



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA  
*La Universidad Católica de Loja*

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

**BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Aislamiento y categorización de metabolitos secundarios de  
*Solanum asperolanatum* Ruiz & Pav

**Autor:** Guartán Sucunuta, Irene Cecibel

**Director:** Morocho Zarangocin, Segundo Vladimir

LOJA- ECUADOR

2021



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2021

**Aprobación del director de trabajo de titulación**

Loja, 23 de noviembre de 2021

Mgtr. Claudia Teresa Cruz Erazo

**Coordinadora de Titulación**

Ciudad.-

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación denominado: Aislamiento y categorización de metabolitos secundarios de *Solanum asperolanatum* Ruiz & Pav, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo. Así mismo, doy fe que dicho trabajo de titulación ha sido revisado por herramienta antiplagio institucional.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

f-----

PhD. Vladimir Morocho Zaragocin

C.I. 1103269070

### **Declaración de auditoria y cesión de derechos**

“Yo, Irene Cecibel Guartán Sucunuta, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autora del Trabajo de Titulación denominado: Aislamiento y categorización de metabolitos secundarios de *Solanum asperolanatum Ruiz & Pav*, de la Titulación o programa de Bioquímica y Farmacia, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Capítulo 1. Marco teórico, Capítulo 2. Materiales y Métodos, Capítulo 3. Resultados y Discusión, Conclusiones y Recomendaciones, siendo PhD. Vladimir Morocho Zaragocin, director del presente trabajo; y, en tal virtud, eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual. Además, ratifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva responsabilidad.

- Que mi obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.
- Autorizo a la Universidad Técnica Particular de Loja para que pueda hacer uso de mi obra con fines netamente académicos, ya sea de forma impresa, digital y/o electrónica o por cualquier medio conocido o por conocerse, sirviendo el presente instrumento como la fe de mi completo consentimiento; y, para que sea ingresada al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Autor: Irene Cecibel Guartán Sucunuta

C.I.: 1104890296

## **Dedicatoria**

A mis padres, Manuel Guartán y Martha Sucunuta, por haberme forjado como la persona que soy, por apoyarme todo el tiempo, por sus consejos, valores, motivación constante, pero más que nada por su amor y confianza brindada.

Por esto y mucho más dedico esta tesis a mis padres, ya que muchos de mis logros se los debo a ustedes.

## **Agradecimiento**

A Dios, por haberme otorgado unos padres maravillosos, Amable y Martha, quienes han creído en mi siempre, mis hermanas Paola, Gina, Pilar, Abuelitos Rosa, Polivio, Alejandro y toda mi familia, tíos, sobrinos.

Agradezco sinceramente al PhD. Vladimir Morocho, director de tesis, por su apoyo en la realización de este trabajo investigativo.

Mis amigos Andreita, Stefany, Cintya, Andrea, Jhon, Maribel, Erika, por compartir momentos gratos, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas.

Gracias por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, si no en todo momento ofreciéndome y buscando lo mejor para mi persona.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
<i>Aprobación del director de trabajo de titulación</i> .....	II
<i>Declaración de auditoria y cesión de derechos</i> .....	III
<i>Dedicatoria</i> .....	V
<i>Agradecimiento</i> .....	VI
<i>Índice de contenidos</i> .....	VII
<i>Índice de tablas</i> .....	IX
<i>Índice de figura</i> .....	IX
<i>Resumen</i> .....	1
<i>Abstrac</i> .....	2
<i>Introducción</i> .....	3
<i>Capítulo uno</i> .....	5
<i>Marco Teórico</i> .....	5
1.1 Antecedentes medicina tradicional.....	5
1.2 Biodiversidad en el sur de Ecuador.....	6
1.3 Familia Solanaceae.....	6
1.4 Género Solanum.....	7
1.5 Especie <i>Solanum asperolanatum</i> Ruiz & Pav.....	7
1.6 Química de metabolitos secundarios .....	8
1.6.1 Terpenoides .....	9
1.6.2 <i>Esteroles</i> .....	10
1.7 Cromatografía en Columna (CC).....	11
1.8 Cromatografía en capa fina (CCF) .....	11
1.9 Resonancia magnética nuclear (NMR).....	12
<i>Capítulo dos</i> .....	14
<i>Materiales y métodos</i> .....	14
2.1 Metodología.....	14
2.2 Recolección de la especie vegetal.....	14
2.3 <i>Obtención del extracto total</i> .....	15
2.4 Aislamiento de Compuestos de <i>Solanum asperolanatum</i> Ruiz & Pav .....	16
2.5 Identificación de Metabolitos Secundarios de la fracción IC12/06.....	18
2.5.1 <i>Resonancia Magnética Nuclear (NMR)</i> .....	18
<i>Capitulo tres</i> .....	19
Resultados y Discusión .....	19
3.1 <i>Extractos obtenidos de la especie Solanum asperolanatum</i> Ruiz & Pav .....	19

3.2 Identificación del Compuesto aislados de la especie <i>Solanum asperolanatum</i> Ruiz & Pav .....	19
<i>Conclusiones</i> .....	23
<i>Recomendaciones</i> .....	24
<i>Referencias</i> .....	25
<i>Apéndice</i> .....	31
Apéndice 1 Espectro de <sup>1</sup> H RMN Fracción IC 12/06.....	31
Apéndice 2 Espectro de <sup>13</sup> C RMN Fracción IC 12/06.....	34

### Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Taxonomía de <i>Solanum asperolanatum</i> Ruiz & Pav. ....	8
<b>Tabla 2</b> Clasificación de terpenoides.....	10
<b>Tabla 3</b> Fracciones de la cromatografía del extracto de Hexano. ....	17
<b>Tabla 4</b> Fracciones obtenidas de IC 02/05.....	17
<b>Tabla 5</b> Rendimiento del extracto de la especie <i>Solanum asperolanatum</i> Ruiz & Pav .....	19
<b>Tabla 6</b> Datos de $^1\text{H}$ y $^{13}\text{C}$ RMN de Fitol corroborado.....	20

### Índice de figura

<b>Figura 1</b> <i>Solanum asperolanatum</i> Ruiz & Pav .....	8
<b>Figura 2</b> Biosíntesis de terpenoides.....	9
<b>Figura 3</b> Estructura de esteroides vegetales .....	10
<b>Figura 4</b> Cromatografía en Columna.....	11
<b>Figura 5</b> Cromatografía de capa fina .....	12
<b>Figura 6</b> Equipo de Resonancia Magnética Nuclear .....	13
<b>Figura 7</b> Esquema de la metodología empleada .....	14
<b>Figura 8</b> Obtención del extracto seco de Hexano.....	15
<b>Figura 9</b> Fraccionamiento del extracto total de <i>Solanum asperolanatum</i> Ruiz & Pav .....	16
<b>Figura 10</b> CCF revelada de las fracciones obtenidas del extracto de Hexano .....	17
<b>Figura 11</b> CCF de las fracciones obtenidas de Microcolumna IC02/05 .....	18
<b>Figura 12</b> Estructura química del Fitol .....	20

## Resumen

En la presente investigación se realizó el estudio fitoquímico de las partes aéreas de la especie *Solanum asperolanatum* Ruiz & Pav, la misma que fue recolectada en sector Villonaco del Cantón Loja, Provincia de Loja, de la cual se obtuvo el extracto de Hexano con un rendimiento de 3.1 %, se aisló un compuesto puro denominado Fitol, el cual es un alcohol diterpénico acíclico, de fórmula molecular  $C_{20}H_{40}O$  y peso molecular 296.53 g/mol.

Para la elucidación de la molécula se utilizó la técnica espectroscópica de resonancia magnética nuclear (RMN), corroborando con la literatura correspondiente.

**Palabras claves:** fitol, diterpénico acíclico.

### **Abstrac**

In the present investigation, the phytochemical study of the aerial parts of the species *Solanum asperolanatum* Ruiz & Pav was carried out, the same that was collected in the Villonaco sector of Cantón Loja, Province of Loja, from which the Hexane extract was obtained with a yield of 3.1%, a pure compound called Phytol was isolated, which is an acyclic diterpenic alcohol, with molecular formula  $C_{20}H_{40}O$  and molecular weight 296.53 g / mol.

For the elucidation of the molecule, the nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopic technique was used, corroborating with the corresponding literature.

**Keywords:** phytol, acyclic diterpenic.

## Introducción

Desde la antigüedad el hombre ha buscado alivio para sus dolencias, la medicina tradicional se inició de forma instintiva, dado que en esos momentos no existía una referencia del uso medicinal de plantas todo se basó en la experiencia (Petrovska, 2012). La medicina tradicional también se la denomina como medicina herbal o fitomedicinal, esta contempla el uso del material vegetal como plantas enteras, raíces, cortezas, hojas, flores, bayas o semillas para fines medicinales (Sendker y Sheridan, 2017).

