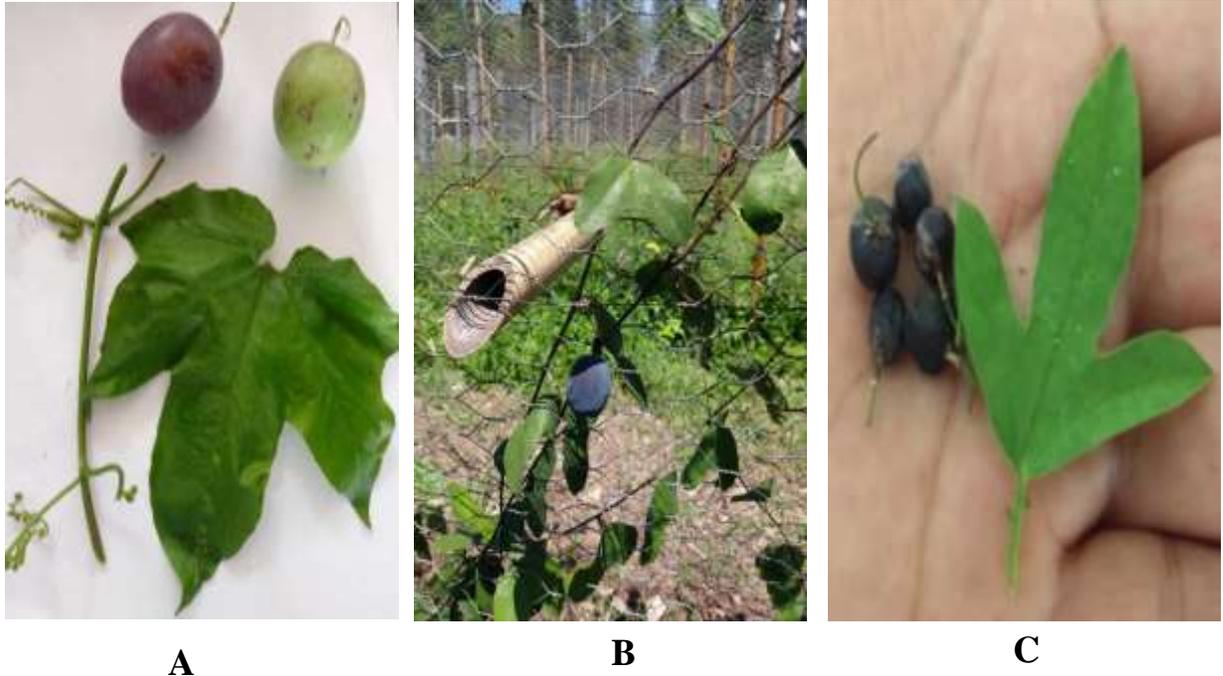


Figura 2. Hojas y frutos de: A. *Passiflora adenopoda*, B. *Passiflora biflora* y C. *Passiflora suberosa*.

Fuente: Toma propia, 2021.

Veracruz cuenta con 16 especies del género *Passiflora*, dentro de las que destacan *P. biflora* Lam, *P. adenopoda* DC. y *P. suberosa* L. como especies silvestres (Espejel *et al.*, 2017). Dentro de los frutos de pasifloras, el maracuyá (*P. edulis*) es la más conocida en México, cuya producción nacional se centra en Veracruz, Guerrero, Jalisco, Morelos y Nayarit. En el periodo 2010 a 2019 se cosecharon 13,585 t de fruto, generando ganancias por 104 millones de pesos (SIAP, 2021).

2.2 Contenido de antioxidantes en especies comerciales del género *Passiflora*

Los antioxidantes de *P. edulis*, mostraron reducción de estrés oxidativo y peroxidación lipídica en ratones Wistar (Da Silva *et al.*, 2013). A su vez, Marroquín *et al.* (2012),

concluyeron que *P. ligularis*, presenta la mayor concentración de antioxidantes, seguida de *P. edulis* y *P. incarnata*. Sin embargo, Ramaiya *et al.* (2014), encontraron en hojas y tallos de *P. quadrangularis* la mayor acumulación de antioxidantes (Cuadro 2), a diferencia de *P. edulis* y *P. maliformis*

Cuadro 2. Contenido de antioxidantes en hojas de especies comerciales de *Passiflora*.

Especie	ABTS ¹	DPPH ¹	Fenoles ²	Fuente
<i>P. edulis</i> var <i>edulis</i>	0.67	0.269	0.1	Carvajal <i>et al.</i> , 2011
<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	0.418	0.127	3.15	
<i>P. edulis</i>	19.2	1.1 ³	8.3	Da Silva <i>et al.</i> , 2013
<i>P. ligularis</i>	8.34 ³	5.48 ³	0.03	Marroquín <i>et al.</i> , 2012
<i>P. incarnata</i>	6.35 ³	4.77 ³	0.01	
<i>P. edulis</i>	NR	2.3 ³	23.7	Ramaiya <i>et al.</i> , 2014
<i>P. quadrangularis</i>	NR	3.4 ³	37.4	

¹ $\mu\text{M TEAC g}^{-1}$: micromoles de capacidad antioxidante equivalente Trolox por gramo; ² mg ácido gálico g^{-1} extracto seco, ³ $\mu\text{M TEAC mL}^{-1}$, ABTS: 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico), DPPH: 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo. NR: No reportado

Las especies *P. quadrangularis*, *P. maliformis*, *P. ligularis* y *P. edulis* presentan en hojas los valores más altos de antioxidantes, en contraste a los frutos, debido a la interferencia de la vitamina C, minerales y carotenoides (Carvajal *et al.*, 2011).

2.3 Cromatografía de especies del género *Passiflora* con propiedades medicinales

La especie *P. loefgrenii* presenta en hojas y tallos vitexina e isovitexina, compuestos con propiedades terapéuticas (Argentieri *et al.*, 2015). La isovitexina en *P. edulis* (Cuadro 3) permite el control glucémico, la reducción de lipoproteínas de baja densidad y disminución de acción oxidativa en ratones (Correa *et al.*, 2020). Simirgiotis *et al.* (2013),

reportaron propiedades nutraceuticas en *P. tripartita* debido a la acción de vitexina de frutos. También, se ha identificado epicatequina en *P. cerúlea* (Smilin *et al.*, 2020), rutina en *P. edulis* (Zeraik y Yariwake, 2010), quercetina en *P. edulis*, *P. alata* y *P. ligularis* (Rotta *et al.*, 2018).

Cuadro 3. Contenido de flavonoides en hojas de especies del género *Passiflora* analizadas por cromatografía líquida.

Especie	mg vitexina g ⁻¹	mg isovitexina g ⁻¹	mg rutina g ⁻¹	Autor
<i>P. edulis</i>	0.4	0.5	NR	Da silva <i>et al.</i> , 2013
<i>P. capsularis</i>	0.93	NR	NR	
<i>P. setacea</i>	0.97	3.30	NR	
<i>P. galbana</i>	NR	1.53	1.02	Gomes <i>et al.</i> , 2017
<i>P. mucronata</i>	NR	NR	0.94	
<i>P. suberosa</i>	NR	NR	0.14	

Los resultados reportados en base seca. Concentración en extracto, NR: No reportado

2.4 Características físicas y químicas de frutos de especies de *Passiflora*

Los frutos de *P. quadrangularis* son conocidos como parcha, tienen forma oblonga, contienen 93 por ciento de humedad y pH de 5.58 (Acurio *et al.*, 2015). La longitud de frutos de *P. edulis* es 8.96 cm (Arias *et al.*, 2014). Carvajal *et al.* (2014a), reportan para frutos de *P. ligularis* uno por ciento de cenizas y 77.6 por ciento de humedad. Carvajal *et al.* (2014a), para *P. edulis*, *P. maliformis* y *P. quadrangularis*, obtuvieron 85.5 por ciento de humedad, 0.9 por ciento cenizas y 13.6 por ciento de fibra.

Cruz *et al.* (2010), encontraron en frutos de *P. edulis* de Veracruz, México, un peso de 101.3 g, 3.5 de pH y 3.4 por ciento ácido cítrico. Frutos de *P. edulis* evaluados por Del Pilar *et al.* (2007), registran un peso de 55.9 g, diámetro longitudinal y ecuatorial de 5.6

y 5.4 cm. *P. ligularis* mostró un pH de 4.8, 0.4 por ciento ácido cítrico y 86.1 por ciento humedad (Márquez *et al.*, 2009).

