

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**



**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA**

MAESTRÍA EN CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

PORTADA

MODALIDAD DE TITULACIÓN PRESENCIAL

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de Magister en Ciencia de los Alimentos

Tema: “EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTINFLAMATORIA DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS DEL TOMATE (*Solanum betaceum*), LIBERADOS DURANTE LA SIMULACION DE LA DIGESTIÓN GASTRODUODENAL *in vitro*.”

Autor(a): Ing. Iván Sebastián Álvarez Delgado

Director(a): Ing. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro PhD.

Ambato – Ecuador

Enero 2023



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA**

MAESTRÍA EN CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

INFORMACIÓN GENERAL

TEMA: “EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTINFLAMATORIA DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS DEL TOMATE (*Solanum betaceum*), LIBERADOS DURANTE LA SIMULACION DE LA DIGESTIÓN GASTRODUODENAL *in vitro*.”

AUTOR: Iván Sebastián Álvarez Delgado

Ingeniero Agroindustrial

ivan.sebastian@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro PhD.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.

- Seguridad y Soberanía Alimentaria



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

**A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencia e
Ingeniería en Alimentos y Biotecnología**

El tribunal receptor del trabajo de Titulación presidida por la Doctora Mirari Yosune Arancibia Soria PhD., e integrado por la Ingeniera Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar PhD. Y la Ingeniera Mayra Liliana Paredes Escobar PhD. designados por la Unidad Académica de Titulación de Posgrado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato, para receptar el Informe de la Investigación con el tema: “Evaluación de la actividad antiinflamatoria de los compuestos bioactivos del tomate (*Solanum betaceum*) liberados durante la simulación de la digestión gastroduodenal *in vitro*”, elaborado y representado por el señor Ingeniero Iván Sebastián Álvarez Delgado, para optar por el grado Académico de Magíster en Ciencia de los Alimentos; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Mirari Yosune Arancibia Soria PhD.

180214246-1

Presidente del Tribunal

Ing. Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar PhD.

180217135-3

Miembro del Tribunal

Ing. Mayra Liliana Paredes Escobar PhD.

050187395-4

Miembro del Tribunal



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “Evaluación de la actividad antiinflamatoria de los compuestos bioactivos del tomate (*Solanum betaceum*) liberados durante la simulación de la digestión gastroduodenal *in vitro*”, le corresponde exclusivamente al: Ingeniero Iván Sebastián Álvarez Delgado, Autor bajo la dirección del Ing., Rubén Darío Vilcacundo Chamorro PhD., director del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ingeniero, Iván Sebastián Álvarez Delgado.

180421706-3

AUTOR

Ingeniero Rubén Darío Vilcacundo Chamorro PhD.

180273810-2

DIRECTOR



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el trabajo de titulación sirva como documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigaciones, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento, dentro de las resoluciones de la Universidad.

Ingeniero, Iván Sebastián Álvarez Delgado.

180421706-3

AUTOR

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

DEDICATORIA

A Dios por darme salud y vida y llegar a esta formación profesional.

A la memoria de mi padre, Iván Eduardo Alvarez Cajiao el cual partió días antes de empezar dicha maestría, sin sus ilusiones, sus anhelos no podría haber terminado mis estudios. Ha sido un orgullo ser tu hijo papi Iván son los mejores padres. Siento en ti mis bases de responsabilidad y deseo de superación, en ti tengo un gran espejo del cual quiero reflejar tus grandes virtudes. Se que pronto nos volveremos a encontrar, no sabes cuanto te echo de menos. Te amo papá

A mi madre Grace María Delgado Herrera, que, con tanto amor y esfuerzo y sacrificio pudo cumplir con esta meta, y seguir siendo nuestro pilar fundamental la que necesitamos en todo momento.

A Estefanía Alvarez Delgado, por sus consejos y su gran apoyo durante todos estos años, por ser una madre valiente, responsable con sus hijos te quiero mucho.

A Martin Emilio y Joaquín todo mi apoyo para que de grandes puedan ser unos grandes profesionales son parte de mi vida.

Iván Alvarez D.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fuerza para poder terminar este duro proceso el cual me dejó maravillosas experiencias.

A mi querida familia por el apoyo incondicional, a mi madre por ser la base fundamental de un ejemplo a seguir, a mi esposa Anita Jacomé que estuvo a mi lado en los momentos y situaciones más tormentosas, siempre apoyándome, a mi querida abuelita Mamá Zoilita Herrera quien con sus llamadas de aliento y presión estaba pendiente de mí.

A la Universidad Técnica de Ambato por abrirme sus puertas para poder alcanzar esta meta, a todos los docentes que con sus conocimientos hicieron de mí una buena persona.

A Paulina Rodríguez, por ser una amiga sincera, honesta y de buen corazón, por su amabilidad y amistad durante estos años de estudio.

A la Agencia Española de Corporación Internacional para el Desarrollo – AECID por mantener un vínculo tan nutritivo para el desarrollo científico.

Agradezco infinitamente al Dr. Rubén Vilcacundo Chamorro PhD. el cual confió en mí, para ser partícipe de este proyecto.

Iván Álvarez D.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
INFORMACIÓN GENERAL	ii
A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología	iii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
Introducción	1
Justificación	3
Objetivos	4
General	4
Específicos	4
CAPÍTULO II ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	5
Fundamentación Epistemológica	7
Tomate de árbol (Solanum betaceum)	7
Origen y distribución del tomate de árbol	8
Descripción botánica	9
Genotipos cultivados en Ecuador	10
Caracterización física	11
Compuestos bioactivos	11
Carotenoides	11
Compuestos fenólicos	12
Flavonoides	13
Antocianinas	14
Vitamina C	15
Actividad antioxidante	16
Actividad antiinflamatoria	17

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....	19
Tipo de investigación.....	19
Investigación Experimental.	19
Hipótesis de prueba o prueba científica.....	19
Variables respuesta o resultados alcanzados.....	19
Población o muestra.....	19
Recolección de información.....	20
Ubicación.....	20
Equipos y materiales.....	20
Recursos humanos.....	20
Materia vegetal.....	20
Materiales de laboratorio.....	21
Lista de materiales (vidrio, plástico y otros).....	21
Lista de reactivos.....	22
Lista de equipos.....	23
Metodología.....	24
Liofilizado de pulpa de tomate de árbol (<i>solanum betaceum</i>).....	24
Obtención de la harina liofilizada de pulpa de tomate de árbol (<i>solanum betaceum</i>).....	24
Digestibilidad <i>in vitro</i>	25
Fase Oral.....	25
Actividad Antioxidante mediante el método ABTS (2,2-azinobis, 3-ethyl- benzothiazoline-6-sulfonic acid).....	26
Actividad antiinflamatoria <i>in vitro</i> con el método Potencial de Estabilización de la Membrana.....	27
Procesamiento de la información y análisis estadístico.....	27
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
Capacidad antiinflamatoria.....	29
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
Conclusiones.....	31
Recomendaciones.....	31
BIBLIOGRAFÍA.....	32