Ecuador es la tercera región con mayor número de plantas endémicas, además de presentar muchas comunidades indígenas con conocimiento ancestrales (Bailon et al., 2015). La región sur de país comprendida entre el Oro, Loja y Zamora Chinchipe, presentan una amplia gama de vegetación, debido a los diferentes microclimas propios de la región, en esta región de Loja se destaca el grupo étnico los Saraguros quienes aplican como agentes terapéuticos plantas propias de esta región tratando enfermedades corpóreas como extracorpóreas como el susto, vaho de agua, mal de ojo y el mal aire (Armijos et al., 2018).

Las familias más comunes en la región sur del Ecuador, son Melastomataceae, Asteraceae, Rubiaceae, Solanaceae y Poaceae (Mendoza, 2013). La familia Solanaceae, se cree que se originó en América del sur dada su inmensa diversidad, en la localidad esta especie es aplicada con fines medicinales (Samuels, 2015). El género *Solanum* es considerado como uno de los hipergéneros debido a que se encuentra bien distribuido en las regiones tropicales y templadas más cálidas, representan una gran fuente de compuestos fitoquímicos como alcaloides (Jayakumar y Murugan, 2015). Además de sintetizar esteroides, glicosilados, flavonoides entre otros compuestos (Costa et al., 2018).

La especie *Solanum asperolanatum* Ruiz & Pav es una especie endémica se encuentra distribuida en Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, es catalogado como un arbusto, teniendo un gran interés en sus componentes que al igual que todas las *Solanum* representan una gran fuente de alcaloides (Särkinen et al., 2015).

El uso de Solanáceae en América del sur ha sido conocida empíricamente desde hace mucho tiempo, de hecho la palabra Solari del latín significa “aliviar”, las sustancias psicoactivas presentes en esta familia, ha permitido a tratar enfermedades emocionales como la ansiedad actuando a nivel del sistema nervioso central (Giorgetti y Negri, 2011). Dado sus diversas moléculas esta familia puede presentar propiedades como insecticida, antimicrobianas, fungicidas, además de presentar interés clínico en cómo, antialérgicas anticancerígenas, antidiuréticas, hepatoprotectoras, cardiotónicas, antipiréticas y anti androgénica (Patel et al., 2013). La extensa composición de metabolitos secundarios de familia Solanáceae deja entre ver las diversas aplicaciones de estos compuestos, por lo cual se ha visto conveniente contribuir con el presente trabajo investigativo sobre la especie *Solanum asperolanatum Ruiz & Pav.*

El presente trabajo tiene como finalidad contribuir con la identificación de moléculas que presentan potenciales bioactivos, los cuales se prevé sean empleados en la industria farmacéutica como agentes terapéuticos.

## Capítulo uno

### Marco Teórico

#### 1.1 Antecedentes medicina tradicional

La medicina tradicional hace referencia a prácticas, enfoques, conocimientos y creencias de salud que incorporan medicinas de origen vegetal, animal y mineral, terapias espirituales, técnicas manuales y ejercicios aplicados de una forma individual o combinados para tratar, diagnosticar y prevenir enfermedades o mantener el bienestar (Tradit et al., 2011). La historia de la medicina tradicional se remonta hace aproximadamente unos 60 000 años, los primeros escritos sobre el uso de plantas medicinales datan aproximadamente del año 1500 a.C conocido como el papiro de Ebers, además de encontrarse vestigios de escrituras en India, China y Egipto desde hace unos 5000 años, mientras que en Grecia desde hace 2500 años (Jamshidi-Kia et al., 2018). La medicina tradicional en Latinoamérica históricamente se ha construido a partir de conocimientos y prácticas de diferentes pueblos como lo fueron grupos indígenas, europeos y africanos (Zank y Hanazaki, 2017).

En América del sur países como Ecuador, Perú y Bolivia, la práctica de medicina tradicional a base de hierbas aun es uno de los principales medios de salud en la región, en esta zona existen diversos factores que ha influenciado a la diversidad vegetal como la temperatura, lluvia, radiación, humedad, acidez, nutrientes entre otros factores como su ubicación geográfica, la región es atravesada por los Andes Andinos quienes albergan aproximadamente unas 40 000 especies de plantas las cuales han permitido que grupos indígenas como los Saraguros en el Sur del Ecuador, implementen estos recursos médicos dada los deficientes sistemas de salud modernos, quienes aplican estos conocimientos son conocidos como sanadores o limpiadores quienes utilizan extensivamente estas plantas para tratar enfermedades como el “susto”. (Scovassi y Guamán, 2013).

Actualmente cerca del 80 % de la población de países en vías de desarrollo depende de este tipo de medicina, cabe destacar que ha sido de gran interés en países desarrollados donde se determina que cerca del 60% de estos han implementado algún tipo de medicina

tradicional, a finales del siglo XIX debido a procesos de aislamiento, purificación e identificación de principios bioactivos ha permitido desarrollar nuevas formas de productos a base de compuestos naturales (Chikezie y Ojako, 2015).

## **1.2 Biodiversidad en el sur de Ecuador**

Ecuador se encuentra catalogado dentro de los 17 países que presentan mayor diversidad, debido a su gran cantidad de ecosistemas y especies (Cuesta et al., 2017). Se han reconocido 84 ecosistemas de los cuales 103 registrados a nivel global dentro de las familias más comunes registradas en Ecuador podemos destacar familias Arecaceae, Fabaceae y Solanáceae (Figueroa y Domínguez, 2018; Bennett, 2011).

La región sur del Ecuador presenta una singularidad debido a su ubicación geográfica desde el nudo del Azuay hacia Loja lo que ha permitido generar una gran variedad de especies vegetales, la cordillera por la que es atravesada Loja no supera los 3900 m, esta deflexión es conocida como Huancabamba, además se destacan los nudos de Caja Numa, Sabanilla y Guafrahuma, estas al estar rodeada por cuatro cuencas hidrográficas ha permitido la formación de microclimas cerca de 23,91% de climas presentes en los ecosistemas del país, cabe destacar que esta región registra aproximadamente cerca de 3.039 especies el 21% de especies del Ecuador (Ordóñez et al., 2016; Aguirre et al., 2017).

## **1.3 Familia Solanaceae**

La familia Solanaceae es un grupo de dicotiledóneas monofiléticas (Hañcinský et al., 2020), esta familia se encuentra comprendida entre unos 3 000 a 4 000 especies de las cuales se ha clasificado en 98 géneros, esta familia es muy diversa en los que se incluyen árboles perennes de hasta 15 m y especies herbáceas anuales que se distribuyen en diferentes hábitas a alturas desde el nivel del mar hasta 5000 m.s.n.m , esta familia se encuentra dentro de las 12 más diversas en sur américa siendo el género Solanum L (Gebhardt, 2016; Palchetti et al., 2020).

Morfológicamente presentan hojas alternas caulino, ramal, exstipulando, peciolado o sésil, flores solitarias, bracteado o ebrateado, pedicelado, hermafrodita, cáliz 5 pétalos gamasepalosos, tubulares o campanulados, corolla gamopetalous, tubulares o

infundibuliformes, estambres epipetaous, ovario súpero, placentación axial, placentas hinchadas, capsula de fruta o baya, tallo subterráneo aéreo, erecto, trepador, raíz de grifo ramificado (Yashasvi, 2021; Sierra et al., 2013).

#### **1.4 Género *Solanum***

El género *Solanum* se describe como un taxón hiperdiverso, este se ha distribuido en áreas tropicales y subtropicales con un menor número en áreas templadas, aproximadamente 21 especies de este género tienen aplicabilidad medicinal (Yousaf et al., 2013). El género es muy heterogéneo lo que ha provocado una gran diversidad morfológica, se puede destacar en su flor una corola esteliforme, con cinco pétalos, sus hojas tienden a ser lobuladas, alternas y asimétricas en el tamaño, sus frutos son bayas encerradas por un cáliz de colores brillantes (Cadavid, 2013)

Diversos estudios fitoquímicos han vinculado al género su actividad biológica analgésica, antihelmíntico, antialérgico, antianémico, antiasmático, antibacteriano, anticancerígeno, anticonvulsivo, antidepresivo, antidiabético, antifúngico, antihistamínico, antihipertensivo, antiinflamatorio, antileshmanial, antimelanogénico, antimolusquicida, antivírico, cardiovascular entre otras propiedades se asocian a sus componentes químicos o metabolitos secundarios entre lo que ha presentado mayor interés se puede destacar a saponinas esteroideos, alcaloides esteroides, terpenos, flavonoides, lignanos, esteroides, compuestos fenólicos y cumarinas (Kaunda y Zhang, 2019).

#### **1.5 Especie *Solanum asperolanatum* Ruiz & Pav**

Esta especie alcanza una altura de 10 metros cuyos tallos son erectos, con espinas remotas, indumento estrellado, abundante y denso en las ramas jóvenes que dan tonalidades ocre a rojizas cerca al ápice de las ramas. Presenta inflorescencias axilarescorimbosas de aproximadamente 10 cm a nivel longitudinal, sus hojas son simples, alternas, lámina foliar de 25 x 12 cm, membranácea, ovada a ovado-elíptica, con ápice atenuado y base obtusa a redondeada, con margen entero a esparcidamente denticulado, tricomas estrellados, más abundantes en el envés, pecíolos teretes de 1-2 cm de longitud, sus frutos se los identifica

como bayas esféricas de color verde (Catálogo virtual de flora de Alta Montaña por UEIA, 2021).