2.5 Potencial nutracéutico de especies del género *Passiflora*

Compuestos fenólicos y flavonoides detectados en especies de *Passiflora* evidencian el uso medicinal de los agricultores, y su importancia nutricional por el contenido de magnesio y zinc (Carvajal *et al.*, 2014a; Carvajal *et al.*, 2014b). *P. loefgrenii* presenta propiedades terapéuticas y sedativas, gracias a los flavonoides para la prevención y mantenimiento de la salud (Argentieri *et al.*, 2015), mientras que, *P. edulis* es rico en antioxidantes, que mostraron reducción contra estrés oxidativo además de la reducción de peroxidación lipídica en ratas, previniendo el daño oxidativo (Da Silva *et al.*, 2013). *P. nítida* y *P. palmeri* contienen fenoles y flavonoides que muestran actividad antimicrobiana (Bendini *et al.*, 2006). Bandara *et al.* (2018), concluyeron que *P. suberosa*, es un buen candidato para el desarrollo de productos antimicrobianos debido a su actividad antioxidante. Dos Santos *et al.* (2006), hallaron en *P. actinia* flavonoides con actividad ansiolítica y sedativa. *P. edulis* mostro evidencia antidiabética en ratas Wistar, debido a flavonoides (Correa *et al.*, 2020; Shanmugam *et al.*, 2018). Frutos de *P. foetida* son ricos en compuestos fenólicos, con potencial nutracéutico (Song *et al.*, 2018), así como *P. caerulea* con actividad anticonvulsionante y potencial terapéutico (Smilin *et al.*, 2020); además de antitumorales (Guimarães *et al.*, 2020).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del trabajo de investigación

Para el desarrollo de este trabajo de investigación, el material biológico se colectó en los municipios de Amatlán de los Reyes, Córdoba, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz, que pertenecen a la región de las Altas Montañas. Así también, en ejemplares de plantaciones del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, en el Municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México (645 m de altitud, 18°51'26 LN, 96°51'46 LW).

3.1.1 Material vegetal

Las hojas y frutos fueron colectados en los meses de febrero y marzo del 2021, con excepción de frutos de *P. suberosa*, afectados por la sequía. Las muestras consistieron en hojas y frutos en estado de madurez organoléptica, de las partes intermedias de las guías, sin partículas de residuos ni tierra. Las muestras fueron transportadas en cajas de cartón a temperatura ambiente al Laboratorio de Extractos Vegetales del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba para su inmediato proceso y análisis.

3.1.2 Acondicionamiento de la muestra

Las muestras fueron lavadas con agua potable con NaClO (100 ppm), el exceso de agua, se retiró con toallas (Sanitas®). Una muestra fue enviada al Instituto de Ecología, A.C. de Xalapa, Veracruz, México, para el depósito en la colección del herbario de esta institución, la cual fue preparada de acuerdo a las indicaciones del responsable.

Para la cuantificación de analitos por espectrofotometría y cromatografía, las muestras limpias fueron cortadas en trozos pequeños y secados en horno (Terlab) a 40 °C por 72 h, posteriormente se trituraron en un mortero para su almacenado en bolsas herméticas hasta su uso.

3.2 Determinación de antioxidantes mediante espectrofotometría

Los extractos se prepararon de acuerdo a Da Silva *et al.* (2013), con 0.5 g de muestra en 50 mL de solvente, agua (Wöhler, México) para el extracto EA (Extracto acuoso) y etanol absoluto (Meyer®, México) para el extracto EE (Extracto alcohólico) Ambos extractos se maceraron 24 h y centrifugaron (Eppendorf 5810 R) a 4000 RPM por 10 minutos a 4°C (Ramaiya *et al.*, 2014), se refrigeraron hasta su uso.

Los flavonoides se determinaron con la metodología de Heimler *et al.* (2005), 250 µL del extracto, 1.25 mL de agua (Wöhler, México), 75 µL de NaNO₂ 5 % (Meyer®, México), homogenizando en vortex e incubó seis minutos en oscuridad, enseguida se adicionaron 150 µL AlCl₃ 10 % (Meyer®, México) y se dejó reposar 5 minutos en oscuridad. Finalmente, se agregaron 0.5 mL de NaOH 1 M (Fermont®, México) y 2.5 mL de agua y se realizó la lectura en el espectrofotómetro (Genesy 10S UV-visible Thermo Scientific, E.U.A) a 510 nm. Se utilizó como estándar catequina (≥ 95% Sigma Life), los resultados se reportan en mg de catequina g⁻¹ muestra seca. La curva de calibración de catequina generó la ecuación: $y=0.0017x+0.0074$, $R^2=0.9974$.

La cuantificación de fenoles siguió el método Folin-Ciocalteu (Swain y Hillis, 1959). Se mezclaron a temperatura ambiente y en oscuridad por 3 minutos: 100 µL de extracto, 3.2

mL de agua y 100 μ L de reactivo Folin- Ciocalteu 2 N (Sigma-Aldrich®, EUA), enseguida se adicionaron 400 μ L de Na_2CO_3 1 N (Meyer®, México) e incubó 2 h a temperatura ambiente en oscuridad. Se realizó la lectura en el espectrofotómetro a 725 nm, con ácido gálico (Fermont, México) como estándar. Los resultados se reportan en mg de ácido gálico g^{-1} de muestra seca. La curva de calibración de ácido gálico, generó la ecuación: $y=0.0018x - 0.0378$, $R^2=0.9926$

La capacidad antioxidante equivalente en Trolox (ácido-6-hidroxi-2, 5, 7, 8-tetrametilcroman-2-carboxílico) se determinó de acuerdo con Bendini *et al.* (2006), con el radical catión ABTS 7 mM (Sigma®, Canadá) y persulfato de potasio 2.45 mM (Sigma Life Science, Canadá) en 5 mL de agua destilada, se incubó en oscuridad a temperatura ambiente por 12 h. La solución fue diluida en etanol (Meyer®, México) hasta obtener una absorbancia de 0.70 a 734 nm. 5 mL de la solución ABTS ajustada se mezclaron con 50 μ L de extracto, se incubó por 10 minutos y se leyó a una absorbancia de 734 nm, el blanco fue etanol (Meyer®, México). La curva de calibración de Trolox para ABTS, generó la ecuación: $y=0.0238x + 11.485$, $R^2=0.9942$

La determinación de la capacidad antioxidante equivalente en Trolox para el radical libre DPPH, se basó en la metodología de Thaipong *et al.* (2006), 1 mL de extracto más 2 mL de DPPH (Aldrich®, Alemania) reposaron 15 minutos en oscuridad, enseguida se leyó su absorbancia a 515 nm, con metanol (J.T. Baker®, EUA) como blanco. Para los ensayos ABTS y DPPH se utilizó Trolox ($\geq 97\%$ Sigma Chemistry, Rusia) para la curva de calibración. Los resultados se expresan en $\mu\text{M TEAC g}^{-1}$ (micromoles de capacidad

antioxidante equivalente Trolox por gramo muestra). La curva de calibración de Trolox para DPPH, generó la ecuación: $y=0.2353x + 26.216$, $R^2=0.9985$

3.3 Determinación de metabolitos secundarios por Cromatografía Líquida de Alta Resolución

Las muestras vegetales se deshidrataron por tres días en horno (Terlab) a 40°C, trituradas en mortero (Costa *et al.*, 2013) y desgrasadas en frío con éter de petróleo (J.T. Baker®, EUA) por 72 h (Singh *et al.*, 2012). El extracto se obtuvo de acuerdo a Shanmugam *et al.* (2019) y Pereira *et al.* (2005), 0.5 g de muestra se maceró en 50 mL de metanol grado HPLC (J.T. Baker®, EUA) por 24 h a temperatura ambiente en oscuridad, se filtró en papel Whatman No. 1 y se mantuvo en refrigeración (Torrey RS-16/ LOQ-0322) hasta su uso.

Los estándares empleados vitexina ($\geq 95\%$), isovitexina ($\geq 95\%$), ácido vainílico ($\geq 97\%$), ácido *p* cumárico ($\geq 98\%$), catequina ($\geq 99\%$) y ácido sináptico ($\geq 98\%$) de Sigma Aldrich CAS 3681-93-4, 38953-85-4, 121-34-6, 501-98-4, 154-23-4 y 530-59-6; kaempferol ($\geq 97\%$), ácido cafeíco ($\geq 98\%$) y epicatequina ($\geq 90\%$) de Sigma Life Science CAS 520-18-3, 331-39-5 y 490-46-0; rutina ($\geq 95\%$) de Phyproof CAS 153-18-4; quercetina* 2H₂O ($\geq 81.7\%$) de European Pharmacopoeia CAS 6151-25-03; ácido clorogénico ($\geq 95\%$) y ácido ferúlico ($\geq 99\%$) con CAS 327-97-9 y 537-98-4 de Aldrich Chemistry, fueron diluidos en metanol: agua (20:80).

Los extractos y estándares se filtraron en membrana Millex-HV- 0.45 μm , y recibidos en viales ámbar de 2 mL (Agilent). Las condiciones de operación y fases móviles empleadas

para vitexina, isovitexina, catequina, kaempferol, rutina y quercetina, siguieron lo recomendado por Elsas *et al.* (2010), inyectando 15 μL de muestra, flujo de 1 mL min^{-1} , a 40°C, con un gradiente binario de acetonitrilo HPLC (J.T. Baker, EUA) con 0.1% de ácido acético (Fermont, México) y agua HPLC (J. T. Baker, México) con 0.1% de ácido acético. El gradiente tuvo un incremento de 5, 25, 50 y 70 %, en 0, 20, 35 y 40 minutos, una longitud de onda de 350 nm, mientras que, para los ácidos vainílico, *p* cumárico, sináptico, cafeíco, clorogenico, ferúlico y epicatequina, se inyectaron 10 μL , la fase móvil fue acetonitrilo, agua y 0.1% de ácido fosfórico (20:40:40), el flujo de 1 mL min^{-1} , a 40 °C y longitud de onda de 203 nm (Zhou *et al.*, 2019). Se empleó una columna C₁₈ (Hypersil GOLD, Lituania, 150 mm × 4.6 mm, 5 μm) en un equipo HPLC (Agilent 1200 Santa Clara, CA, USA) acoplado a un detector de arreglo de diodos (DAD-61315D).