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

RESUMEN

En Ecuador, las plantaciones de tomate de árbol se encuentran a lo largo de las provincias de Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi, Azuay, Bolívar, Loja y, principalmente, Tungurahua. Mayoritariamente, el consumo de esta fruta es consumo interno, siendo reconocida por el gran contenido de compuestos bioactivos benéficos para el régimen alimenticio y la salud de la población ecuatoriana. Este proyecto de investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad antiinflamatoria y antioxidante de la pulpa de tomate de árbol (*solanum betaceum*) y sus digeridos, mediante la técnica de simulación gastroduodenal *in vitro*. Para ello se utilizó el método descrito por Minekus et al, con ciertas modificaciones. Se usaron 62.63 gramos de tomate de árbol producido en el cantón de Patate. De estos se extrajo la pulpa separando la cascara y semillas para posteriormente realizar la liofilización, pulverización y simulación gastrointestinal *in vitro*. Los reactivos, materiales y equipos fueron proporcionados a través del fondo económico del proyecto de investigación, y del fondo económico que posee la maestría. El proceso se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Técnica de Ambato y en la Unidad de Investigación de la Universidad Estatal de Guaranda, provincia de Bolívar. Sobre los resultados obtenidos se menciona que, la digestión gastrointestinal simulada favorece la liberación de compuestos bioactivos; durante la fase gástrica se encuentran fitoquímicos con buena actividad antioxidante, mientras que en la fase duodenal se evidencian compuestos con actividad antiinflamatoria. Los hidrolizados de la pulpa de tomate de árbol podrían ser utilizados como ingredientes funcionales en la industria alimentaria. Los resultados ayudan a promover el consumo de esta fruta muy valorada en los mercados del primer mundo. Se recomienda realizar un estudio tomando en cuenta otros componentes del tomate de árbol como cáscara y semillas, lo cual permitirá comparar con los resultados obtenidos en esta investigación.

Palabras clave: *solanum betaceum*, simulación gastrointestinal, actividad antiinflamatoria, compuestos bioactivos y antioxidantes.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

ABSTRACT

In Ecuador, tree tomato plantations are found throughout the provinces of Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi, Azuay, Bolívar, Loja and, mainly, Tungurahua. Mostly, the consumption of this fruit is internal, being recognized for the great content of beneficial bioactive compounds for diet and health of the Ecuadorian population. This research project aimed to evaluate the anti-inflammatory and antioxidant capacity of tree tomato (*solanum betaceum*) pulp and its digestates, using the in vitro gastrointestinal simulation technique. The method described by Minekus et al was used, with certain modifications. 62.63 grams of tree tomato produced in the canton of Patate were used. From these, the pulp was extracted, separating the shell and seeds to later carry out lyophilization, pulverization and in vitro gastrointestinal simulation. The reagents, materials and equipment were provided through the economic fund of the research project, and the economic fund of the master's degree. The process was carried out in the facilities of the Universidad Técnica de Ambato and in the Universidad Estatal de Guaranda, located in Bolívar province. Regarding the results obtained, it is mentioned that simulated gastrointestinal digestion favors the release of bioactive compounds; during the gastric phase, phytochemicals with good antioxidant activity are found, while in the duodenal phase, compounds with anti-inflammatory activity are evident. Hydrolyzates from tree tomato pulp could be used as functional ingredients in the food industry. The results help to promote the consumption of this highly valued fruit in first world markets. It is recommended to carry out a study taking into account other components of the tree tomato such as peel and seeds, which will allow comparison with the results obtained in this investigation.

Keywords: *solanum betaceum*, gastrointestinal simulation, anti-inflammatory activity, bioactive compounds and antioxidants.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

CENTRO DE POSGRADOS

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Introducción

El tomate (*solanum betaceum*) es una fruta cuyo origen aún no es claro, sus primeras descripciones lo ubican en Perú y Bolivia (Martínez, 2015) y otros en el norte de Argentina (Godoy, 2017). Se cultiva en la zona andina de Latinoamérica (Perú, Colombia, Ecuador, Bolivia, Argentina y Venezuela). Sin embargo, no es tradicional de los países mencionados y también se puede encontrar en el sur de Europa, África y Nueva Zelanda (Ashtock, 2019). A pesar de tener varios países en los cuales se reconocen sus plantaciones, las poblaciones silvestres son pequeñas y se restringen a pequeñas áreas de los Andes (Ishka, 2020). Morais et al (2022) refiere que es imprescindible disponer de ejemplares silvestres que permitan su conservación, mejoramiento y estudio.

En Ecuador, las plantaciones de tomate de árbol se encuentran a lo largo de las provincias de Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Carchi, Azuay, Bolívar, Loja y, principalmente, en Tungurahua (INEC, 2017). Mayoritariamente es para consumo interno, siendo reconocida por su gran contenido de compuestos bioactivos benéficos para el régimen alimenticio y la salud de la población ecuatoriana. El estudio de estos compuestos presentes en las frutas de la cosecha andina es un campo investigativo emergente y con gran proyección en el área fitogenética, base de la seguridad alimentaria.

El arbusto de *solanum betaceum* es descrito por Martínez como: hojas alternantes, enteras, sus flores son pequeñas y de color blanco-rosáceo. La época de florecimiento se encuentra entre los meses de mayo y junio y, su fruto tiene una forma ovoide con un largo pedúnculo en el que persiste el cáliz de la flor. Comúnmente, presenta una piel lisa de color rojo o anaranjado al madurar, pulpa jugosa ácida de coloración naranja a roja y numerosas semillas (Ashtock, 2018). Los frutos son comestibles crudos, en ensaladas o cocidos (Maroles, 2018).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

A pesar de que sus semillas germinan con facilidad, este fruto requiere de ciertas propiedades climáticas, propias del bosque húmedo montañoso, es sensible a las bajas temperaturas, requiere suelo arenoso con buen drenaje, rico en materia orgánica y crece rápidamente.

Hasta la actualidad, el estudio de los beneficios de los compuestos bioactivos del tomate de árbol es escaso, tomando en cuenta que los niveles de exportación en el país son mínimos y que su consumo se encuentra dentro de la base diaria de alimentación ecuatoriana. Los conocimientos ancestrales de las comunidades y nacionalidades autóctonas del Ecuador reconocen las propiedades curativas del tomate de árbol, ya sea al consumirlo o en su uso como parte de la medicina ancestral (Murica, 2015). Sus usos medicinales se relacionan a las afecciones de garganta, amígdalas y gripe, así como problemas hepáticos (Santez, 2019).