**Tabla 1**  
*Taxonomía de Solanum asperolanatum Ruiz & Pav.*

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
<b>División</b>	Traqueofitas
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Solanales
<b>Familia</b>	Solanáceas
<b>Genero</b>	<i>Solanum L</i>
<b>Especie</b>	<i>Solanum asperolanatum</i> Ruiz y Pav

**Figura 1**  
*Solanum asperolanatum* Ruiz & Pav



## 1.6 Química de metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios se constituyen en un grupo amplio y variado de compuestos orgánicos que se sintetizan en pequeñas cantidades (González et al., 2019). Presentan un pequeño peso molecular, su principal propósito es dar protección a las plantas contra insectos, microbios y animales herbívoros así como permitirles sobrevivir en ambientes adversos (Kanth et al., 2020). Los metabolitos secundarios son una fuente única de productos farmacéuticos, aditivos alimentarios, aromáticos entre otros materiales industriales (Calabrò,

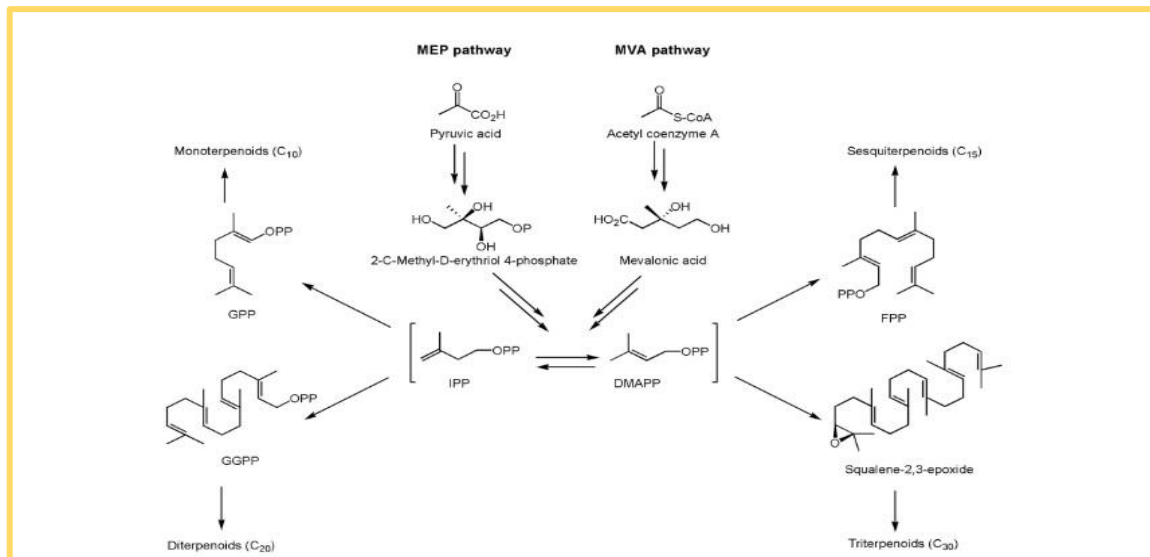
2015). Los metabolitos secundarios se clasifican según su ruta biosintética en terpenoides, compuesto fenólicos y alcaloides (Ak, 2019).

### 1.6.1 Terpenoides

Los terpenoides también conocidos como isoprenoides o “terpenos”, se conocen aproximadamente cerca de 40 000 compuestos debido a la simplicidad de construir moléculas de diferentes tamaños, de acuerdo a la regla del isopreno la cual establece que todos los terpenoides se derivan de los denominados “bloques de construcción” de cinco carbonos, el isopentenil difosfato (IPP) y su isómero alílico dimetilalil difosfato (DMAPP), los terpenoides se derivan de la vía del mevalonato (MVA) o de la vía plastificante del 2-C-metil-D-eritriol 4-fosfato (MEP) Figura 2. La unidad más básica de los terpenoides se denomina heterpenoides quien presenta una solo unidad y según el número se carbonos Tabla 2 (Toll, 2014; Ludwiczuk et al., 2017).

**Figura 2**

*Biosíntesis de terpenoides*



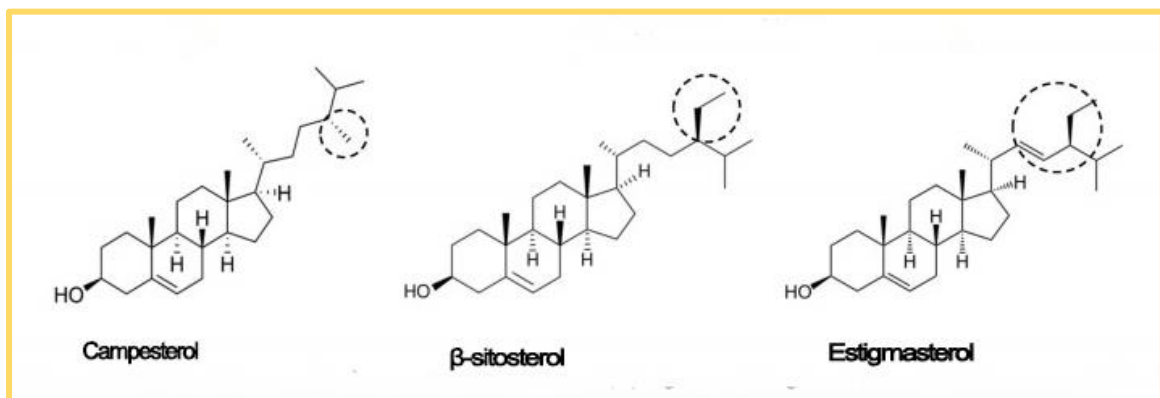
Nota. Adaptado de *Biosynthesis* [Imagen], por Ludwiczuk et al, 2017, (<https://n9.cl/obxn>).

**Tabla 2***Clasificación de terpenoides.*

Nombre	Numero de Isoprenos	Numero carbonos
<b>Monoterpenos</b>	2	10
<b>Sesquiterpenos</b>	3	15
<b>Diterpenos</b>	4	20
<b>Sesterterpenos</b>	5	25
<b>Triterpenos</b>	6	30
<b>Tetraterpenos</b>	7	40
<b>Politerpenos</b>	>8	>40

**1.6.2 Esteroles**

Los esteroides son derivados de los isoprenoides, los esteroides predominantes a nivel vegetal son campesterol,  $\beta$ -sitosterol, estigmasterol Figura 3, presentando diversas funciones a nivel vegetal, son precursoras de hormonas del crecimiento como la brasinoesteriide que regula el crecimiento y desarrollo de la planta (Valitova et al., 2016). Estos compuestos ha presentado un actividad anticancerígena, antiinflamatoria, antioxidante, neuroprotector y protector cardiovascular (He et al., 2018).

**Figura 3***Estructura de esteroides vegetales*

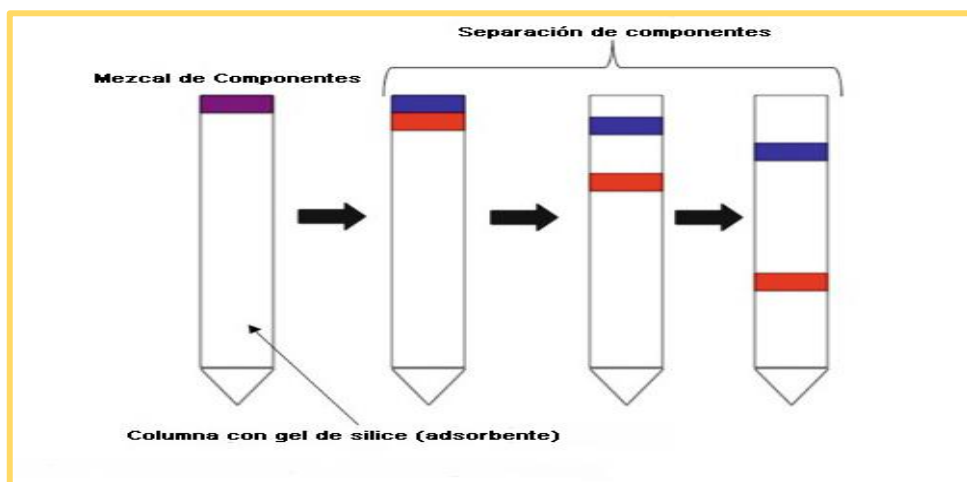
*Nota.* Adaptado de *Structural formulas of plant sterols* [Imagen], por, Valitova et al, 2016, (<https://n9.cl/qflxb>).

### 1.7 Cromatografía en Columna (CC)

La cromatografía es una técnica biofísica que permite la separación, identificación y purificación para la determinación cuantitativas y cualitativas (Coskun, 2016). Consiste de dos fases una fase móvil y una estacionaria. La fase móvil se introduce desde la parte superior de la columna, la cual es la mezcla a separar, los componentes de la mezcla se mueven a diferentes velocidades. De acuerdo a la afinidad hacia la fase estacionaria, tendrá mayor o menor propiedad de absorción que es mantenida por una columna de vidrio, se podría definir que a menor absorción menor afinidad por la fase estacionaria se moverán más rápido, mientras que los componentes que presentan una mayor absorción y mayor afinidad con esta fase no lo harán los componentes que se mueven primero eluyen primero mientras que los que no se eliminaran a la final (Hamid y Rehman, 2020).