3.4 Determinación de propiedades físicas

Una muestra de 48 frutos de *P. adenopoda*, 55 de *P. biflora* (sin pedúnculo) se les determinó el peso en balanza (Ohaus, modelo scout pro), longitud, diámetro longitudinal y ecuatorial con un vernier digital (Auto Tec). La determinación de textura en un texturómetro (EZ-S SOON Shimadzu, Suiza) con el software Trapezium 2, se realizó de acuerdo a Martínez *et al.* (2017), con modificaciones, en la parte horizontal del fruto a temperatura ambiente (Cuadro 4), los resultados se expresan en Newtons.

Cuadro 4. Condiciones para medición de textura en frutos de *Passiflora* evaluados.

Parámetro	Especificación
Diámetro del punzón (mm)	1.5
Velocidad de desplazamiento (mm s ⁻¹)	2
Distancia de penetración (mm)	35% de fruto

Fuente: Martínez *et al.*, 2017

La medición de color se realizó de manera directa sobre la muestra a temperatura ambiente, con un colorímetro (Chroma meter CR-400, marca Konica Minolta Optics Inc.) calibrado con su blanco. Se registraron los valores de L* (luminosidad), a* (variación de rojo-verde) y b* (variación amarillo-azul), con cuyos datos se calculó el ángulo de matiz (Hue°).

3.5 Determinación de propiedades químicas

El pH se determinó con potenciómetro (Thermo scientific, modelo: Orión 3 star) (AOAC 2000). El porcentaje de humedad fue por pérdida de peso en horno (Terlab), con el método AOAC (1990). El porcentaje de acidez titulable con referencia a ácido cítrico se realizó de acuerdo a Zapata *et al.* (2013), con NaOH 0.1 N. El contenido de cenizas con la NMX-F-006-S-1978 a 550 °C en la mufla (Scorpion Scientific A-52230, México) hasta calcinación. El porcentaje de fibra cruda se determinó por digestión secuencial de H₂SO₄ (J.T. Baker®, EUA) e NaOH (Fermont®, México) (AOAC, 1997). El contenido de proteína por el Método Kjeldahl (Labconco Rapid Distillation Unit, AOAC, 1990).

3.6 Análisis estadístico

Se reportan la media \pm desviación estándar (SD). Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), aplicando el método LSD de Fisher y un nivel de confianza de 95%, en software Minitab versión No. 19. Todos los experimentos fueron realizados por triplicado.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Contenido de antioxidantes en especies silvestres del género *Passiflora* de la región de las Altas Montañas de Veracruz

La concentración de catequina en las especies silvestres (Cuadro 5) fue 2.07 a 10.35 mg g⁻¹ en base seca (BS), se observaron los valores más altos en los ensayos a base de agua, resultados mayores a lo reportado por Bendini *et al.* (2006), en *P. nitida*, *P. foetida*, *P. alata* y *P. coriácea*, con 1.3 mg catequina g⁻¹ muestra fresca, posiblemente debido a la interferencia del agua durante el análisis de flavonoides.

Cuadro 5. Capacidad antioxidante en extractos de hojas y frutos de especies silvestres del género *Passiflora* de la Región de las Altas Montañas de Veracruz en base seca (BS).

Especie	Antioxidante concentración	Flavonoides mg catequina g ⁻¹		Fenoles mg ácido gálico g ⁻¹		Trolox (ABTS) μM TEAC g ⁻¹		Trolox (DPPH) μM TEAC g ⁻¹	
		EA	EE	EA	EE	EA	EE	EA	EE
<i>Passiflora adenopoda</i>	Hojas	5.04±0.13 ^d	8.83±0.89 ^a	12.74±0.46 ^d	3.04±0.03 ^c	32.26±4.04 ^b	2.87±0.44 ^b	23.84±0.22 ^b	1.72±0.06 ^c
<i>Passiflora biflora</i>		6.36±0.12 ^b	3.12±0.04 ^c	20.06±0.11 ^b	3.5±0.04 ^b	37.56±0.13 ^a	6.48±0.87 ^a	20.33±0.68 ^c	8.74±1.06 ^a
<i>Passiflora suberosa</i>		10.35±0.15 ^a	8.06±0.26 ^b	18±1.61 ^c	8.27±0.4 ^a	31.47±2.06 ^b	6.42±0.42 ^a	65.31±2.03 ^a	0.72±0.09 ^d
<i>Passiflora adenopoda</i>	Frutos	2.66±0.12 ^e	2.07±0.05 ^d	7.15±0.77 ^e	1.78±0.12 ^e	15.85±0.34 ^c	1.90±0.12 ^b	14.84±0.47 ^d	0.39±0.03 ^d
<i>Passiflora biflora</i>		5.53±0.18 ^c	2.38±0.02 ^{cd}	23.4±0.37 ^a	2.57±0.01 ^d	34.39±1.5 ^{ab}	ND	22.45±0.37 ^b	3.1±0.04 ^b

Dónde: EA: extracto acuoso; EE: extracto alcohólico, ND: No detectado, μM TEAC g⁻¹: micromoles capacidad antioxidante equivalente Trolox por gramo. ABTS: ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) y DPPH: 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo. Valores con letras diferentes en la misma columna, indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

Chaparro *et al.* (2015), reportan 19.1 mg catequina g⁻¹ BS, en frutos de *P. mollissima*, superior al de las especies evaluadas, en su proceso aplicaron liofilización y eliminaron la mayor cantidad de agua presente.

El contenido de ácido gálico encontrados en *P. biflora* y *P. suberosa*, es mayor al reportado por Ramaiya *et al.* (2014), en *P. quadrangularis* de 15.2 mg g⁻¹ y 17.1 mg g⁻¹ en *P. maliformis*, solo para extractos acuosos. Smilin *et al.* (2020), encontraron en *P. caerulea* 24.6 mg g⁻¹, superiores a los obtenidos en este trabajo en *P. biflora*. Bendini *et al.* (2006), indican para *P. nitida*, *P. alata*, *P. foetida* y *P. palmeri* valores entre 0.2 a 1.3 mg ácido gálico g⁻¹ fresco, mostrando que el proceso de deshidratado, interfiere directamente en la cuantificación del analito.

Da Silva *et al.* (2013), reportan 8.3 mg ácido gálico g⁻¹ en *P. edulis*, valor inferior a los frutos de la pasión analizados, con excepción del extracto etanólico en el cual los resultados son más cercanos. Carvajal *et al.* (2011), indican valores de 1 a 79.8 mg g⁻¹ en *P. quadrangularis*, *P. ligularis* y *P. edulis*, las hojas y frutos de las especies evaluadas mostraron valores en este rango de concentración reportada. Song *et al.* (2018), cuantificaron 0.45 mg g⁻¹ liofilizado de porción comestible y 2.03 mg g⁻¹ en la no comestible de *P. foetida*, concentraciones menores a las obtenidas en el extracto etanólico de *P. adenopoda* y de *P. biflora*.

Los resultados obtenidos en frutos de *P. adenopoda* y *P. biflora*, son más altos que la concentración de 1.25 mg g⁻¹ en *P. mollissima* reportada por Chaparro *et al.* (2015); así

como la obtenida por Oliveira *et al.* (2018), de 0.95 mg g⁻¹ en *P. setacea*, es posible que hubo un efecto por la época de cosecha y el sistema de siembra.

Para el radical catiónico ABTS en las especies de *Passiflora* evaluadas (Cuadro 5), Carvajal *et al.* (2011), reportaron 4.18 a 163.29 µM TEAC g⁻¹ en hojas de 4 especies de *Passiflora*; los valores reportados para *P. edulis* de 6.7 µM TEAC g⁻¹ son comparables a los encontrados en el extracto etanólico de hojas de *P. suberosa* y *P. biflora*, mientras que en los frutos de las mismas especies fue de 0.1 a 0.42 µM TEAC g⁻¹. Da Silva *et al.* (2013), obtuvieron 19.2 µM TEAC g⁻¹ en *P. edulis*, concentración más baja a los extractos acuosos, con excepción de *P. adenopoda* y más alta que los extractos etanólicos.