A través de esta investigación, se pretende evaluar la actividad antiinflamatoria de los compuestos bioactivos del tomate de árbol (*solanum betaceum*) liberados durante la simulación de la digestión gastroduodenal *in vitro*.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

Justificación

El Ecuador es uno de los países en los que, su ubicación geográfica y condiciones agroclimáticas, favorece el desarrollo de una diversidad de frutas cultivadas en los diferentes microclimas que se encuentran en las regiones ecuatorianas. No sólo favorece la producción anual de frutas sino una alta calidad del producto final, conserva sus propiedades naturales y permite ser aprovechado enteramente del mismo.

El tomate de árbol es una fruta exótica y cotizada a nivel internacional, sus características organolépticas diferenciales conllevan a que sea exportada por toneladas a países como Estados Unidos y España (Alberta, 2015; Benito, 2018). En Ecuador, son ocho genotipos cultivados en las diversas provincias: amarillo, negro, redondo, puntón, rojo, amarillo gigante, mora neozelandesa y mora ecuatoriana (Morales, 2014). Es especialmente apreciado por la gran cantidad de antioxidantes que posee, entre ellos: carotenos, polifenoles, flavonoides y antocianinas (presencia de la coloración morada). Estos actúan en la prevención de enfermedades como alergias, degeneración cardiovascular, y otros (Morales, 2014).

La digestión gastroduodenal es un proceso fundamental para la salud, es el conjunto de reacciones fisiológicas que produce la degradación de los alimentos consumidos, transforma las macromoléculas y facilita su absorción en el organismo (Bastian, 2020). Por esta razón, esta investigación se enfocó en evaluar la capacidad antiinflamatoria de los compuestos con actividad biológica liberados durante la simulación de la digestión gastrointestinal *in vitro*.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

Objetivos

General

Evaluar la actividad antiinflamatoria de los compuestos bioactivos del tomate *Solanum betaceum*, liberados durante la simulación de la digestión gastroduodenal *in vitro*.

Específicos

- Evaluar la presencia de componentes bioactivos con actividad antiinflamatoria y antioxidante del tomate *Solanum betaceum*, tras el proceso de digestión gastroduodenal *in vitro*.
- Comparar la actividad antiinflamatoria y antioxidante de los digeridos gástricos y duodenal a partir de la pulpa del tomate *Solanum betaceum*.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Sobre las investigaciones realizadas en la variedad *solanum betaceum*, no existen muchos trabajos referentes a sus compuestos bioactivos, sin embargo, existe información sobre aspectos importantes de la plantación y producción alrededor del mundo. Uno de los más recientes fue realizado en China, el mismo que describió el genoma completo del cloroplasto presente en el árbol del tomate de árbol y, en consecuencia, en su fruto (Shin Mi et al., 2021). El principal objetivo fue proveer información útil sobre la evolución del árbol de *solanum betaceum* para su mejoramiento y producción. Linjin et al., (2020) investigaron sobre las características de acumulación de selenio (Se) y la tolerancia de las plántulas del tomate de árbol bajo diferentes concentraciones de Se en el suelo. Encontraron que la concentración de 5mg/kg aumentó la biomasa de las plántulas, mientras que otras concentraciones (10, 25 y 50 mg/kg) inhibieron el crecimiento de estas.

En Kenia, se presentó un estudio que se refiere a la afectación de las plantaciones de *solanum betaceum* en diversas provincias por el virus del tabaco etíope (Kinoga et al., 2021). Esta investigación se centró en los síntomas asociados con el virus, que incluyen malformación de las hojas, rizado y bandas de venas, mosaicos y coloración amarillenta en granjas de cultivo de tomate de árbol. Debido a la infección mixta con PVY, los síntomas no pueden atribuirse únicamente a ETBTV y al satRNA. Kinoga et al (2016), reportaron que la presencia de un virus auxiliar todavía está bajo investigación.

En una investigación realizada en Nueva Zelanda, Thanh, Rush y Yoo (2019) describieron las propiedades bioactivas y las aplicaciones potenciales del tomate de árbol. En esta revisión, se resume la composición química y las propiedades bioactivas del tomate de árbol de ocho países diferentes (Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador, Nueva Zelanda, Malasia, Panamá y Taiwán). Esta investigación describe y compara las características de del tomate de árbol y otras frutas según sus condiciones de cultivo y fuentes geográficas entre ellos: carbohidratos, fibra dietética, vitaminas, minerales,

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

volátiles, compuestos fenólicos, antocianinas, contenido fenólico total y actividades antioxidantes. Los resultados encontrados demuestran que el tomate de árbol posee mayor actividad antioxidante que las manzanas y los kiwis, además sus propiedades antimicrobianas y antifúngicas recientemente reportadas lo hacen aún más atractivo como ingrediente funcional para mejorar la vida útil de los alimentos.

En Indonesia, Li y Li (2021) estudiaron la citotoxicidad y la actividad antiinflamatoria del tomate de árbol mediante la estimulación lipopolisacárida del extracto de la piel. Se identificó los compuestos bioactivos en la cascara y las semillas del tomate que son comúnmente desechados. Los resultados revelaron que el extracto de la piel del *solanum betaceum*, puede reducir la producción de los marcadores inflamatorios denominados PGE-2, TNF- α y IL-1 β durante la estimulación de lipopolisacáridos. Concluyeron que, la piel del tomate de árbol contiene características antiinflamatorias que reducen la producción de PGE-2.

En Latinoamérica, Orqueda et al. (2020) realizaron un estudio en una variedad endémica de Argentina llamada coloquialmente *chilto rojo*. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la potencialidad de la pulpa, semillas y piel del tomate chilto rojo como un ingrediente funcional nativo del bosque Yungas. Para esto, utilizaron la técnica de simulación de la digestión gastroduodenal, en la cual se encontró que el tomate chilto rojo sirve como suplemento dietario para prevenir síndromes metabólicos debido a sus propiedades antioxidantes, hipoglucémicas y efectos hipolipémicos.

Mientras que, en Ecuador, una investigación reciente realizada por Montero et al. (2022) se enfocó en la evaluación de la acumulación de cadmio en las células de tomate de árbol mediante la detección electroquímica indirecta de péptidos ricos en cisteína. Este estudio evaluó la posibilidad de utilizar la planta de tomate de árbol como un indicador de contaminación por metales en plantas y a la vez examinar su capacidad de acumulación. Montero et al (2014) , encontraron que las células de *solanum betaceum* si acumula cadmio y la determinación de CRp es una alternativa válida para la detección de contaminación por metales pesados en plantas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

Asimismo, Acosta et al. (2015) se refieren a los diferentes compuestos químicos presentes en distintos tipos de tomates de árbol. Este estudio encontró que, los azúcares solubles y ácidos orgánicos más importantes fueron la sacarosa y el ácido cítrico, respectivamente. Estos datos indican que la diversidad encontrada puede explotarse para la selección y mejoramiento para el desarrollo de la *solanum betaceum* como cultivo comercial.