**Figura 4**

*Cromatografía en Columna*



*Nota.* Adaptado de Schematic representation of column [Imagen], por Hamid y Rehman, 2020, (<https://n9.cl/0k9i4>).

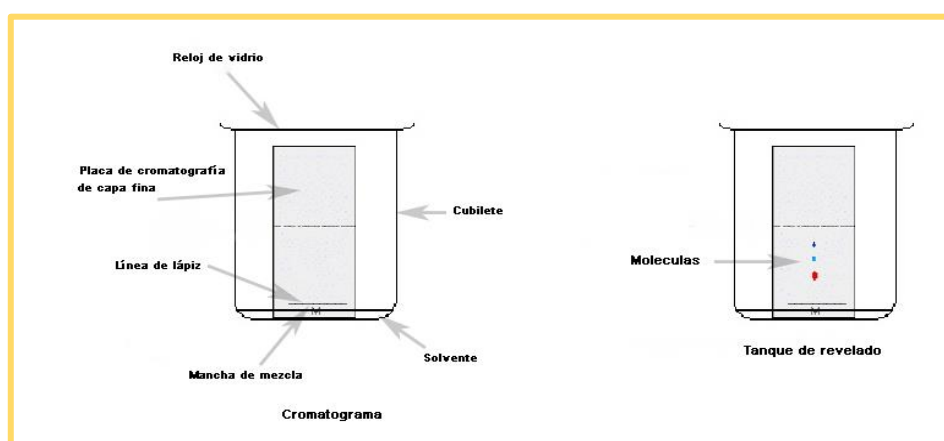
### 1.8 Cromatografía en capa fina (CCF)

La cromatografía en capa fina (CCF), se la puede definir como una técnica empelada en los procesos de separación de mezclas por lo general no volátiles las cuales pueden determinar la pureza de una sustancia (Jurčević y Starčević, 2019). La técnica se conforma de dos partes una fase móvil y la fase solida el principio se basa en la distribución de los

compuestos entre una fase fija sólida aplicada a una placa de vidrio o plástico cubierta por sílice generalmente y una fase móvil líquida que se conforma con un disolvente elegido de acuerdo a las propiedades de las mezclas esta se moverá sobre la fase sólida. Al colocar una pequeña cantidad de la mezcla a evaluar en el fondo de la placa, luego esta se revela en la cámara de revelado con un nivel poco profundo de solvente por debajo de donde se aplicó la muestra, mediante capilaridad extraerá las partículas conjuntamente con el disolvente y según se mueva el disolvente sobre la mezcla los compuestos podrán permanecer en la fase sólida o se disolverán en el disolvente y ascenderán por la placa, de las propiedades físicas, moleculares y de sus grupos funcionales dependerá el ascenso o estacionamiento de los compuestos, cuanto más similares son las propiedades físicas del compuesto a la fase móvil más tiempo permanecerá en la fase móvil, la fase móvil transportará los compuestos más solubles en la parte superior de la placa, los compuestos que presentan menos solubilidad en la fase móvil y tiene mayor afinidad por las partículas en la placa por lo que quedarán atrás (Kumar et al., 2013).

**Figura 5**

*Cromatografía de capa fina*



*Nota.* Adaptado de Schematic representation of column [Imagen], por Hamid y Rehman, 2020, (<https://n9.cl/0k9i4>)

## 1.9 Resonancia magnética nuclear (NMR).

La resonancia magnética es una técnica espectroscópica que permite el análisis de estructuras tridimensionales de macromoléculas (Dragostin y Profire, 2017). Este fenómeno

físico permite que los núcleos de un campo magnético absorben y remiten radiación electromagnética, teniendo una frecuencia de resonancia específica del que dependerá la fuerza del campo magnético y de las propiedades magnéticas del isótopo de los átomos (Zhang et al., 2019).

El equipo consta de un imán superconductor, un espectrómetro, un Sistema de control y un detector, durante la medición se coloca una solución de muestras en el campo magnético y se irradia con ondas de radio que incluyen un sistema de observación e irradiación, la señal analógica rebitada llamada decaimiento inducido libre se amplifica y digitaliza para obtener las señales y el espectro (Yusa, 2017).

**Figura 6** *Equipo de Resonancia Magnética Nuclear*



Nota. Equipo UTPL 2021

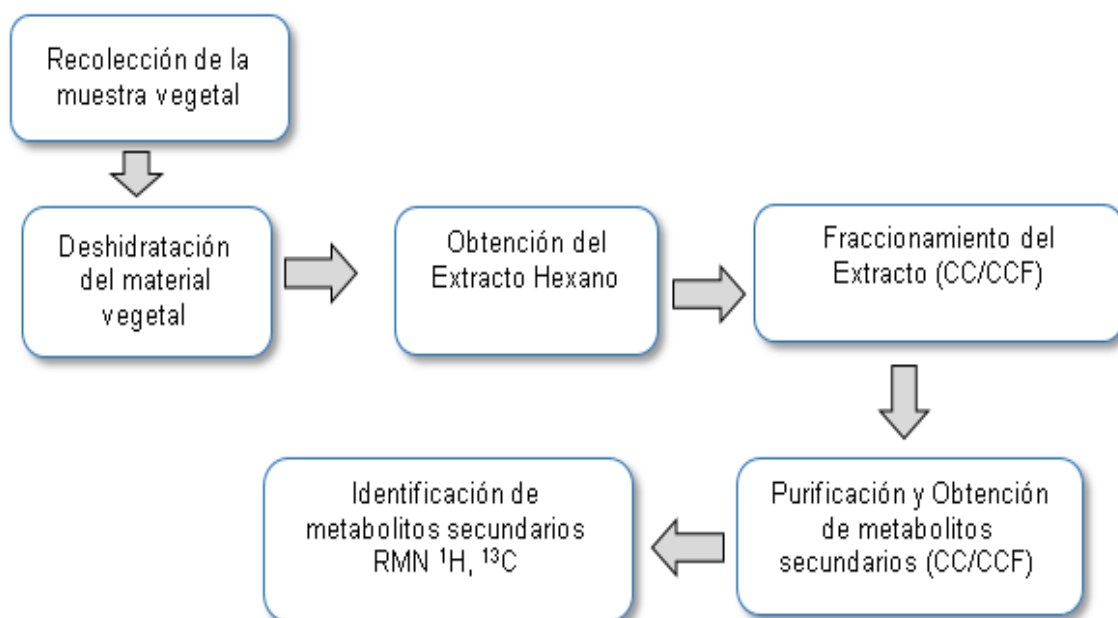
## Capítulo dos

### Materiales y métodos

#### 2.1 Metodología

Figura 7

*Esquema de la metodología empleada*



#### 2.2 Recolección de la especie vegetal

La recolección de la planta medicinal se realizó en el cantón Loja, de la provincia de Loja, sector Villonaco con coordenadas  $79^{\circ}15' 33.2958''$  W, la identificación botánica fue realizada por el Dr. Nixon Cumbicus y depositada en el Herbario de la Universidad Técnica particular de Loja HUTPL con código vaucher PPN-so-014

Para el secado del material, se colocaron las hojas en la cámara de secado a temperatura de 37°C durante 7 días para eliminar el contenido de agua y así evitar la contaminación.

### 2.3 Obtención del extracto total

Para la obtención del extracto total de *Solanum asperolanatum* Ruiz & Pav, se usaron 400gr del material secado previamente se trituro y se empleó como solvente Hexano, se llevó a cabo mediante la técnica de maceración estática durante 12 horas este proceso se repite por dos veces seguidas, en cada maceración se filtra y se coloca en un balón y mediante la técnica de rotaevaporación , proceso en el cual se aplica una presión reducida empleando el Rotoevaporador a temperatura 35° a 37° C, se logró obtener 12.40gr del extracto total seco de Hexano.

#### **Figura 8**

*Obtención del extracto seco de Hexano*



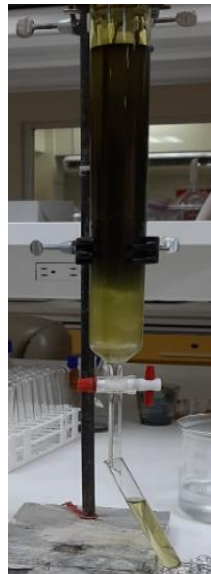
## 2.4 Aislamiento de Compuestos de *Solanum asperolanatum* Ruiz & Pav

### 2.4.1 Fraccionamiento Cromatografía en Columna

El extracto obtenido se sometió a fraccionamiento en cromatografía en columna, empleando 2 g del extracto en 200 g de Sílica gel 60 fase directa relación 1:100. Se eluyó en polaridad ascendente usando Hex/AcOEt, empezando con 9:1 hasta terminar con la polaridad 2:8, cambiando cada 300ml la polaridad.