En el ensayo del radical libre DPPH (Cuadro 5), Carvajal *et al.* (2011), reportaron para 4 especies de *Passiflora*, de 0.5 a 4.4 µM TEAC g⁻¹ en hojas y 0.1 a 0.2 µM TEAC g⁻¹ en frutos, en los análisis de esta investigación los extractos etanólicos de hojas y frutos se encuentran en este rango, en cambio las concentraciones de los extractos acuosos son más altos. En *P. mollissima*, Chaparro *et al.* (2015), obtuvieron valores de 608.4 µM TEAC g⁻¹, concentración muy superior al obtenido en este trabajo, posiblemente debido a que los primeros usaron extractos de frutos completos (cáscara, pulpa, semillas) y en este ensayo solo se utilizó la pulpa. Oliveira *et al.* (2018), encontraron de 36.7 a 64.3 µM TEAC g⁻¹ en frutos deshidratados de *P. setacea*, concentraciones comparables a las obtenidas en el extracto acuoso de hojas de pasifloras silvestres.

Como se ha mostrado, las especies del género *Passiflora* evaluadas en esta investigación presentan concentraciones favorables en extractos acuosos, y

concentraciones inferiores en extractos etanólicos, el tipo antioxidantes cuantificados deben incluirse en la dieta humana para la prevención de enfermedades y el mantenimiento de la salud contra cáncer y diabetes tipo 2 (Argentieri *et al.*, 2015; Shanmugam *et al.*, 2018; Chaparro *et al.*, 2013) lo que representa oportunidades de aprovechamiento en la región de las Altas Montañas de Veracruz.

4.2 Concentración de metabolitos secundarios

Se cuantificaron once compuestos en hojas y frutos de la pasión (*Passiflora* spp.), sin embargo, no fue posible detectar picos de quercetina y el kaempferol en los ensayos, debido a la longitud de onda de lectura empleada o la ausencia de estos compuestos en la muestra (Cuadro 6). Se observa que la especie *P. biflora* tiene mayor presencia de flavonoides, en comparación con *P. adenopoda*, mientras que *P. suberosa* mostro los mayores valores de rutina, ácido vainílico y ácido *p* cumárico. Da Silva *et al.* (2013), encontraron en hojas de *P. edulis* en Brasil, 0.4 mg vitexina g⁻¹ y 0.5 mg isovitexina g⁻¹, valores superiores a los detectados, debido la especie evaluada y lugar de desarrollo de la planta.

Cuadro 6. Concentración de metabolitos secundarios en especies silvestres de *Passiflora* de la región de las Altas Montañas de Veracruz analizadas por HPLC-DAD.

Parte aérea	Hojas			Frutos	
Compuesto	<i>Passiflora adenopoda</i>	<i>Passiflora biflora</i>	<i>Passiflora suberosa</i>	<i>Passiflora adenopoda</i>	<i>Passiflora biflora</i>
µg catequina g ⁻¹	56.65±2.54 ^a	16.61±1.08 ^c	ND	30.78±0.96 ^b	ND
µg rutina g ⁻¹	ND	ND	2075.07±144.45 ^a	ND	430.62±2.14 ^b
µg vitexina g ⁻¹	20.23±0.85 ^c	152.57±8.46 ^a	107.01±5.97 ^b	ND	ND
µg isovitexina g ⁻¹	8.70±0.42 ^c	74.71±6.02 ^b	ND	ND	165.91±2.24 ^a
µg quercetina g ⁻¹	ND	ND	ND	ND	ND
µg kaempferol g ⁻¹	ND	ND	ND	ND	ND
µg ácido clorogénico g ⁻¹	472.34±20.20 ^c	600.61±29.82 ^b	247.79±7.77 ^d	466.53±24.3 ^c	1749.38±77.67 ^a
µg epicatequina g ⁻¹	224.01±4.6 ^b	443.65±4.14 ^a	ND	60.91±0.33 ^c	403.53±14.97 ^{ab}
µg ácido vainílico g ⁻¹	ND	490.45±27.49 ^c	2052.64±136.31 ^a	1046.87±70.02 ^b	486.57±78.74 ^c
µg ácido cafeíco g ⁻¹	74.25±2.12 ^b	ND	ND	ND	121.7±22.08 ^a
µg ácido <i>p</i> cumárico g ⁻¹	ND	3577.11±130.56 ^b	9267.44±235.61 ^a	ND	1998.70±124.08 ^c
µg ácido sináptico g ⁻¹	ND	ND	ND	88.89±4.03	ND
µg ácido ferúlico g ⁻¹	55.34±3.37 ^d	73.63±2.64 ^c	419.73±6.43 ^a	ND	107.42±4.7 ^b

Se reporta la media ± DS. Dónde: ND: No detectado. Valores con letras diferentes en la misma fila, indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

Grice *et al.* (2001) reportaron 16.3 a 2301.5 μg vitexina g^{-1} y 6.59 a 439.7 μg isovitexina g^{-1} en hojas de *P. incarnata*; en este caso, los resultados obtenidos en las especies evaluadas se encuentran en este intervalo.

Gomes *et al.* (2017) encontraron 0.93 mg vitexina g^{-1} de *P. capsularis* y 0.97 mg g^{-1} en *P. setacea*, concentraciones superiores a las muestras de este trabajo. También, cuantificaron entre 0.2 a 3.3 1.49 mg de isovitexina g^{-1} en hojas de 11 especies de *Passiflora*, los resultados obtenidos en hojas de *P. biflora* son cercanos a los reportados para *P. racemosa*.

Los mismos autores reportaron 1.02 mg rutina g^{-1} de *P. galbana*, 0.94 mg g^{-1} en *P. mucronata* y 0.14 mg g^{-1} para *P. suberosa*; las concentraciones obtenidas en nuestra investigación se consideran altas, dado que las hojas de *P. suberosa* mostraron 2.07 mg rutina g^{-1} .

En la pulpa de *P. setacea* Oliveira *et al.* (2018), detectaron de 0.2 mg isovitexina g^{-1} , los resultados más cercanos fueron los obtenidos en el fruto de *P. biflora* de 0.16 mg isovitexina g^{-1} . Rotta *et al.* (2018), cuantificaron en frutos frescos 227 μg rutina kg^{-1} de *P. edulis* y 289 μg rutina kg^{-1} de *P. alata*, concentraciones inferiores a las obtenidas en *P. biflora*. El contenido de rutina en hojas de *P. leschenaultii* fue de 1.8 mg g^{-1} (Shanmugam *et al.*, 2019), siendo menor a hojas de *P. suberosa* con 2.07 mg g^{-1} , posiblemente por el empleo de acetona para la extracción, a diferencia del uso de metanol que es adecuado para la transferencia de flavonoides.

Rotta *et al.* (2018), detectaron 0.183 $\mu\text{g g}^{-1}$ ácido clorogénico en frutos de *P. edulis*, también reportan para ácido vainílico, 0.426 $\mu\text{g g}^{-1}$ de *P. edulis*, 0.178 $\mu\text{g g}^{-1}$ en *P. alata* y 0.050 $\mu\text{g g}^{-1}$ en *P. ligularis*. Para el ácido cafeico obtuvieron 0.056 $\mu\text{g g}^{-1}$ de *P. edulis* y 0.068 $\mu\text{g g}^{-1}$ de *P. ligularis*. La concentración reportada de ácido *p*-cumarico fue de 0.24 $\mu\text{g g}^{-1}$ de *P. edulis*, 0.139 $\mu\text{g g}^{-1}$ de *P. alata* y 0.06 $\mu\text{g g}^{-1}$ de *P. ligularis*. Finalmente reportan para el ácido ferúlico 0.015 $\mu\text{g g}^{-1}$ de *P. edulis*. Estas concentraciones son inferiores a las obtenidas en los frutos de las especies de *Passiflora* evaluadas, las diferencias pueden deberse al procesamiento de las muestras, dado que, en este caso, se extrajo la mayor cantidad de agua posible, así como el proceso de extracción empleado que influyó en la cuantificación, además la extracción QuEChERS donde emplearon acetonitrilo, solvente de baja polaridad, que afectó la transferencia de flavonoides afines a solventes polares como el metanol.

Shaumugan *et al.* (2018), reportaron para frutos de *P. subpeltata*, 0.020 $\mu\text{g g}^{-1}$ ácido clorogénico; 0.046 $\mu\text{g g}^{-1}$ ácido vainílico; 0.022 $\mu\text{g g}^{-1}$ de epicatequina; 0.009 $\mu\text{g g}^{-1}$ de ácido cinámico y 0.055 $\mu\text{g g}^{-1}$ ácido ferúlico, datos inferiores a los obtenidos, que puede deberse a los solventes de extracción empleados.

4.3 Características físicas y químicas de frutos de especies de *Passiflora*

Al evaluar las propiedades físicas de las especies silvestres, se tendrá un antecedente que permitirá diferenciar los frutos de las otras especies de *Passiflora*, parámetros como el color y la textura, serán de utilidad para realizar la cosecha en el momento de madurez comercial apta para los consumidores. Los frutos de *P. biflora* presentan las menores

dimensiones a diferencia de *P. adenopoda* (Cuadro 7), mientras que las hojas muestran los valores más altos de fibra y proteína (Cuadro 9), considerando que estas especies silvestres tienen limitados reportes de investigación, son candidatas para su aprovechamiento y diversificación de producción y en la industria alimentaria.