Fundamentación Epistemológica

Tomate de árbol (*Solanum betaceum*)

El tomate de árbol (*solanum betaceum*) es un fruto tropical cultivado en varios países de Europa, Latinoamérica y Asia (Gudino, 2017). Pertenece al grupo de las frutas semiácidas y es considerado exótico por el sabor, aroma y color (Cazapas, 2015). A continuación, se describe los orígenes y distribución de este producto.



Figura 1. *Tomate de árbol*

Fuente: La Palma, 2015

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

Origen y distribución del tomate de árbol

Aunque su origen exacto es un enigma científico, se reconoce que los países en los que su crecimiento silvestre son, en su mayoría, localizados en Latinoamérica. Al ser una planta con una amplia diversidad genética, varios estudios ubican su epicentro de crecimiento en las selvas y bosques del sur de Bolivia, así como al noroeste de Argentina (Cuesta, 2019). Mientras que, la domesticación de este arbusto inició en el norte de Perú y al sur de Ecuador (Gasillo, 2020).

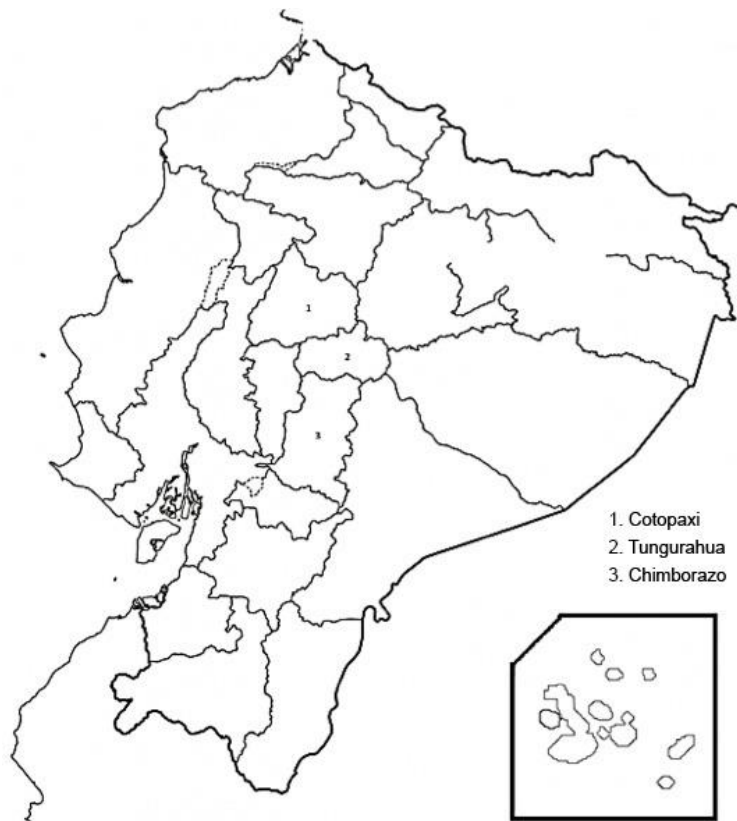


Figura 2. *Provincias del Ecuador que producen tomate de árbol*

Fuente: Moreno, Molina, Ortiz, Peñafiel, Moreno, 2020

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

Descripción botánica

El tomate de árbol se le reconoce como una baya, esta se encuentra suspendida de un pedúnculo largo, puede encontrarse solitaria o en racimos (Moreno et al, 2016). Según el genotipo, la forma de la baya puede variar, siendo generalmente ovalada o esférica. El tamaño del fruto comprende de 4 a 10 centímetros de largo y de 3 a 5 centímetros de diámetro. este crecimiento dependerá de las condiciones de cultivo de la planta, condiciones climáticas y ambientales, además, de la edad del cultivo (Acosta et al, 2020). Los cultivos jóvenes (de uno a un año y medio de edad) presentan frutos de tamaños superiores, dependiendo de la cantidad de nutrientes asimilados.

Sobre el epicarpio, se presenta delgado, liso y mayormente brillante cuyo color depende del genotipo (Esperanza, 2020), en etapas tempranas conservan la coloración verde y cambia en estadios maduros a amarillo, anaranjado, rojo o púrpura. Mientras que, el mesocarpio es firme, jugoso y agridulce con un aroma único y agradable (Martuez, 2015). Difunde los pigmentos del arilo gelatinoso de las semillas, esto se puede evidenciar en el corte transversal que rompe el material mucilaginoso y permite la propagación del color del pigmento en el área de corte (Rapes, 2018). Finalmente, el endocarpio se encuentra dividido en dos partes por un tabique delgado, este contiene numerosas semillas comestibles planas circulares y lisas, su tamaño varía de 2 a 4 milímetros de diámetros, son de color amarillento o pardo oscuro y se encontrarán rodeadas de la sustancia mucilaginosa que será amarilla o purpura oscuro según el genotipo.

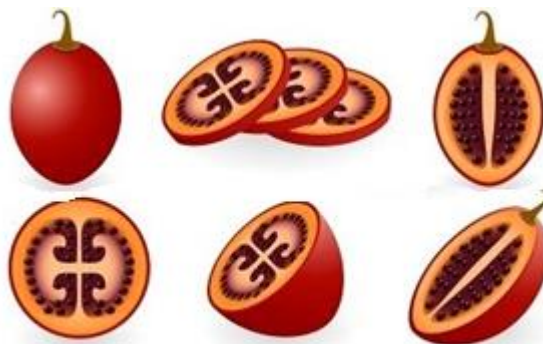


Figura 3. Corte longitudinal y transversal del tomate de árbol

Fuente: Mandariaga, 2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

Genotipos cultivados en Ecuador

Debido al cultivo silvestre y abierto del tomate de árbol, no existe una clasificación definida de los genotipos del fruto. Esto ya que los cultivares no se conservan puros, al existir una polinización cruzada en los huertos y generando una hibridación y mezcla del material genético, reflejando la heterogeneidad de las formas, tamaños y colores (Cuesta et al, 2021).