#### Figura 9

*Fraccionamiento del extracto total de Solanum asperolanatum Ruiz & Pav*

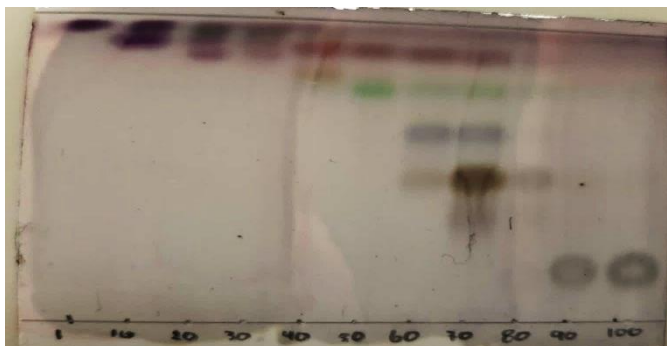


Nota. Guartán, 2021

Se obtuvieron 104 tubos unidos en 8 fracciones, de las cuales se utilizó cromatografía de capa fina Sílica gel fase directa (sílica gel 60 F254) como la fase estacionaria y fase móvil Hexano – Acetato de etilo, relación 7:3; se observó en la lámpara de luz ultravioleta a 254 y 365nm, estas placas fueron reveladas con vainillina al 12% y ácido sulfúrico al 5%.

**Tabla 3***Fracciones de la cromatografía del extracto de Hexano.*

	<b>Fracciones</b>	<b>Código</b>	<b>Peso mg</b>
<b>1</b>	1-8	IC 01/05	253.4
<b>2</b>	9-14	IC 02/05	104.6
<b>3</b>	15-35	IC 03/05	137.7
<b>4</b>	36-39	IC 04/05	38.5
<b>5</b>	40-50	IC 05/05	90.8
<b>6</b>	51-57	IC 06/05	48.4
<b>7</b>	58-89	IC 07/05	74.9
<b>8</b>	90-104	IC 08/05	28.1

**Figura 10***CCF revelada de las fracciones obtenidas del extracto de Hexano***2.4.2 Purificación de Metabolitos Secundarios vial IC02/05.**

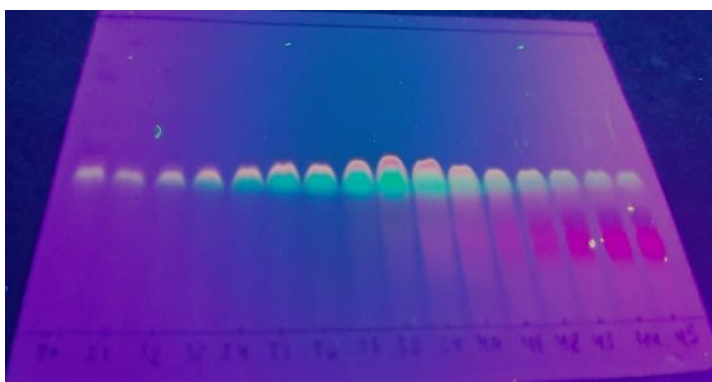
De las fracciones obtenidas, del vial IC 02/05 se realizó una micro columna de la cual se obtuvieron 14 fracciones, entre las cuales la fracción identificada como IC12/06, se observó la formación de gránulos pequeños de color amarillo, se envió a analizar mediante RMN  $^1\text{H}$  y  $^{12}\text{C}$ , lográndose identificar un compuesto puro.

**Tabla 4***Fracciones obtenidas de IC 02/05*

	<b>Fracciones</b>	<b>Código</b>	<b>Peso mg</b>
<b>1</b>	30-32	IC 09/06	4.2
<b>2</b>	33-34	IC 10/06	2.7

3	35-36	IC 11/06	4.9
4	37-39	IC 12/06	14
5	40-41	IC 13/06	8.6
6	42-45	IC 14/06	17.2
7	1-10	IC 15/06	12.2
8	11-23	IC 16/06	4.6
9	24:26-29	IC 17/06	3.7
10	25	IC 18/06	1.3
11	46-49	IC 19/06	9.4
12	50-69	IC 20/06	6.1
13	70-99	IC 21/06	1.1
14	100-105	IC 22/06	1

**Figura 11** CCF de las fracciones obtenidas de Microcolumna IC02/05



## 2.5 Identificación de Metabolitos Secundarios de la fracción IC12/06

### 2.5.1 Resonancia Magnética Nuclear (NMR)

Empleando el equipo de Resonancia Magnética Nuclear Varian serie 21953 que opera a 400 MHz para  $^1\text{H}$  y a 100 MHz para  $^{13}\text{C}$ , se obtuvo el espectro del compuesto purificado, empleando como disolvente cloroformo deuterado ( $\text{CDCl}_3$ ). Los desplazamientos químicos de los espectros se expresan en partes por millón (ppm), los valores de las constantes de acoplamiento ( $J$ ) en Hertz (Hz).

## Capítulo tres

### Resultados y Discusión

#### 3.1 Extractos obtenidos de la especie *Solanum asperolanatum* Ruiz & Pav

En la tabla 5 se muestra el porcentaje de rendimiento del extracto de Hexano, que se obtuvo a partir de los 400 gr de muestra.

**Tabla 5**

*Rendimiento del extracto de la especie Solanum asperolanatum Ruiz & Pav*

Extracto	Peso inicial planta seca (g)	Peso final (g)	Rendimiento %
<b>Hexano</b>	400	12.40	3.1

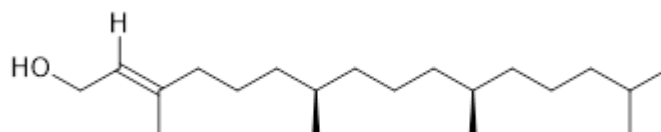
El rendimiento del extracto se evaluó basándose en la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Peso total del extracto}}{\text{Peso de la materia prima seca}} \times 100$$

#### 3.2 Identificación del Compuesto aislados de la especie *Solanum asperolanatum* Ruiz & Pav

A partir de la purificación de la fracción IC 12/06, la cual tuvo un aspecto granuloso, con un peso de 14 mg, soluble en diclorometano, se realizó la cromatografía en capa fina utilizando como eluyente Hexano, Acetato en proporción 9:1 respectivamente, donde se puede observar al compuesto como una mancha de color morada.

El análisis de RMN  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$ , corroborando con datos de literatura nos permitió identificar el compuesto como fitol, alcohol diterpénico acíclico (Fig 17) de fórmula molecular es  $\text{C}_{20}\text{H}_{40}\text{O}$  y peso molecular 296.53 g/mol.

**Figura 12***Estructura química del Fitol*

En la tabla 6, se muestran los datos espectroscópicos de RMN de  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$  de la molécula Fitol corroborado con la literatura (Gunawan, Cordero, & Paano, 2013).

**Tabla 6***Datos de  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$  RMN de Fitol corroborado*

Posición H y C	DATOS EXPERIMENTALES $^1\text{H}$ NMR (400 mhz)	(Gunawan, Cordero, & Paano, 2013). $^1\text{H}$ NMR (400 mhz)	DATOS EXPERIMENTALES $^{13}\text{C}$ NMR (100 mhz)	(Gunawan, Cordero, & Paano, 2013). $^{13}\text{C}$ NMR (100 mhz)
1	4.14, d	4.14, d	59.43	59.39
2	5.40, t	5.39, t	123.09	123.09
3			140.32	140.23
4	1.97, m	1.97, m	39.85	39.85
5	-	-	25.14	25.12
6			36.67	36.65
7	1.30, m	1.35, m	32.54	32.67
8	-	-	37.37	37.35
9	-	-	24.48	24.45
10	-	-	37.43	37.41
11	1.30, m	1.35, m	32.70	32.77
12	-	-	37.30	37.28
13	1.25, m	1.25, m	24.80	24.79
14	-	-	39.37	39.35
15	1.53, t	1.50, dt	27.98	27.95

<b>16</b>			22.63	22.60
<b>17</b>	0.87, s	0.84, d	22.72	22.69
<b>18</b>	0.84, d	0.83, d	19.72	19.69
<b>19</b>	-	-	19.75	19.72
<b>20</b>	1.66, s	1.65 s	16.18	16.14

Del análisis del espectro  $^1\text{H}$  NMR se identificó la presencia de un hidrógeno olefínico (H-2) en el desplazamiento  $\delta_{\text{H}}$  5.40 ppm; Así mismo se observó una señal doble en  $\delta_{\text{H}}$  4.14 ppm, la cual fue identificada como un metileno base de oxígeno, acoplado con un hidrogeno olefínico (H-2). Las unidades de metileno y metino se encontraron entre 1,25 ppm y 1,30 ppm respectivamente, y de igual manera se determinó la presencia de un metilo vinílico ( $\text{CH}_{3-20}$ ) en el desplazamiento  $\delta_{\text{H}}$  1.66 ppm (Aguilar, 2020).

El fitol es un diterpeno, que pertenece al grupo de los alcoholes acíclicos insaturados de cadena larga y ramificada, este compuesto por sus propiedades es usado en la industria cosmética para la elaboración de champús, detergentes, jabones (Moraes et al., 2014) y además de ello es un excelente aceite esencial y se lo utiliza como fragancia, siendo así un candidato potencial para una extensa gama de usos en el ámbito farmacéutico y biotecnológico.