Comparado a *P. edulis*, fruto más comercial en México, las dos especies evaluadas son más pequeñas y blandas en la etapa de madurez. Arias *et al.* (2014), reportan para frutos de *P. edulis* una longitud de 91.6 mm, diámetro ecuatorial de 76.9 mm, peso de 203.1 g, valores mayores a *P. adenopoda* y *P. biflora*.

Cuadro 7. Características físicas de los frutos de especies silvestres del género *Passiflora* de la región de las Altas Montañas de Veracruz.

Parámetro	<i>Passiflora adenopoda</i>	<i>Passiflora biflora</i>
Peso (g)	28.98±8.57 ^a	3.94±1.78 ^b
D. ecuatorial (mm)	38.56±0.32 ^a	19.17±3.17 ^b
D. longitudinal (mm)	43.75±0.385 ^a	19.69±3.5 ^b
Textura (Newtons)	6.20±1.77 ^a	2.02±0.36 ^b

Se reporta la media ± SD. Valores con letras diferentes en la misma fila, indican diferencias estadísticamente significativas ($\rho \leq 0.05$).

Cruz *et al.* (2010), indican que frutos de *P. edulis* cosechados en Veracruz pesan de 99.2 g. Del Pilar *et al.* (2007), reportaron para frutos de *P. edulis* un peso de 50.3 g, diámetro ecuatorial de 50.5 mm y diámetro longitudinal de 53.4 mm. Para la misma especie, Peña y Galecio (2019) reportan peso de 145.6 g, diámetro de 73.3 mm. *P. adenopoda* presentó un diámetro de 38.56 mm y *P. biflora* 19.17 mm.

P. ligularis Juss, tiene un peso de 72.12 g, diámetro longitudinal de 70.3 mm y 58 mm de ecuatorial (Franco *et al.*, 2008), superiores a *P. adenopoda*, y dos veces mayor a *P. biflora*. Los frutos de *P. foetida* tienen un peso de 3.3 g, 1.6 cm longitud y 1.88 cm de

diámetro ecuatorial (Song *et al.*, 2018), propiedades físicas similares a los frutos de *P. biflora*.

Conocer las propiedades organolépticas, como la fuerza de penetración, permitirá tomar decisiones para el empaque y almacenamiento de frutos, así como en la aceptación del producto en el mercado, *P. edulis* requiere una fuerza de 29.1 Newtons (Martínez *et al.*, 2017) para la lograr la penetración. *P. adenopoda* requiere cinco veces menos fuerza y *P. biflora* quince menos para lograr la deformación (Cuadro 7), debido a su tamaño pequeño y ser más blandos en la madurez.

Los frutos evaluados tienen un Hue° de 283.36 (morado oscuro) para *P. biflora*; en hojas fue entre 116.6 y 127.4 (Cuadro 8), por el mayor contenido de clorofila.

Cuadro 8. Color de frutos y hojas de especies silvestres del género *Passiflora* de la región de las Altas Montañas de Veracruz.

Parte aérea	Hojas			Frutos
Parámetro	<i>Passiflora adenopoda</i>	<i>Passiflora biflora</i>	<i>Passiflora suberosa</i>	<i>Passiflora biflora</i>
L*	33.71±0.96 ^b	33.87±2.42 ^c	48.18±2.2 ^a	30.8±1.66 ^b
a*	-11.34±0.73 ^b	-11.30±1.79 ^b	-14.68±1.37 ^c	0.99±0.39 ^a
b*	14.86±1.50 ^c	16.66±3.19 ^b	29.32±1.99 ^a	-4.17±0.46 ^d
Hue°	127.44±1.59 ^b	124.34±2.17 ^c	116.61±2.29 ^d	283.36±5 ^a

Se reporta la media ± SD. Valores con letras diferentes en la misma fila, indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

Martínez *et al.* (2017), en frutos *P. edulis* reportan valor de b* entre 57.81, cerca al color amarillo. En *P. biflora* el valor b* en los frutos fue 0.99 por el color morado en su madurez que corresponde al cuadrante rojo-azul; las hojas de *P. adenopoda* y *P. biflora* se ubican en el cuadrante verde- amarillo.

Los frutos *P. ligularis*, presentan una luminosidad de 61.77, Hue° de 64.53, debido al color amarillo al madurar (Espinoza *et al.*, 2015); a diferencia de *P. biflora* que cambia de verde a morado. Franco *et al.* (2008), encontraron para *P. ligularis*, un valor de L* (luminosidad) de 16.44 y un Hue° de 13.08, menores a lo obtenido en esta investigación para frutos de *P. biflora* por la pigmentación en la madurez.

Song *et al.* (2018), obtuvieron para frutos de *P. foetida* valores de L*= 52, a*=17 y b*=87, por la pigmentación amarilla de la cascara, diferentes a lo obtenido en los frutos de *P. biflora*.

Respecto a las características químicas de las especies de *Passiflora* evaluadas (Cuadros 9 y 10), Cruz *et al.* (2010) reportan para frutos de *P. edulis*, 2 por ciento de ácido cítrico, superior al obtenido en esta investigación, lo que muestra la menor acidez en los frutos analizados. Del Pilar *et al.* (2007) indicaron 3.7 por ciento en frutos de *P. edulis*, valor superior a los autores precedentes, posiblemente influenciados por el grado de maduración y condiciones de cultivo. Márquez *et al.* (2009), reportaron 0.4 por ciento en *P. edulis*, 3 veces mayor a lo obtenido en estos frutos de *P. adenopoda*; Rodríguez *et al.* (2010), obtuvieron 4.3 por ciento; y López *et al.* (2017) reportaron 0.5 por ciento de ácido cítrico, lo doble que lo obtenido en este trabajo en frutos de *P. biflora* y tres veces superior que en *P. adenopoda*. La baja concentración de ácido cítrico en estos ensayos, es característico de estas especies, que son muy poco ácidas, y hasta cierto punto simples de sabor, también al estado de maduración en el que fueron recolectados (madurez comercial), ya que los ácidos orgánicos disminuyen hasta la etapa de senescencia, mientras se produce un aumento en el contenido de azúcares.

Cuadro 9. Características químicas de frutos de especies silvestres del género *Passiflora* de la región de las Altas Montañas de Veracruz.

Parámetro	<i>Passiflora adenopoda</i>	<i>Passiflora biflora</i>
pH	5.50±0.04 ^a	5.36±0.02 ^b
Porcentaje ácido cítrico	0.15±0.001 ^b	0.25±0.003 ^a

Se reporta la media ± SD. Valores con letras diferentes en la misma fila, indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

Espinoza *et al.* (2015), detectaron en *P. ligularis*, 0.7 por ciento ácido cítrico, superior a lo obtenido en *P. biflora* y *P. adenopoda*. Mediciones en el proceso de maduración mostrarían la evolución de este parámetro.

El pH reportado por Acurio *et al.* (2015), en *P. quadrangularis* fue de 5.5; y de 5.3 (Urraca 2011), superiores a los frutos analizados en este trabajo de investigación; en *P. edulis* 3.5 (Cruz *et al.*, 2010); de 3.6 (Del Pilar *et al.*, 2007); y de 3.1 (López *et al.*, 2017). Márquez *et al.* (2009), encontraron 4.83 en *P. ligularis* y Song *et al.* (2018) de 4.5 en *P. foetida*, mostrando que los frutos evaluados, tienden a ser menos ácidos que las especies más comercializadas.

El porcentaje de humedad reportada en frutos de *P. quadrangularis* fue de 93 (Acurio *et al.*, 2015), y de 85.5 (Carvajal *et al.*, 2014a); para *P. ligularis* de 77.6 (Carvajal *et al.*, 2014b), y de 86.1 (Márquez *et al.*, 2009); para *P. maliformis* de 75.2 (Carvajal *et al.*, 2014a); y en *P. foetida* 76 por ciento (Song *et al.*, 2018), algunos con humedad inferior a la obtenida en las especies evaluadas, donde *P. suberosa* mostró menos que *P. adenopoda* y *P. biflora*, estas dos últimas con porcentaje comparable (Cuadro 10).

Cuadro 10. Características químicas de especies silvestres del género *Passiflora* de la región de las Altas Montañas de Veracruz.

Parámetro	Hojas			Frutos	
	<i>Passiflora adenopoda</i>	<i>Passiflora biflora</i>	<i>Passiflora suberosa</i>	<i>Passiflora adenopoda</i>	<i>Passiflora biflora</i>
Porcentaje humedad	26.57±3.45 ^c	26.08±1.59 ^c	56.10±0.1 ^b	92.22±0.16 ^a	92.40±0.8 ^a
Porcentaje cenizas	8.05±0.03 ^a	2.79±0.08 ^c	3.17±0.02 ^b	0.9±0.04 ^d	0.91±0.01 ^d
Porcentaje fibra cruda	11.15±0.02 ^a	5.15±0.01 ^b	4.21±0.02 ^c	1.43±0.03 ^d	1.07±0.03 ^e
Porcentaje proteína	17.74±0.03 ^a	8.15±0.06 ^b	6.86±0.07 ^c	2.31±0.00 ^d	1.69±0.01 ^e

Se reporta la media \pm SD. Valores con letras diferentes en la misma fila, indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

En cuanto al porcentaje de cenizas, han reportado 0.29 (Acurio *et al.*, 2015), y 0.56 (Carvajal *et al.*, 2014a), ambas en *P. quadrangularis*; 1.7 en *P. foetida* (Song *et al.*, 2018); y 0.91 en *P. maliformis* (Carvajal *et al.*, 2014a). Los frutos evaluados presentan valores dentro de estos rangos (Cuadro 10).