A nivel global, existen seis genotipos principales del tomate de árbol: amarillo gigante, amarillo común o puntón, amarillo redondo, morado o mora gigante, morado o mora común y morado o mora criollo redondo. Cada uno de estos genotipos toman el nombre con base en la coloración de los mucilagos. Bastian (2014) define al híbrido mora introducido desde Nueva Zelanda que se obtuvo con la cruce de las variantes “Rojo puntón” y “Negro silvestre lojano”, nativos del Ecuador, denominado neozelandés ecuatoriano. Por otra parte, Mirena (2015) expone que el tomate de árbol tipo rojo-oscuro, es una variante superior a los otros por ser grande y de mayor calidad, desarrollado en Nueva Zelanda con material vegetal de la provincia de Loja – Ecuador.



Figura 4. Variedades de tomate de árbol

Fuente: Andino, 2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

Caracterización física

Para la caracterización física del tomate de árbol, se definirá al tomate mora ecuatoriano, por ser un genotipo nativo del Ecuador. El fruto tiene forma ovoide, epicarpio morado y pulpa anaranjado-púrpura (Andino, 2021). Sus características se presentan en la siguiente tabla: (ver Tabla 1.)

Tabla 1.
Características físicas del tomate de árbol Mora ecuatoriano.

Características	Contenido
Peso (g)	92.56±19.76
Largo (cm)	6.59±0.73
Diámetro (cm)	5.15±0.47
Relación (L/D)	1.28±0.10
Firmeza pulpa (kg-f)	7.00±1.8
Color externo (°H)	41±10.68
Color externo (C)	1712.18±81.32
Color interno (°H)	66±21.02
Color interno (C)	619.08±356.84

Fuente: Torres, 2008

Compuestos bioactivos

Los beneficios del consumo de frutas se relacionan con la presencia de los compuestos denominados fitoquímicos o bioactivos (Torres, 2008). Estas sustancias se dividen en las siguientes familias químicas:

Carotenoides

Esta familia química está formada por hidrocarburos poliénicos de hasta ocho unidades isoprenoides, es decir, poseen esqueletos de 40 átomos de carbono (La Palma, 2016). En la naturaleza se encuentran a la gran mayoría en forma de compuestos trans y producen colores desde el amarillo, naranja y hasta rojo (Esperanza, 2014). Existen dos grupos: carotenos (estrictamente poliénicos puros) y xantofilas. Estos se observan de mejor manera en la siguiente figura:

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

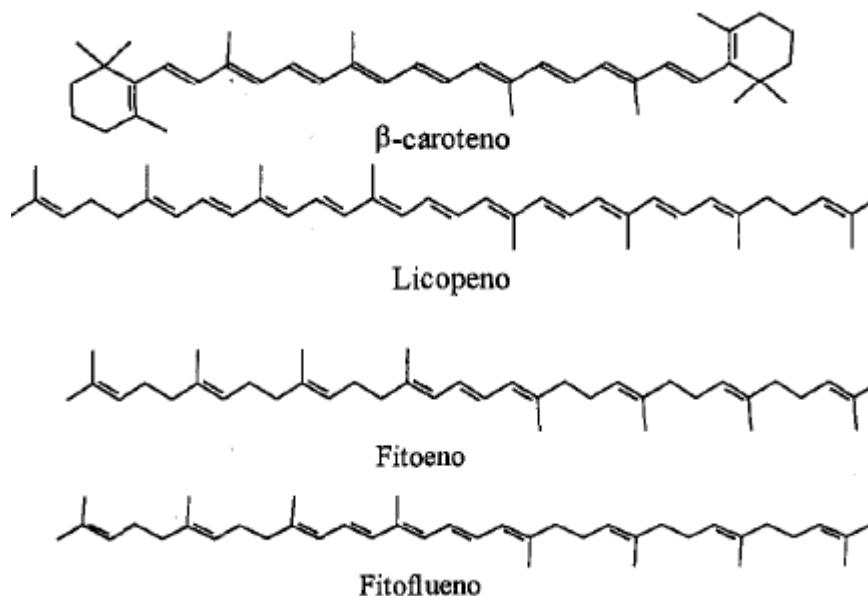


Figura 5. Estructura molecular de carotenoides comunes en alimentos
Fuente: Mínguez, Pérez y Hornero, 2005

En estudios epidemiológicos y clínicos como los realizados por Esperanza et al. (2015), Miraflores (2017) y Douglas et al. (2019) se ha correlacionado estos compuestos con la ingesta dietética de carotenoides en la reducción de la deficiencia de vitamina A, degeneración macular relacionada con la edad y enfermedades cardiovasculares.

Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son sustancias que poseen uno o más anillos aromáticos (Castillo, 2013), tienen potencial antioxidante al quelar iones metálicos (hierro y cobre) (Ashley, 2010). Estos compuestos proporcionan el sabor amargo, aroma, color y textura (Hitch, 2015). En la siguiente figura se observan los principales polifenoles de las frutas: flavonol, isoflavona, antiocianina, catequina, resveratrol, ácido elágico y clorogénico (Cerna, 2015).

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

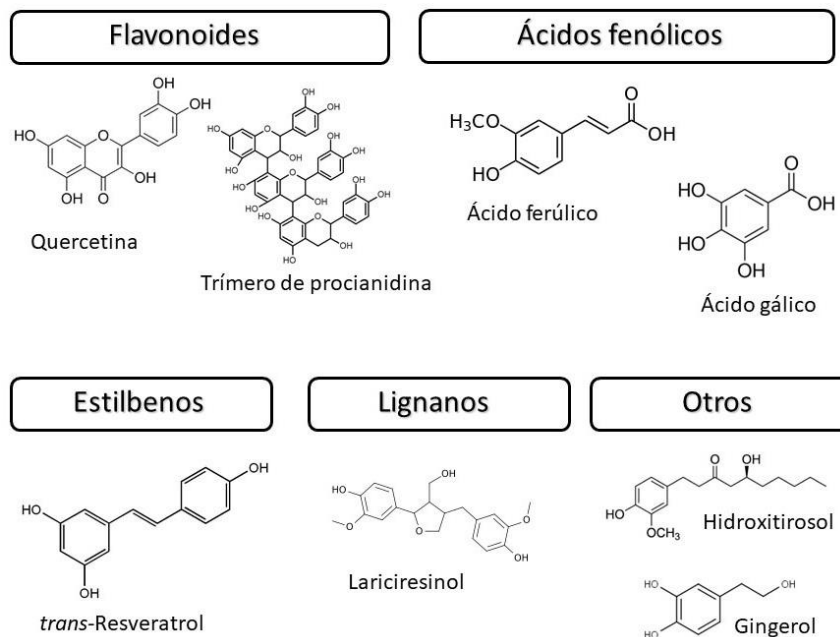


Figura 6. Principales grupos de polifenoles de alimentos
Fuente: Barberán, 2003

La presencia de estas sustancias en los vegetales y frutas está influenciada por el genotipo, germinación, grado de madurez, procesamiento y almacenamiento (Beltrán, 2014). Existen estudios que confirman la actividad antimutagénica, anticarcinogénica, antiinflamatoria, antiaterogénica y antimicrobiana (Barberán et al, 2010).