Se lo encuentra ampliamente distribuido en plantas medicinales y aceites esenciales aromáticos como, *Hordeum vulgare* (cebada), y *Camellia sinensis* (té verde), este compuesto es particularmente interesante debido a que es un componente de la clorofila presente en las hojas verdes de la mayor parte de plantas medicinales (Costa et al., 2012), y en la actualidad se lo utiliza como precursor para la obtención de formas sintéticas de vitaminas E y K (Daines et al., 2005)

La bibliografía señala a esta molécula como, un importante agente anticanceroso con amplio espectro de actividad frente a algunos cánceres resistentes al tratamiento con otros fármacos.

De igual manera Moraes et al, (2014) en un estudio mencionan al fitol como un compuesto con gran efecto antiparasitario, investigación realizada in vitro en gusanos platelmintos causantes de la esquistosomiasis, una enfermedad endémica que afecta a cientos de personas en todo el mundo, en donde el fitol redujo significativamente la carga parasitaria y no produjo mutaciones, lo cual valida a este compuesto como un fármaco prometedor y seguro en la terapia antiesquistosómica.

Este compuesto obtenido a partir de aceites esenciales reporta una buena actividad antimicrobiana especialmente contra cepas de *Staphylococcus aureus* (García, 2006). Asimismo, diversos estudios señalan al fitol con capacidad antioxidante (Baqueiro & Guerrero, 2017), sin embargo, varios autores mencionan que, si bien en general los alcoholes alifáticos saturados no son buenos antioxidantes, el fitol muestra una buena actividad antioxidante debido a la naturaleza alílica del grupo alcohol (Islam et al., 2018)

Se ha reportado la presencia de este compuesto en otras especies de la familia Solanaceae como *Physalis angulata* (Islam et al., 2018), y del mismo género como *Solanum pseudocapsicum* (Aliero et al., 2006).

### **Conclusiones**

Del extracto de Hexano de la especie medicinal *Solanum asperolanatum* Ruiz & Pav, se obtuvo un rendimiento de 3.1%.

Del cual se logró identificar un compuesto puro denominado Fitol.

El Fitol, es un componente de la clorofila presente en las hojas verdes de la mayor parte de plantas medicinales.

### Recomendaciones

Continuar con estudios fitoquímicos de las distintas fracciones de la especie *Solanum asperolanatum* Ruiz & Pav.

Realizar diferentes técnicas que determinen la actividad biológica del compuesto aislado e identificado de la especie en estudio.

## Referencias

- Aguirre, Z., Aguirre, N., & Nuñez, J. (2017). Biodiversidad de la provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 24(2), 523–542. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.2420>
- Ak, M. (2019). Chemistry of Secondary Metabolites. *Remedy Publications LLC*, 2(1). <http://www.remedypublications.com/open-access/chemistry-of-secondary-metabolites-1124.pdf>
- Aliero, A. A., Asekun, O. T., Grierson, D. S., & Afolayan, A. J. (2006). Chemical composition of the hexane extract from the leaves of *Solanum pseudocapsicum*. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(6), 1054–1056. <https://doi.org/10.3923/ajps.2006.1054.1056>
- Armijos, C., Meneses, M., Guamán, M., Cuenca, M., & Suárez, A. (2018). Antioxidant properties of medicinal plants used in the Southern Ecuador. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 2803–2812.
- Bailon, N., Romero, J. C., Tinitana, F., & Ostrosky, P. (2015). Medicinal plants of Ecuador: A review of plants with anticancer potential and their chemical composition. *Medicinal Chemistry Research*, 24(6), 2283–2296. <https://doi.org/10.1007/s00044-015-1335-7>
- Baqueiro, I., & Guerrero, J. (2017). Physicochemical and antioxidant characterization of *Justicia spicigera*. *Food Chemistry*, 218, 305–312. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.078>
- Bennett, B. (2011). Twenty-five Economically Important Plant Families. *Economic Botany*.
- Cadavid, I. (2013). *Tipificación molecular y separación de especies de plantas del subgénero Leptostemonum (Solanaceae: Solanum), usando regiones barcode*. [Universidad Nacional de Colombia]. <http://www.bdigital.unal.edu.co/9516/>
- Calabrò, S. (2015). Plant secondary metabolites. *Rumen Microbiology: From Evolution to Revolution*, October, 153–159. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-2401-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2401-3_11)
- Catálogo virtual de flora de Alta Montaña por UEIA, K. (2021). *Solanum asperolanatum*.

<https://catalogofloraaltamontana.eia.edu.co/species/239>

- Chikezie, P., & Ojako, O. (2015). Herbal Medicine: Yesterday, Today and Tomorrow. *Alternative & Integrative Medicine*, 04(03), 1–6. <https://doi.org/10.4172/2327-5162.1000195>
- Coskun, O. (2016). Separation Techniques: Chromatography. *Northern Clinics of Istanbul*, 3(2), 156–160. <https://doi.org/10.14744/nci.2016.32757>
- Costa, R., Leitão da, E., Ramalho, R., Scotti, L., Rocha, M., Queiroz, A., & Tullius, M. (2018). Virtual screening of secondary metabolites of the genus *Solanum* with potential antimicrobial activity. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 28(6), 686–691. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.08.003>
- Costa, J. P., Lourenço, N. V., Santos, C. C. de M. P., Tomé, A. da R., de Sousa, G. F., de Sousa, D. P., de Almeida, R. N., & de Freitas, R. M. (2012). Avaliação da toxicidade aguda e das alterações histopatológicas em camundongos tratados com fitol. *Revista de Ciências Farmaceuticas Basica e Aplicada*, 33(3), 421–428.
- Cuesta, F., Peralvo, M., Merino, A., Bustamante, M., Baquero, F., Freile, J., Muriel, P., & Torres, O. (2017). Priority areas for biodiversity conservation in mainland Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 3(1), 93–106. <https://doi.org/10.1080/23766808.2017.1295705>
- Daines, A., Payne, R., Humphries, M., & Abell, A. (2005). The Synthesis of Naturally Occurring Vitamin K and Vitamin K Analogues. *Current Organic Chemistry*, 7(16), 1625–1634. <https://doi.org/10.2174/1385272033486279>
- Dragostin, O., & Profire, L. (2017). Molecular weight of polymers used in biomedical applications. In *Characterization of Polymeric Biomaterials* (pp. 101–121). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100737-2.00005-4>
- Figuroa, H., & Domínguez, I. (2018). Diversidad, Composición Y Estructura De Los Sistemas De Producción Agrícolas De Las Comunidades Shuar De La Amazonía Del Ecuador. *European Scientific Journal*, ESJ, 14(21), 31. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n21p31>

- García, C. (2006). Actividad antibacteriana de extractos vegetales en cepas hospitalarias de *Staphylococcus aureus* con resistencia múltiple. In *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*.
- Gebhardt, C. (2016). The historical role of species from the Solanaceae plant family in genetic research. *Theoretical and Applied Genetics*, 129(12), 2281–2294. <https://doi.org/10.1007/s00122-016-2804-1>
- Giorgetti, M., & Negri, G. (2011). Plants from Solanaceae family with possible anxiolytic effect reported on 19th century's Brazilian medical journal. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 21(4), 772–780. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2011005000106>
- González, I., González, D., & Morena, V. (2019). Secondary metabolites in plants: Main classes, phytochemical analysis and pharmacological activities. *Revista Bionatura*, 4(4). <https://doi.org/10.21931/RB/2019.04.04.11>
- Hamid, M., & Rehman, K. (2020). Essentials of Pharmaceutical Analysis. In *Essentials of Pharmaceutical Analysis*. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-1547-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-15-1547-7_3)
- Hañcinský, R., Mihálik, D., Mrkvová, M., Candresse, T., & Glasa, M. (2020). Plant viruses infecting solanaceae family members in the cultivated and wild environments: A review. *Plants*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/plants9050667>
- He, W. Sen, Zhu, H., & Chen, Z. Y. (2018). Plant Sterols: Chemical and Enzymatic Structural Modifications and Effects on Their Cholesterol-Lowering Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(12), 3047–3062. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b00059>
- Islam, M. T., Ali, E. S., Uddin, S. J., Shaw, S., Islam, M. A., Ahmed, M. I., Chandra Shill, M., Karmakar, U. K., Yarla, N. S., Khan, I. N., Billah, M. M., Pieczynska, M. D., Zengin, G., Malainer, C., Nicoletti, F., Gulei, D., Berindan-Neagoe, I., Apostolov, A., Banach, M., ... Atanasov, A. G. (2018). Phytol: A review of biomedical activities. *Food and Chemical Toxicology*, 121(August), 82–94. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.08.032>
- Jamshidi-Kia, F., Lorigooini, Z., & Amini-Khoei, H. (2018). Medicinal plants: Past history and future perspective. *Journal of HerbMed Pharmacology*, 7(1), 1–7.