Para fibra cruda, Acurio *et al.* (2015) reportaron 0.56 por ciento para *P. quadrangularis*; y 2.66 a 13.66 por ciento en Frutos de *P. quadrangularis* y *P. maliformis* (Carvajal *et al.*, 2014a), valores comparables a los obtenidos para hojas y frutos de las especies evaluadas (Cuadro 10).

El porcentaje de proteína también es variable en las especies evaluadas, muy superior en hojas por su contenido de nitrógeno, que en frutos. En *P. ligularis* es reportado 3.5 por ciento (Carvajal *et al.*, 2014b); en *P. quadrangularis* 0.63 y 2.34 en *P. maliformis* (Carvajal *et al.*, 2014a); en *P. foetida* de 2.5 (Da Silva *et al.*, 2019), y de 0.15 (Song *et al.*, 2018); y en *P. edulis* de 3.12 por ciento (Martínez *et al.*, 2017). La diferencia es

marcada por la integración de la muestra, algunos autores emplearon pulpa, semillas y cáscara; en esta investigación se analizó solo la pulpa; otros utilizan muestra húmeda o deshidratada.

4.4 Potencial nutracéutico de las especies del género *Passiflora* evaluadas con base a los compuestos identificados

En los resultados obtenidos de la investigación de hojas y frutos de las especies del género *Passiflora* evaluadas, se identifican diversos parámetros como contenido de proteína, fibra y antioxidantes que favorecen el desarrollo de productos nutracéuticos. El término nutracéutico engloba productos de origen natural que previenen y/o tratan alguna patología que afecta la calidad de vida del consumidor, partiendo de este concepto, la ingesta de proteínas es esencial, por ello, las hojas de *P. adenopoda* y *P. biflora*, pueden volverse una materia prima alterna para el desarrollo de productos de consumo de personas con alimentaciones limitadas en carne y vegetarianos.

El contenido de fibra es otra variable importante para personas con problemas de sobrepeso, cardiovasculares y diabetes, ya que, dentro de su régimen alimentario, deben ingerir fibra para generar saciedad, promover la digestión y prevenir el cáncer de intestino, es importante recalcar que, en futuros estudios, se sugiere analizar el tipo y cantidad de fibra soluble e insoluble, para saber a qué sector en específico serán dirigidos.

Los antioxidantes cuantificados en las muestras pertenecen a dos grandes grupos de metabolitos, fenoles y flavonoides, estos últimos, de mayor importancia en el área de salud para la prevención y/o tratamiento de enfermedades como diabetes, cáncer y Alzheimer, estos se vuelven excelentes candidatos para el desarrollo de productos nutracéuticos; sin embargo, se deben tomar en cuenta algunos criterios para poder generar un producto en pro de la salud humana. Dado que la presente investigación reporta un perfil del contenido de diversas sustancias, los análisis en estas muestras deben ampliarse, es decir, realizarse otros ensayos como colorimetría, cromatografía, y elucidación de estructuras químicas, principios activos y ensayos de pureza para conocer con mayor precisión todos los compuestos, posterior a ello, se deben aplicar ensayos de actividad biológica sea in vivo y de citotoxicidad en animales bajo métodos experimentales éticos así como regulados y seguidamente, en humanos, para generar evidencia científica que sustente el uso de estas plantas. Una vez concretada esta fase, se deben tomar en cuenta que el insumo a generar debe ser mínimamente procesado, para conservar sus propiedades originales y entregar al consumidor un verdadero producto nutracéutico, por ello se deben tomar en cuenta las operaciones unitarias a aplicar, así como la presentación final para el mercado, sin olvidar cumplir con la NOM-001-SSA-2010, NOM-072-SSA1-2012 NOM-248-SSA1-2011 y NOM-059-SEMARNAT-2010.

En este sentido, el mayor potencial se encuentra en la extracción de los flavonoides, como catequina, vitexina, rutina, isovitexina, los ácidos clorogénicos, vanílico y cafeíco. Se sugiere realizar ensayos para transferir estos analitos a un solvente como agua o

metanol, seguido de una serie de análisis de perfil fitoquímico, así como un proceso de concentración o secado por liofilización, para finalmente encapsular, lo que brindará estabilidad y una liberación controlada, posteriormente, se deberán llevar ensayos biológicos para enfocarse en un sector de pacientes con alguna enfermedad crónico-degenerativa y finalmente los análisis de mercado para la introducción en el sector salud.

Cabe resaltar dos puntos, primero, esto no quiere decir que sustituya a un medicamento que sea de consumo ordinario, ni sustituye la ingesta de alguna comida, debe ser supervisado por un médico, será empleado como un complemento alimenticio y no como un alimento funcional. El punto número dos recae en la regulación, aunque México presenta normas para estos productos, debe apoyarse de reglamentos de la Unión Europea y Japón, organismos como FDA (Food and Drug Administration), NLEA (Nutrition Labeling and Education Act), y DSHEA (Dietary Supplement Health and Education Act) para comercializar productos científicamente probados que presenten potencial en la reducción de enfermedades. Como un punto de vista, se deben de generar más investigaciones relacionadas con plantas medicinales alternas, para evaluar principios activos que tengan un efecto benéfico fisiológicamente para su aplicación en el área de alimentos y farmacéutica, con acceso para todos los individuos que requieran de un producto en pro del combate de enfermedades que día a día terminan con la vida de seres humanos.

CONCLUSIONES

La concentración de antioxidantes en las especies silvestres del género *Passiflora* de la región de las Altas Montañas de Veracruz, como la catequina, es recomendada para la prevención de enfermedades cardiovasculares; la concentración de Trolox se encuentra en el rango de valores reportados en especies comerciales, por lo que, representan un uso potencial para prevenir y/o tratar enfermedades relacionadas con radicales libres en humanos, siendo las hojas el material vegetal con mayor potencial para aprovechar sus propiedades fitoquímicas.

Conocer las características físicas y químicas, permitió delimitar usos alimentarios; por ejemplo, el contenido de proteína y fibra es adecuado para la ingesta diaria recomendada, al facilitar la digestión y la absorción de glucosa, puede tener un efecto hipoglucémico y aplicable a la dieta alimenticia de la sociedad mexicana.

Los metabolitos cuantificados por cromatografía, como los flavonoides, son de importancia tanto farmacéutica como en alimentos, debido a su actividad antioxidante, anticancerígena y antiinflamatoria. Las concentraciones obtenidas están en el rango reportado para otras especies, por lo que estas especies silvestres del género *Passiflora* son una oportunidad de diversificación productiva en el estado de Veracruz, para considerar en futuros ensayos que permitan evaluar el efecto en la salud.

La caracterización de los frutos y hojas de estas especies silvestres del género *Passiflora*, y su composición fitoquímica, permitió identificar compuestos con potencial para generar productos con función inhibidora de oncogénesis, antimicrobiana,

anticonvulsivante, para prevención y/o tratamiento del Alzheimer, diabetes, además de cuidar el sistema cardiovascular, inmunológico y nervioso. Por lo que es el precedente para ampliar posibilidades de desarrollo de productos nutraceuticos a partir de estas especies distribuidas en México, para beneficio de la sociedad mexicana.

Las especies silvestres del género *Passiflora* mostraron concentraciones y compuestos que pueden ser extraídos, aislados y purificados para el área nutraceutica, con oportunidades de prevenir y/o tratar enfermedades crónico-degenerativas que afectan la calidad de vida de los seres humanos.

LITERATURA CITADA

- Acurio, L., Zamora, A., Salazar, D., Pérez, L., y Valencia, A. 2015. Propiedades físicas, químicas, térmicas y nutricionales de la badea (*Passiflora quadrangularis*). *Agroindustrial Science*, 5(2), 95–101.
- Alvarado, L. O. 2007. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. In R. Medina Lemos, A. García Mendoza, y S. Arias Montes (Eds.), Universidad Nacional Autónoma de Mexico (Vol. 48).
- AOAC, 1990. Official methods of analysis of AOAC International, Association of Official Analytical Chemists: (15th ed.) Washington, DC.
- AOAC, 1997. Official methods of analysis of AOAC International, Association of Official Analytical Chemists: (16th ed.) Washington, DC
- AOAC, 2000. Official methods of analysis of AOAC International, Association of Official Analytical Chemists: (17th ed.) Gaithers-burg, MD.
- AOAC, 2006. Official methods of analysis of AOAC international, Association of Official Analytical Chemists: (18th ed.) Gaithersburg, USA
- Argentieri, M. P., Levi, M., Guzzo, F., y Avato, P. 2015. Phytochemical analysis of *Passiflora loefgrenii* Vitta, a rich source of luteolin-derived flavonoids with antioxidant properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 67(11), 1603–1612. <https://doi.org/10.1111/jphp.12454>
- Arias, J. C., Ocampo, J. A., y Urrea, R. 2014. La polinización natural en el maracuyá

(*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como un servicio reproductivo y ecosistémico. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 73–83. <https://doi.org/10.15517/am.v25i1.14200>

Bandara, K., Padumadasa, C., y Peiris, D. 2018. Potent antibacterial, antioxidant and toxic activities of extracts from *Passiflora suberosa* L. leaves. *Plant Biology*, 5. <https://doi.org/10.7717/peerj.4804>

Bendini, A., Cerretani, L., Pizzolante, L., Toschi, T. G., Guzzo, F., Ceoldo, S., Marconi, A. M., Andreetta, F., y Levi, M. 2006. Phenol content related to antioxidant and antimicrobial activities of *Passiflora* spp. extracts. *European Food Research and Technology*, 223(1), 102–109. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0150-7>

Bonilla, M. M., Aguirre, A. C., y Agudelo, O. M. 2015. Morfología de *Passiflora*: una guía para la descripción de sus especies. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 91–110.