Los compuestos polifenólicos de la dieta mejoran la estabilidad oxidativa de las lipoproteínas de baja densidad, este proceso se asocia significativamente con el origen de la arterosclerosis y las enfermedades cardiovasculares (Tyler et al, 2020).

Flavonoides

Son moléculas polifenólicas cuya unidad básica consiste en dos anillos bencénicos sustituidos (A y B) unidos mediante un anillo heterocíclico con oxígeno (C) mayormente. Hay diversos modelos de sustitución para los anillos A, B y C, existiendo la posibilidad de formar numerosos flavonoides diferentes en sus características biológicas y químicas (Cerna et al, 2018). Esto se puede observar en la siguiente figura:

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

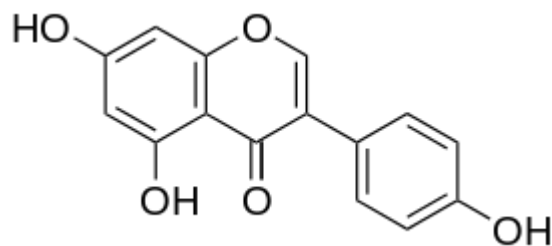


Figura 7. Estructura monomérica básica de los flavonoides

Fuente: Wood, Senthilmohan y Peskin, 2002

Estos compuestos reaccionan fácilmente al ácido orgánico o al azúcar, y es la forma más común en que se los encuentra en los alimentos. Su estructura facilita la solubilidad en agua, etanol y metanol (Peskin, 2010) sin embargo, son poco solubles en lípidos e inhiben la oxidación de la vitamina C en ciertos alimentos (Mortero, 2020)

Antocianinas

Las antocianinas forman parte de la familia flavonoides compartiendo su misma estructura básica. El catión flavilo (núcleo central) que construye la antocianidina se une a los azúcares para formar las antocianinas hidroxiladas en 3, 5 y 7, difiriendo en la sustitución del anillo B, este proceso se observa en la siguiente figura:

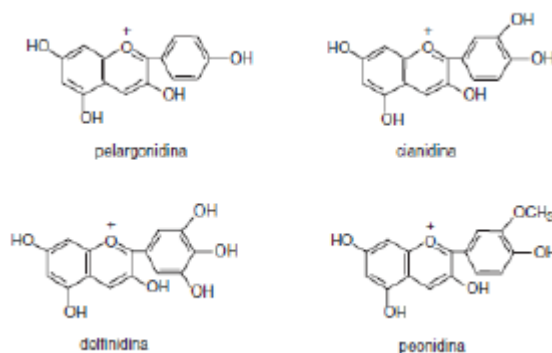


Figura 8. Estructura de antocianinas relevantes en los alimentos

Fuente: Badui, 2006

El color azul es resultado de la hidroxilación progresiva (Pelargonidina – cianidina – delphinina), por el contrario, la glicosilación y metilación implican la tendencia a la coloración roja (Pelargonidina – pelargonidina – 3 – glucósido; cianidina – peonidina)

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

(Beldwin, 2014). Los antocianos modifican significativamente la coloración de acuerdo al pH, esto se observa en la siguiente tabla:

Tabla 2.

Formas del catión flavilo en la antocianina a diferentes pH

Nombre	pH	Coloración
Catión flavilo	≤ 1	Rojo
Cromenol	4-5	Incoloro
Quinoides	6-7	Púrpura
Bases anhidras e iónicas	7-8	Azul oscuro
Chalcona	7-8	Amarillo

Fuente: Camacho, 2019

Debido a la deficiencia de electrones en el grupo flavilo, se producen diversas tonalidades entre el rojo y amarillo (Camacho et al, 2020). Durante la digestión y el paso al torrente sanguíneo en los mamíferos, estos compuestos bioactivos generan efectos terapéuticos en reducción de las enfermedades coronarias, efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticas (Hitch et al, 2019).

Vitamina C

Es también llamado ácido ascórbico, es una sustancia química con estructura de cetona cíclica, contiene un enol entre los carbonos 2 y 3, haciéndolo un agente ácido y altamente reductor, siendo fácilmente oxidable. A continuación, se observa la figura del ácido L-ascórbico y el ácido L-deshidroascórbico, el cual es producto de la oxidación descrita:

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

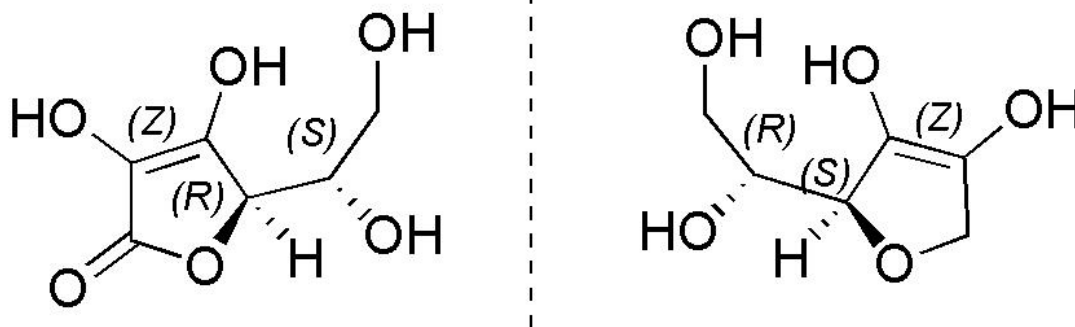


Figura 9. Estructura química de los isómeros L del ácido ascórbico.

Fuente: Badui, 2006

La vitamina C se encuentra principalmente en las frutas y verduras, interviene en el cuerpo humano como antioxidante ya que ayuda a las células contra los daños provocados por los radicales libres, además, es imprescindible en la síntesis del colágeno (participa en la cicatrización de heridas), formación de los huesos, mejora la absorción del hierro proveniente de los alimentos de origen vegetal, contribuye al buen funcionamiento del sistema inmune, interviene en reacciones de formación de esteroides y aminoácidos (Vidui, 2018).

Dichos compuestos bioactivos pueden presentar diferentes actividades biológicas, las mismas que se describen a continuación:

Actividad antioxidante.

Los alimentos de consumo diario contienen antioxidantes en diferentes porcentajes, estos pueden prevenir los efectos adversos de ciertas especies reactivas en las funciones fisiológicas de los seres humanos (Coronado et al., 2015). Las propiedades antioxidantes afectan tanto en las interacciones químico – biológicas como en el deterioro oxidativo.