<https://doi.org/10.15171/jhp.2018.01>

Jayakumar, K., & Murugan, K. (2015). Solanum Alkaloids and their Pharmaceutical Roles: A Review. *Journal of Analytical & Pharmaceutical Research*, 3(6), 1–14.

<https://doi.org/10.15406/japlr.2016.03.00075>

Jurčević, M., & Starčević, D. (2019). Application of thin layer chromatography for qualitative analysis of gunpowder in purpose of life prediction of ammunition. *MedCrave*, 5(1).

<https://doi.org/10.15406/ijbsbe.2019.05.00144>

Kanth, P., Elghandour, M., Salem, A., Yasaswini, D., Ranga, P., Nagarjuna, A., & Hyder, I. (2020). Plant secondary metabolites as feed additives in calves for antimicrobial stewardship. *Animal Feed Science and Technology*, 264(August 2018), 114469.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114469>

Kaunda, J., & Zhang, Y. (2019). The Genus Solanum: An Ethnopharmacological, Phytochemical and Biological Properties Review. *Natural Products and Bioprospecting*, 9(2), 77–137. <https://doi.org/10.1007/s13659-019-0201-6>

Kumar, S., Jyotirmayee, K., & Sarangi, M. (2013). Thin Layer Chromatography: A Tool of Biotechnology for Isolation of Bioactive. *International Journal Pharmacy and Pharmaceutical AI Sciences*, 18(1), 126–132. <https://n9.cl/jdtz>

Ludwiczuk, A., Skalicka-Woźniak, K., & Georgiev, M. (2017). Terpenoids. In *Pharmacognosy: Fundamentals, Applications and Strategy* (pp. 233–266). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802104-0.00011-1>

Mendoza, Z. (2013). Diversidad florística de la provincia de Zamora Chinchipe. In *Universidad Nacional de Loja* (pp. 1–14).

Moraes, J., de Oliveira, R. N., Costa, J. P., Junior, A. L. G., de Sousa, D. P., Freitas, R. M., Allegretti, S. M., & Pinto, P. L. S. (2014). Phytol, a Diterpene Alcohol from Chlorophyll, as a Drug against Neglected Tropical Disease Schistosomiasis Mansoni. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8(1), 51. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002617>

- Ordóñez, L., Reyes, F., Orihuela, A., & Armijos, D. (2016). Registros inusuales de aves en la hoya de Loja, Andes sur del Ecuador. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 8(14). <https://doi.org/10.18272/aci.v8i1.276>
- Palchetti, M., Cantero, J., & Barboza, G. (2020). Solanaceae diversity in South America and its distribution in Argentina. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 92(2), 1–17. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190017>
- Patel, K., Singh, R., & Patel, D. (2013). Pharmacological and analytical aspects of withaferin A: A concise report of current scientific literature. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 2(3), 238–243. [https://doi.org/10.1016/S2305-0500\(13\)60154-2](https://doi.org/10.1016/S2305-0500(13)60154-2)
- Petrovska, B. (2012). Historical review of medicinal plants' usage. *Pharmacognosy Reviews*, 6(11), 1–5. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.95849>
- Report, I. (2021). *Solanum asperolanatum Ruiz & Pav.* [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=821341&print\\_version=SCR&source=from\\_print#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=821341&print_version=SCR&source=from_print#null)
- Samuels, J. (2015). Biodiversity of food species of the solanaceae family: A preliminary taxonomic inventory of subfamily Solanoideae. *Resources*, 4(2), 277–322. <https://doi.org/10.3390/resources4020277>
- Särkinen, T., Baden, M., Gonzáles, P., Cueva, M., Giacomini, L., Spooner, D., Simon, R., Juárez, H., Nina, P., Molina, J., & Knapp, S. (2015). Listado anotado de Solanum L. (Solanaceae) en el Perú. *Revista Peruana de Biología*, 22(1), 3–62. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v22i1.11121>
- Scovassi, I., & Guamán, L. (2013). Traditional Medicine: An Ancient Remedy Rediscovered. *Biochemistry & Pharmacology: Open Access*, 02(01), 2–4. <https://doi.org/10.4172/2167-0501.1000110>
- Sendker, J., & Sheridan, H. (2017). Toxicology of herbal products. In *Toxicology of Herbal Products*. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-43806-1>
- Sierra, J., Siqueiros, J., Flores, E., & Arredondo, J. (2013). Diversidad y distribución de la familia Solanaceae en Aguascalientes, México. *Botanical Sciences*, April 2015.

<https://doi.org/10.17129/botsci.63>

Toll, D. (2014). Biosynthesis and Biological Functions of Terpenoids in Plants. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 123(July 2015), 127–141.

<https://doi.org/10.1007/10>

Tradit, A. J., Altern, C., Cn, F., Ndikum, V., Oy, T., Ngameni, B., Guedje, N. M., Tomkins, P., Barkwan, S., Asongalem, E., Ngoupayou, J., Kh, G., Sielinou, V., Bt, N., F, A. I. I. I., Nkongmeneck, A., Om, A., Ngogang, J., Asonganyi, T., ... Lohoue, J. (2011). TRADITIONAL MEDICINE: Past, Present And Future Research And Development Prospects And Integration in the National Health System of Cameroon. *African Traditional Herbal Medicine Supporters Initiative*, 8, 284–295. [https://doi.org/10.4314 / ajtcam.v8i3.65276](https://doi.org/10.4314/ajtcam.v8i3.65276)

Valitova, J., Sulkarnayeva, A., & Minibayeva, F. (2016). Plant sterols: Diversity, biosynthesis, and physiological functions. *Biochemistry (Moscow)*, 81(8), 819–834.

<https://doi.org/10.1134/S0006297916080046>

Yashasvi, V. (2021). *Solanaceae: Characters, Distribution and Types*. <https://www.biologydiscussion.com/angiosperm/dicotyledons/solanaceae-characters-distribution-and-types/48409>

Yousaf, Z., Wang, Y., & Baydoun, E. (2013). Phytochemistry and pharmacological studies on *Solanum torvum* Swartz. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(4), 152–160.

<https://doi.org/10.7324/JAPS.2013.3428>

Yusa, S. (2017). Polymer characterization. In *Modern Textile Characterization Methods* (pp. 9–143). <https://doi.org/10.1201/9780203746684>

Zank, S., & Hanazaki, N. (2017). The coexistence of traditional medicine and biomedicine: A study with local health experts in two Brazilian regions. *PLoS ONE*, 12(4), 1–17.

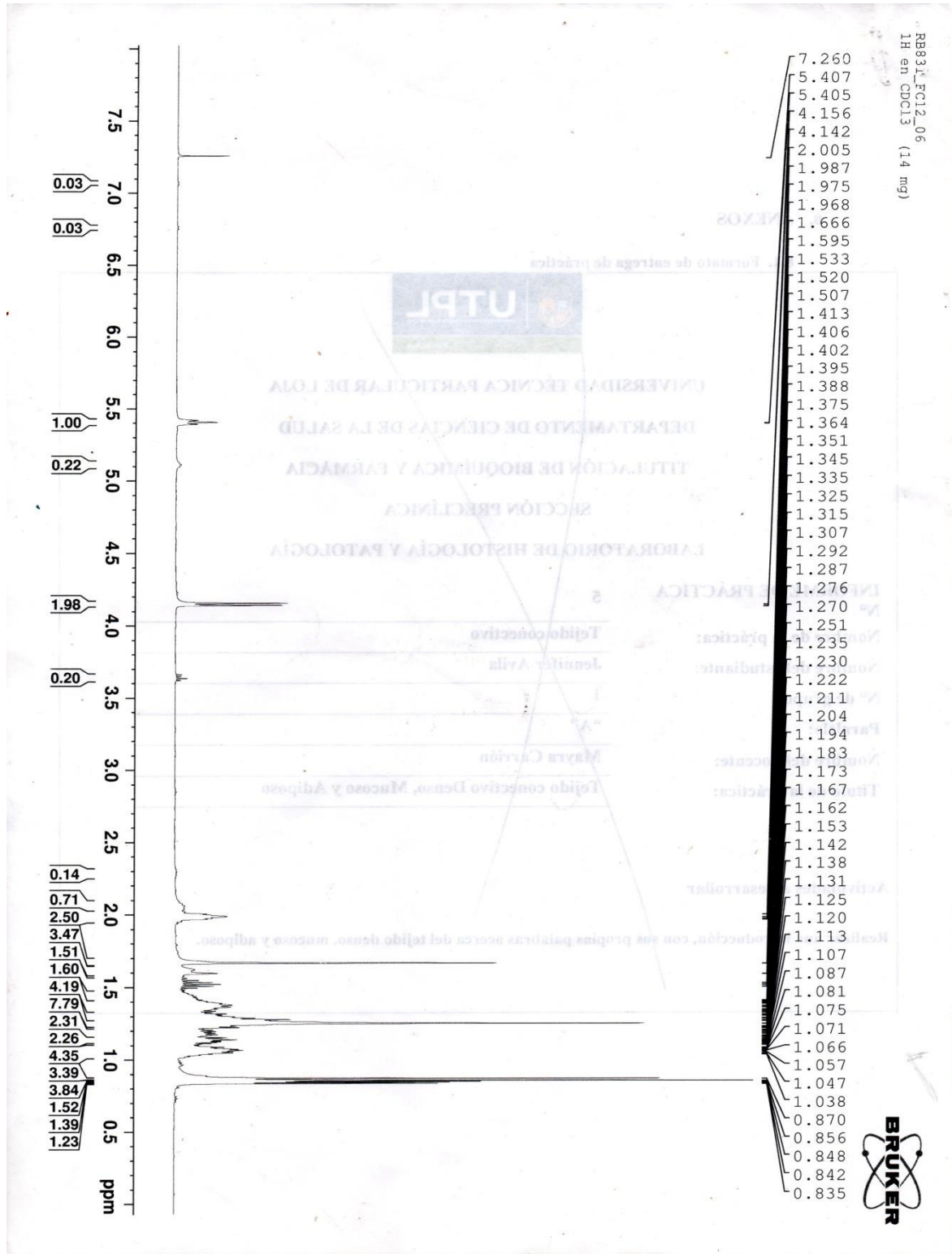
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174731>