Carvajal^a, L. M., Turbay, S., Álvarez, L. M., Rodríguez, A., Alvarez, M., Bonilla, K., Restrepo, S., y Parra, M. 2014. Propiedades funcionales y nutricionales de seis especies de *Passiflora* (*Passifloraceae*) del departamento del Huila, Colombia. *Botánica Económica*, 36(1), 1–15. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v36n1.21243>

Carvajal^b, L. M., Turbay, S., Marely, L., Rodríguez, A., Alvarez, J. M., Bonilla, K., Restrepo, S., y Parra, M. 2014. Relación entre los usos populares de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) y su composición fitoquímica. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 185–196. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612014000200021yscript=sci_arttextylng=en

- Carvajal, L. M., Turbay, S., Rojano, B., Álvarez, L. M., Restrepo, S. L., Álvarez, J. M., Bonilla, K. C., Clara, O., y Sánchez, N. 2011. Algunas especies de *Passiflora* y su capacidad antioxidante. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 16(4), 354–363.
- Chaparro, D., Maldonado, M. E., Urango, L. A., y Rojano, B. 2015. Propiedades quimiopreventivas de *Passiflora mollissima* (Kunth) L . H . Bailey (curuba larga) contra cáncer colorrectal Colorrectal. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20(1), 62–74. <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v20n1/pla06115.pdf>
- Correa, B. C., Da Silva, M., Taniguthi, L., Ferreira, J. N., Quintino da Rocha, C., Vilegas, W., Dias, P. H., Pennacchi, P. C., Maris, S., Rodrigues, M. R., Lima, M. R. P., y Borges de Araújo, F. 2020. *Passiflora edulis* Leaf Extract: Evidence of antidiabetic and antiplatelet effects in rats. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 43(1), 169–174. <https://doi.org/10.1248/bpb.b18-00952>
- Costa, G. M. Gazola, A., Madóglío, F., Zucolotto, S., Reginatto, F., Castellanos, L., Ramos, C. y Schenkel, E. 2013. Vitexin derivatives as chemical markers in the differentiation of the closely related species *Passiflora alata curtis* and *Passiflora quadrangularis* Linn, *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, 36, pp. 1697–1707. doi: 10.1080/10826076.2012.695316.
- Cruz, J., Vargas, M., Del Angel, O., y García, H. 2010. Estudio de las características sensoriales, fisicoquímicas y fisiológicas en fresco y durante el almacenamiento refrigerado de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* Sims var . Flavicarpa . Degener), para tres cultivares de Veracruz México. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11(2), 130–142.
- Da Silva, J. K., Betim, C. B., Colomeu, T. C., Batista, Â. G., Meletti, L. M. M., Rizzato, J. A., Bogusz Júnior, S., Fontes, M., Reyes, F. G., Augusto, F., Maróstica, M. R., y

- De Lima, R. 2013. Antioxidant activity of aqueous extract of passion fruit (*Passiflora edulis*) leaves: In vitro and in vivo study. Food Research International, 53(2), 882–890. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.043>
- Da Silva, D., Aguiar, M. R., Lopes, J.P., Manoares, F., Rodriguez, J. N. y Ticona, C. A. 2019. *Passiflora foetida* yielding and nutritional composition. Revista brasileña de fruticultura. 41 (3), 1-6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452019144>
- Del Pilar Pinzón, I., Fischer, G., y Corredor, G. 2007. Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims). Agronomía Colombiana, 25 (1), 83-95
- Dos Santos, K. C., Tessaro, S. M., Davet, S., Weber B., M., Monteiro W de O, R.M., De Moraes S., C. A. 2006. Sedative and anxiolytic effects of methanolic extract from the leaves of *Passiflora actinia*, Brazilian Archives of Biology and Technology, 49(4), pp. 565–573. doi: 10.1590/s1516-89132006000500005.
- Elsas, S. M., Rossi, D. J., Raber, J., White, G., Seeley, C. A., Gregory, W. L., Mohr, C., Pfankuch, T. y Soumyanath, A. 2010. *Passiflora incarnata* L. (Passionflower) extracts elicit GABA currents in hippocampal neurons *in vitro*, and show anxiogenic and anticonvulsant effects in vivo, varying with extraction method, Phytomedicine, 17, pp. 940–949. doi: 10.1016/j.phymed.2010.03.002.
- Espejel, I., Jiménez, O., Castillo, G., P. Garcillán, P., Álvarez, L., Castillo, S., Durán, R., Ferrer, M., Infante, D., Iriarte, S., León de la Luz, J. L., López, H., Medel, A., Monroy, R., Moreno, P., P. Rebman, J., Rodríguez, N., Sánchez, J., y Vanderplank, S. 2017. Flora en playas y dunas costeras de México. Acta Botanica Mexicana, 121, 39–81. <https://doi.org/10.21829/abm121.2017.1290>

- Espinoza, D. S., Hernando, W., Hernández, S., Melgarejo, L. M., Miranda, D., Fischer, G., y Fernández, J. P. 2015. Caracterización fisicoquímica, fisiológica y bioquímica del fruto de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). In *Granadilla (Passiflora ligularis Juss): Caracterización ecofisiológica del cultivo* (II, Issue July, pp. 91–118).
- Farag, M. A., Otify, A., Porzel, A., Michel, C. G., Elsayed, A. y Wessjohann, L. A. 2016. Comparative metabolite profiling and fingerprinting of genus *Passiflora* leaves using a multiplex approach of UPLC-MS and NMR analyzed by chemometric tools', *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 408 (12), 3125–3143. doi: 10.1007/s00216-016-9376-4.
- Franco, O., Tobar, J. R., Quijano, R. y González, A. 2008. Caracterización preliminar de frutos de granada china (*Passiflora ligularis*) en Hueyapan y Teziutlán, Puebla. *Ciencia Ergo*, 15 (1), 54-60. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10415106>
- Franco, G., Cartagena, J. R., Correa, G., Rojano, B. y Piedrahita, A. M. 2014. Actividad antioxidante del jugo de *Passiflora edulis* Sims (Gulupa) durante la poscosecha, *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19(1),154–166. Available at: <http://scielo.sld.cu>.
- GBIF, 2020. Ubicaciones de especies de *Passiflora* en México, Global Biodiversity Information Facility. Available at: <https://www.gbif.org/>.
- Gomes, S. V. F., Portugal, L. A., Dos Anjos, J. P., De Jesus, O. N., De Oliveira, E. J., David, J. P., y David, J. M. 2017. Accelerated solvent extraction of phenolic compounds exploiting a Box-Behnken design and quantification of five flavonoids by HPLC-DAD in *Passiflora* species. *Microchemical Journal*, 132, 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2016.12.021>

- Guimarães, S. F., Lima, I. M., y Modolo, L. V. 2020. Phenolic content and antioxidant activity of parts of *Passiflora edulis* as a function of plant developmental stage. *Acta Botanica Brasilica*, 34(1), 74–82. <https://doi.org/10.1590/0102-33062019abb0148>
- Grice, I. D., Ferreira, L. A. and Griffiths, L. R. 2001. Identification and simultaneous analysis of harmine, harmine, harmol, isovitexin, and vitexin in *Passiflora incarnata* extracts with a novel HPLC method', *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, 24(16), pp. 2513–2523. doi: 10.1081/JLC-100105957.
- Heimler, D., Vignolini, P., Dini, M. G., y Romani, A. 2005. Rapid tests to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. dry beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(8), 3053–3056. <https://doi.org/10.1021/jf049001r>
- López, A. L., Matute, N. L., y Echavarría, A. P. 2017. Evaluación fisicoquímica y capacidad antioxidante de moringa (*Moringa oleífera*) Y maracuyá (*Passiflora edulis*). *Cumbres*, 3(2), 1–8. <https://doi.org/10.48190/cumbres.v4n1a3>
- MacDougal, D. T. 1893. The Tendrils of *Passiflora caerulea*. *Botanical Gazette*, 18 (4), 123-130. <http://www.jstor.org/stable/2464619?origin=JSTOR-pdf>
- Márquez, C. J., Peláez, M. D. J., y Cortes, M. 2009. Deshidratación forzada de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) por convección forzada para elaboración de bebidas aromáticas. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 4(2), 100–117.
- Marroquín, M. N., Cruz, S. M., y Cáceres, A. 2012. Antioxidant activity and phenolic compounds in three species of *Passifloraceae* (*Passiflora edulis*, *P. incarnata*, *P. ligularis*) from Guatemala. *Acta Horticulturae*, 964, 93–98. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.964.11>

Martínez, O. A., Abraham, M. R., y Gómez, A. 2017. Propiedades fisicoquímicas y nutracéuticas de dos genotipos de maracuyá (*Passiflora edulis var. flavicarpa*) procedentes de dos regiones de México. Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2, 249–255.