Se conoce que el oxígeno es un metabolito esencial para la vida, sin embargo, en casos donde su actividad no es controlada, puede convertirse en un agente dañino para el organismo (Descalzo et al, 2018). El estrés oxidativo es uno de los factores para el desarrollo de varias enfermedades humanas, ya que es el desequilibrio en el balance de formación y destrucción de las especies reactivas del oxígeno (Jeong et al., 2019). Cuando estas se presentan, la actividad antioxidante toma relevancia como función protectora.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

Entre los antioxidantes más conocidos capaces de absorber radicales, encontramos a las vitaminas liposolubles E e hidrosoluble C, estas captan los radicales libres e inhiben la reacción en cadena de propagación. Adicionalmente, los compuestos polifenólicos también pueden ser potentes antioxidantes absorbentes de radicales.

La capacidad antioxidante de los alimentos se determina por la mezcla de compuestos antioxidantes que poseen diferentes mecanismos de acción. Mo et al (2015), explican que esos pueden unirse a polímeros biológicos como enzimas, transportadores de hormonas y ADN. Así Martínez et al (2017), amplían este concepto afirmando que pueden también quelar iones metálicos transitorios como: hierro, cobre, zinc y catalizar el transporte de electrones depurando radicales libres.

Se debe tomar en cuenta que la capacidad antioxidante de los compuestos presentes en las frutas frescas crudas depende principalmente de factores como: estado de madurez, estrés, tipo de cultivo, condiciones ambientales, prácticas de cultivo y cosecha. Aunque, Zou et al (2016), señalan que los cambios más importantes se dan en el manejo post cosecha y procesamiento.

Actividad antiinflamatoria

La inflamación es un proceso fisiopatológico básico, es relevante su magnitud ya que un proceso deficiente puede conducir a una inmunodeficiencia, lo cual se expresa desde una infección hasta el cáncer (Fridovich, 2017). Por otro lado, cuando una respuesta inflamatoria es excesiva, causa morbilidad y mortalidad en enfermedades como la arterosclerosis, tromboembolismo, asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica y otras (Natahn, 2018).

La acción captadora de radicales libres generados en los procesos inflamatorios, se considera uno de los tantos mecanismos de acción mediante los cuales una sustancia puede ejercer un efecto antiinflamatorio. Para combatir la inflamación, debido a sus efectos como el dolor, tumores y otros (Khaus, 2017) es común el uso de fármacos antiinflamatorios no esteroides (AINES), los cuales pueden causar efectos secundarios sobre las funciones gastrointestinal, cardiovascular y renal. Por este motivo, se busca



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

reducir estos riesgos, potenciando terapias alternativas con productos naturales, uso de plantas y alimentos.

Los alimentos contienen fitoquímicos que, ya sea en su forma original o metabolizados se convierten en metabolitos activos y adquieren un papel de mensajeros intracelulares, activando o inhibiendo la expresión de genes en los procesos inflamatorios (Estupiñán, Schwartz y Garson, 2011) Por lo cual, es necesario indagar sobre los compuestos con actividad antiinflamatoria y antioxidante presentes en la pulpa de *solanum betaceum*, dos factores determinantes dentro de la funcionalidad de los alimentos.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
CAPÍTULO III**

MARCO METODOLÓGICO

Tipo de investigación.

La investigación fue de tipo experimental, con enfoque mixto debido al uso de datos cualitativos y cuantitativos.

Investigación Experimental.

Se adquirieron 100 unidades de tomate provenientes de cultivos artesanales del cantón Patate, provincia de Tungurahua. Se pesaron y se obtuvo una media de 104 gramos por unidad.

El proceso se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de alimentos funcionales de la Universidad Técnica de Ambato y en la Unidad de Investigación de la Universidad Estatal de Guaranda, provincia de Bolívar.

Hipótesis de prueba o prueba científica.

Ho= Los compuestos bioactivos del tomate *Solanum betaceum* liberados durante la digestión gastrointestinal *in vitro* no presentan actividad antiinflamatoria y antioxidante.

Ha= Los compuestos bioactivos del tomate *Solanum betaceum* liberados durante la digestión gastrointestinal *in vitro* presentan actividad antiinflamatoria y antioxidante.

Variables respuesta o resultados alcanzados.

Variable independiente: digestión gastrointestinal *in vitro*

Variable dependiente: actividad antiinflamatoria y antioxidante

Población o muestra.

La población fue 50 unidades de tomate de árbol.

La muestra se conformó de 62.63 gramos de pulpa liofilizada para los ensayos que se realizaron.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

Recolección de información.

Los instrumentos y técnicas que se utilizará en la liberación de compuestos activos con capacidad antioxidante y antiinflamatoria a partir de la pulpa de tomate de árbol (*solanum betaceum*) durante la simulación de la digestión gastroduodenal *in vitro* están descritas con detalle en la metodología.

Ubicación.

El desarrollo práctico de esta investigación se realizó en el Laboratorio de Alimentos Funcionales perteneciente a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato, así como en los laboratorios de la Unidad de Investigación de la Universidad Estatal de Guaranda, provincia de Bolívar.

Los reactivos, materiales y equipos fueron proporcionados a través del fondo económico del proyecto de investigación del director de la tesis y del fondo económico que posee la maestría.

Equipos y materiales.

Los materiales, equipos y reactivos para la evaluación de los compuestos con actividad antiinflamatoria y antioxidante de la pulpa del tomate de árbol (*Solanum betaceum*) durante la simulación de la digestión gastrointestinal *in vitro* se detallan a continuación:

Recursos humanos.

Autor: Ing. Iván Sebastián Álvarez Delgado

Director del proyecto de investigación: Ing. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro, PhD

Materia vegetal.

Se trabajó con 10400 gramos de tomate de árbol fresco adquirido en la plaza artesanal del cantón de Patate, provincia de Tungurahua. Posteriormente se pelaron y separaron sus semillas dejando únicamente la pulpa que fue cortada en rebanadas muy finas; se colocó en frascos sellados y se envió al equipo de ultra-congelador durante cuatro días. Una vez finalizado el tiempo, se colocaron en el liofilizador (96 horas). Se constató que las muestras alcancen el nivel de secado óptimo para ser trasladadas a los laboratorios de la Universidad Estatal de Guaranda para continuar con los procesos restantes.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**



Figura 10. Muestra de materia prima, tomates de árbol (*solanum betaceum*)
Fuente: Álvarez, 2021

Materiales de laboratorio.