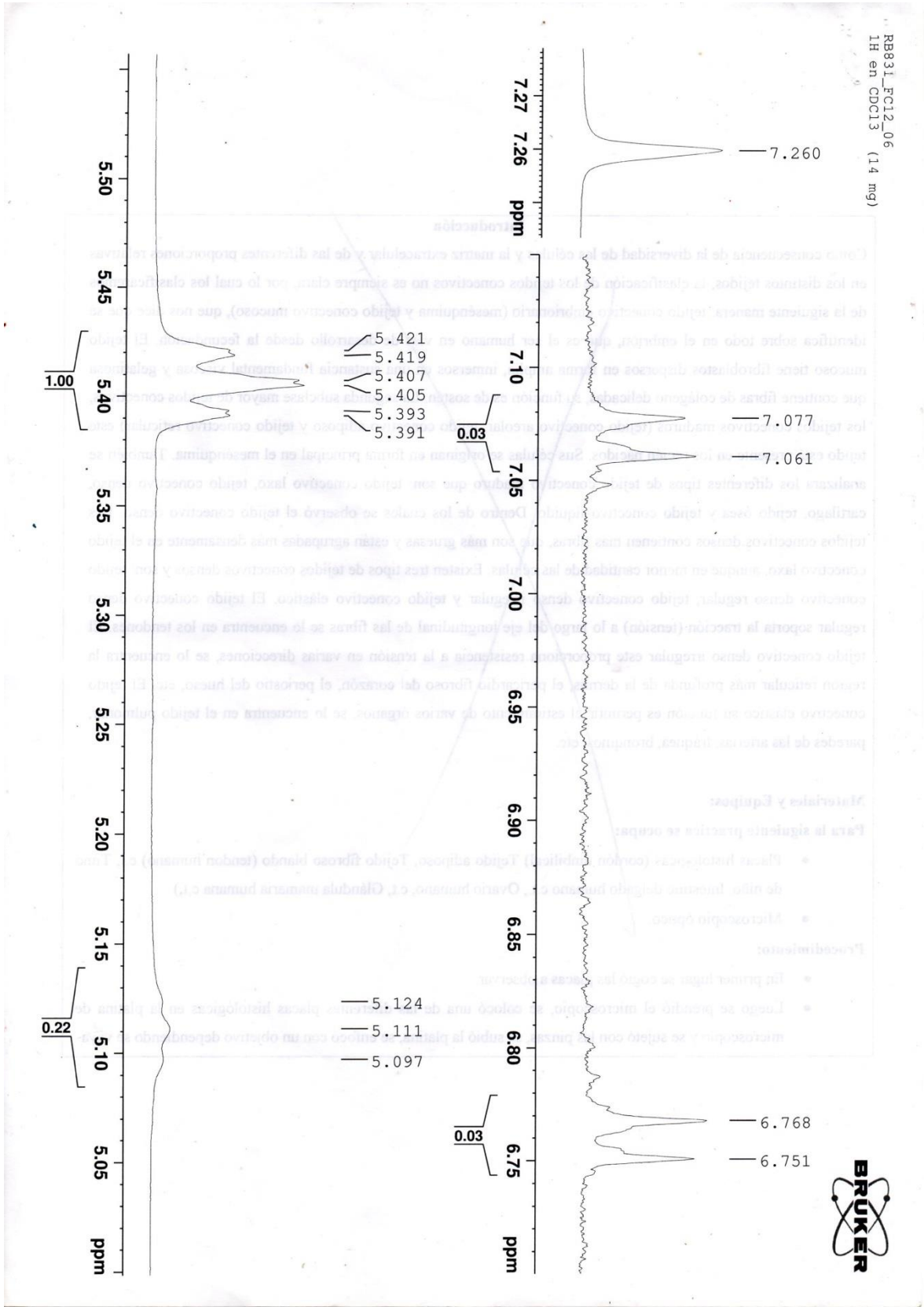
Zhang, P., Li, J., Guo, Q., & Zhu, Y. (2019). NbTi superconducting wires and applications. In *Titanium for Consumer Applications* (pp. 279–296). Elsevier Inc.

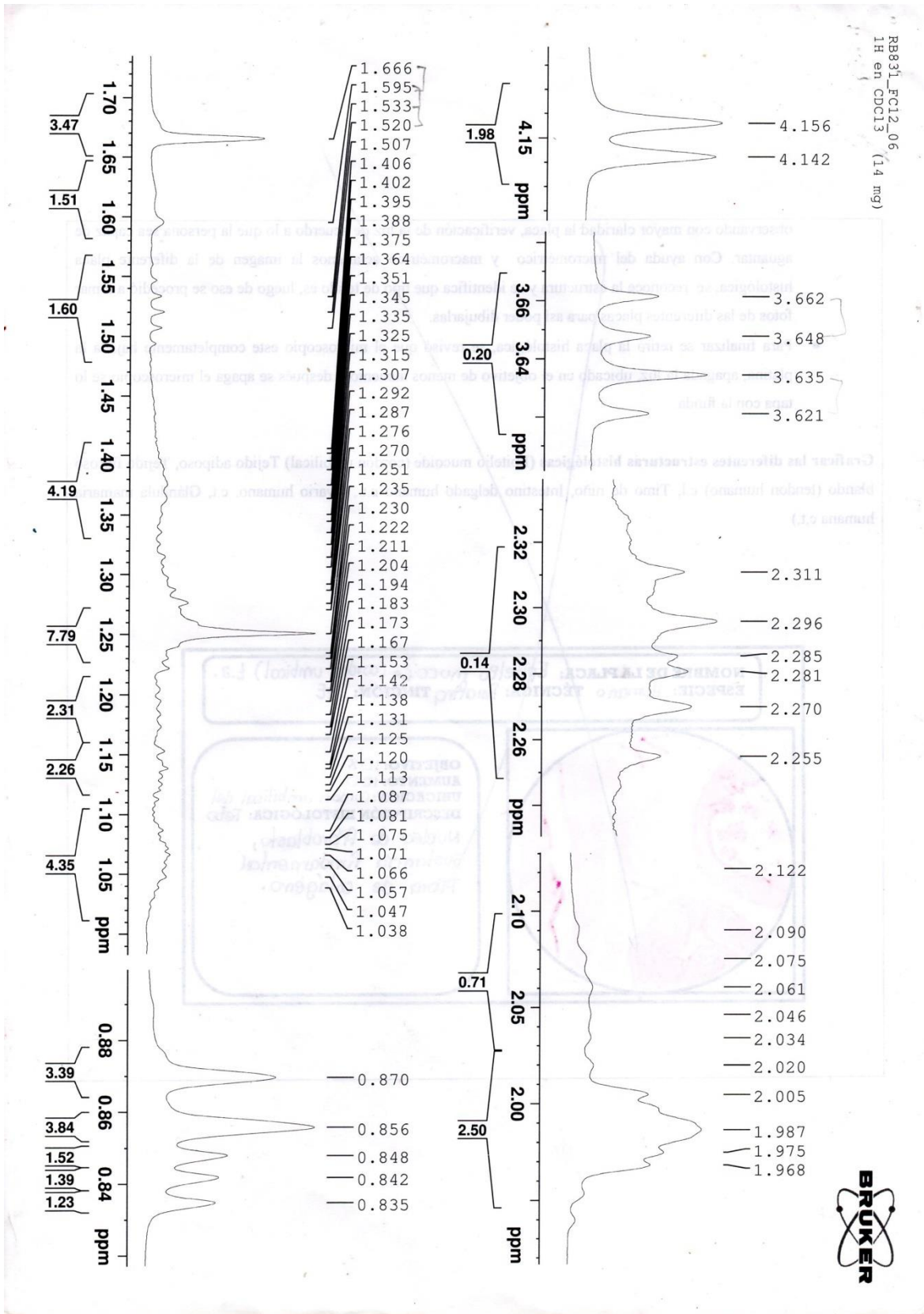
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815820-3.0>

Apéndice

Apéndice 1 Espectro de <sup>1</sup>H RMN Fracción IC 12/06







Apéndice 2 Espectro de <sup>13</sup>C RMN Fracción IC 12/06