NOM-001-SSA1-2010. Que instituye el procedimiento por el cual se revisará, actualizará y editará la farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos.. http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/equipoMedico/normas/NOM_001_SSA1_2010.pdf

NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091#:~:text=Esta%20Norma%20Oficial%20Mexicana%20tiene,riesgo%20para%20las%20especies%20o

NOM-072-SSA1-2012. Etiquetado de medicamentos y de remedios herbolarios. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5278341&fecha=21/11/2012

NOM-248-SSA1-2011. Buenas prácticas de fabricación para establecimientos dedicados a la fabricación de remedios herbolarios. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4676/salud/salud.htm#:~:text=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D248,la%20fabricaci%C3%B3n%20de%20remedios%20herbolarios>

NMX-F-066-S-1978: Determinación de cenizas en alimentos-método de prueba. <https://xdoc.mx/documents/nmx-f-066-s-1978-determinacion-de-cenizas-en-alimentos-5f9b9221d6381>

- Oliveira de Carvalho, M., De Oliveira, L. de L. and Costa, A. M. 2018. Effect of training system and climate conditions on phytochemicals of *Passiflora setacea*, a wild *Passiflora* from Brazilian savannah', *Food Chemistry*, 266, pp. 350–358. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.05.097.
- Peña, R. A. and Galecio, M. Á. 2019. Efecto del silicio orgánico en el rendimiento de maracuyá (*Passiflora edulis*), cultivada en Somate- Sullana', *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, 6(1), pp. 25–37. doi: 10.36955/riulcb.2019v6n1.002
- Pereira, C. A. M., Yariwake, J. H., y McCullagh, M. 2005. Distinction of the C-glycosylflavone isomer pairs orientin/isoorientin and vitexin/isovitexin using HPLC-MS exact mass measurement and in-source CID. *Phytochemical Analysis*, 16, 295–301. <https://doi.org/10.1002/pca.820>
- Perez, F., Leon , G., Rodriguez, F. y Vasquez, L. 2011. Estudio fitoquímico preliminar de plantas medicinales del norte del Perú. *Pueblo Cont.*, 22(2), 421–426.
- Piura, W., Maradiaga, J., Palacios, N., Ponce, R., y Medina, L. 2014. Tamizaje fitoquímico de las hojas de *Passiflora edulis* Passifloraceae. *Revista Portal de La Ciencia*, 6, 62–67. <https://doi.org/10.5377/pc.v6i0.1843>
- Ramaiya, S. D., Bujang, J. S., y Zakaria, M. H. 2014. Assessment of total phenolic, antioxidant, and antibacterial activities of *passiflora* species. *The Scientific World Journal*, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2014/167309>
- Rodríguez, L., Lopez, L., y García, M. 2010. Determinación de la composición química y actividad antioxidante en distintos estados de madurez de frutas de consumo

habitual en Colombia, mora (*Rubus glaucus* B.), maracuyá (*Passiflora edulis* S.), guayaba (*P. sidium guajava* L.) y papayuela (*Carica cundina*. Revista de La Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 19, 21.

Rojas, J., Ronceros, S., Palomino, R., Tomás, G., y Chenguayen, J. 2006. Efecto antihipertensivo y dosis letal 50 del jugo del fruto y del extracto etanólico de las hojas de *Passiflora edulis* (maracuyá), en ratas. Anales de La Facultad de Medicina, 67(3), 206. <https://doi.org/10.15381/anales.v67i3.1301>

Rotta, E. M., Rodrigues, C. A., Sales, I. C., Maldaner, L., y Visentainer, J. V. 2018. Determination of phenolic compounds and antioxidant activity in passion fruit pulp (*Passiflora* spp.) using a modified QuEChERS method and UHPLC-MS/MS. Food Science and Technology, 100, 397–403. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.052>

Sabogal, A. C., Chávez, J., Oliveros, D. F., Murillo, E., y Méndez, J. J. 2016. Funcionalidades biológicas de *Passiflora maliformis* del Sur Macizo Colombiano. Bioagro, 28(1), 3–12.

Shanmugam, S., Murugaiyan, I., Dos Santos Lima, B., Serafini, M. R., De Souza, A. A., Narain, N., Quintans, L. J., y Thangaraj, P. 2019. HPLC–DAD–MS identification of polyphenols from *Passiflora leschenaultii* and determination of their antioxidant, analgesic, anti-inflammatory and antipyretic properties. Arabian Journal of Chemistry, 12(6), 760–771. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.02.008>

Shanmugam, S., Alcântara Gomes, I., Denadai, M., Dos Santos, B., Antunes de Souza, A., Narain, N., Santos Leite, M. T., Russo Serafini, M., Quintans Jr, L. J., Thangaraj, P. 2018. UHPLC-QqQ-MS/MS identification, quantification of polyphenols from *Passiflora subpeltata* fruit pulp and determination of nutritional, antioxidant, α -amylase and α -glucosidase key enzymes inhibition properties. Food Research

International. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.006>

SIAP. 2021. Producción Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php.

Simirgiotis, M. J., Schmeda, G., Bórquez, J., y Kennelly, E. J. 2013. The *Passiflora tripartita* (banana passion) fruit: A source of bioactive flavonoid C-glycosides isolated by HSCCC and characterized by HPLC-DAD-ESI/MS/MS. *Molecules*, 18(2), 1672–1692. <https://doi.org/10.3390/molecules18021672>

Singh, B., Singh, D., y Goel, R. K. 2012. Dual protective effect of *Passiflora incarnata* in epilepsy and associated post-ictal depression. *Journal of Ethnopharmacology*, 139(1), 273–279. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.11.011>

Smilin, G., Abbirami, E., Sivasudha, T. y Ruckmani, K. 2020. *Passiflora caerulea* L. fruit extract and its metabolites ameliorate epileptic seizure, cognitive deficit and oxidative stress in pilocarpine-induced epileptic mice, *Metabolic Brain Disease*. 35(1), pp. 159–173. doi: 10.1007/s11011-019-00501-5.

Song, Y., Xiao, W., Mei, L., Xue, D., Yuan, S., Rui, Y., Xiang, S., Ri, H. y Hong, W. 2018. Nutritional composition and antioxidant properties of the fruits of a Chinese wild *Passiflora foetida*, *Molecules*, 23, pp. 1–17. doi: 10.3390/molecules23020459.

Swain, T., y Hillis, W. E. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(1), 63–68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros Zevallos, L., y Hawkins, D. 2006.

- Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 669–675. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>
- Urraca, E. 2011. Effect of water activity and pH on the shelf life of pulp of tumbo (*Passiflora quadrangularis*). *Pueblo Continente*, 22(1), 141–150.
- Wosch, L., Dos Santos, K. C., Imig, D. C., y Santos, C. A. M. 2017. Comparative study of *Passiflora* taxa leaves: II. A chromatographic profile. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 27(1), 40–49. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.06.007>
- Zapata, L., Heredia, A., Malleret, A., Quinteros, F., Cives, H. y Carlazara, G. 2013. Evaluación de parámetros de calidad que ayuden a definir la frecuencia de recolección de bayas de arándanos, *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 14(2), pp. 186–194.
- Zeraik, M. L., y Yariwake, J. H. 2010. Quantification of isoorientin and total flavonoids in *Passiflora edulis* fruit pulp by HPLC-UV/DAD. *Microchemical Journal*, 96(1), 86–91. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2010.02.003>
- Zeraik, M. L., Yariwake, J. H., Wauters, J. N., Tits, M. y Angenot, L. 2012. Analysis of passion fruit rinds (*Passiflora edulis*): Isoorientin quantification by HPTLC and evaluation of antioxidant (Radical scavenging) capacity. *Quim. Nova*, 35 (3), 541-545
- Zhou, J., Ran, Z. fang, Yang, X. tong, y Li, J. 2019. Postharvest UV-B irradiation stimulated ginsenoside Rg1 biosynthesis through nitric oxide (NO) and jasmonic acid (JA) in panax quinquefolius roots. *Molecules*, 24(8), 1–9.

<https://doi.org/10.3390/molecules24081462>

Zucolotto, S. M., Fagundes, C., Reginatto, F. H., Ramos, F. A., Castellanos, L., Duque, C., y Schenkel, E. P. 2011. Analysis of C-glycosyl flavonoids from South American *Passiflora* species by HPLC-DAD and HPLC-MS. *Phytochemical Analysis*, 23, 232–239. <https://doi.org/10.1002/pca.1348>