Los reactivos, materiales y equipos fueron proporcionados a través del fondo económico del proyecto de investigación del director de la tesis, y del fondo económico que posee la maestría. A continuación, se detalla la lista de materiales (vidrio, plástico y otros), reactivos y equipos que se utilizó durante la investigación.

Lista de materiales (vidrio, plástico y otros).

- Vasos de precipitación de 10, 250, 500 y 1000 ml.
- Matraz aforado de 5, 10, 15, 25 ml.
- Probetas de 10, 100, 500 ml.
- Espátula
- Pinzas
- Tubos falcón de 50 ml
- Tubos Eppendorf de 2 ml
- Magnetos

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

- Puntas de 200 y 1000 μL
- Micropipetas de 100- 100 - 1000 μL
- Tubos de vidrio de 15 ml con tapa rosca
- Gradillas
- Varillas de agitación

Lista de reactivos.

- Hidróxido de sodio NaOH (Merck)
- Ácido clorhídrico HCl (Merck)
- Pancreatina (Sigma- pancreatin)
- Pepsina porcina (Sigma- Pepsin)
- α amilasa (Sigma-Aldrich)
- Billis (Sigma-Aldrich)
- Persulfato de amonio (PSA) (BIO-RAD)
- Extracto de bilis (Sigma- Aldrich)
- Cloruro de potasio KCl (Merck)
- Fosfato de dihidrógeno de potasio KH_2PO_4 (Merck)
- Fosfato de sodio di básico y monobásico
- Tris- HCl (Sigma- Aldrich)
- Tris-base (Merck)
- SDS (Bio-Rad)
- TEMED (Bio-Rad)
- Cloruro de magnesio hexahidratado $\text{MgCl}_2(\text{H}_2\text{O})_6$ (Merck)

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

- Glicerol (Invitrogen)
- Glicerina (ISOLAB)
- Azul de bromofenol (Thermo Scientific™)
- Azul de Coomasie- R250 (BIO-RAD)
- β - mercaptoetanol (Merck)
- Metanol (Merck)
- Ácido acético (Merck)
- Solución de ABTS

Lista de equipos.

- Agitador (VWR)
- Balanza Analítica (VWR-224AC)
- Plancha de agitación y calentamiento (Isotemp Fisher Scientific)
- Centrífuga (Eppendorf)
- Microcentrífuga (Labnet 5702 eppendorf)
- Girador Orbital (Thermo Scientific)
- pH-metro (HANNA modelo H1 2221)
- Congelador (Panasonic)
- Ultracongelador (Panasonic)
- Refrigerador (Indurama Modelo RI-470 y Mabe)
- Agitador vórtex (VWR)
- Liofilizador (Christ Alpha 1-4 LSCbasic)
- Vortex Mixer VWX

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Metodología.

Liofilizado de pulpa de tomate de árbol (*solanum betaceum*).

Para iniciar el proceso de liofilización es necesario acondicionar la pulpa de tomate de árbol (*solanum betaceum*). La pulpa se almacenó en frascos de plástico sellados, para posteriormente ultracongelar el producto en un equipo marca PANASONIC a -80°C por cuatro días. Se realizó la liofilización en un Liofilizador marca Christ Alpha 1-4 LSC basic por cuatro días aproximadamente. Este periodo de liofilización garantiza la calidad de la materia prima, cuyo objetivo es extraer alrededor del 95% del agua contenida en la pulpa, preservando las características organolépticas y nutritivas del producto.

Obtención de la harina liofilizada de pulpa de tomate de árbol (*solanum betaceum*).

Se pesó aproximadamente 4160 gramos de pulpa de tomate de árbol que posteriormente fue secada y pulverizada, obteniendo una harina libre de impurezas apta para los análisis correspondientes. El peso de la harina de pulpa de tomate utilizado para los análisis fue de 62.73 gramos, almacenada a una temperatura de refrigeración de 4°C en frascos herméticos, para evitar el contacto con la humedad.

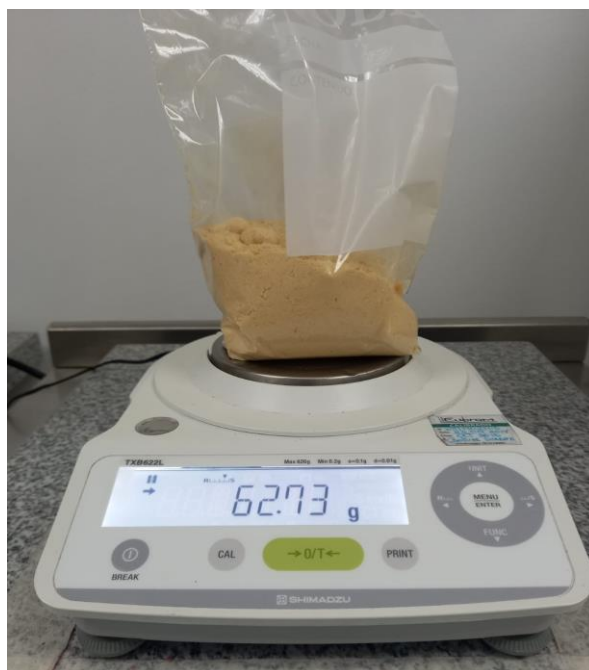


Figura 12. Muestra liofilizada de pulpa de tomate de árbol.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Fuente: Álvarez, 2021

Digestibilidad *in vitro* .

Para el análisis de la simulación de la digestibilidad gastroduodenal *in vitro* se utilizó el método descrito por Minekus et al., (2014) con ciertas modificaciones.

Preparación de los fluidos de la digestión.

1. Simulador fluido salival (SFS): En esta fase se elaboró el SFS a un pH 7,0; mezclando 159 μl de KH_2PO_4 , 1 ml de KCl, 85 μl de $\text{MgC}_2(\text{H}_2\text{O})_6$, 2.8 μl de NaHCO_3 con agua tipo 2.
2. Simulador de fluido gástrico (SFG): Se preparó el SFG a un pH 3,0 se mezcló los reactivos, las cantidades de 159 μl de KH_2PO_4 , 585 mg de NaCl, 186.5 mg. de KCl, 85 μl de $\text{MgC}_2(\text{H}_2\text{O})_6$, 625 μl de NaHCO_3 con agua tipo 2.
3. Simulador de fluido intestinal (SFI): Se obtuvo el SFI a un pH 7,0; se mezcló los reactivos, 340 μl de KCl, 2.8 μl de NaHCO_3 , 1ml de NaCl, 85 μl de $\text{MgC}_2(\text{H}_2\text{O})_6$, 159 μl de KH_2PO_4 con agua tipo 2.

Fase Oral.

Para la fase oral se utilizó 5 gramos de muestra de concentrado de pulpa de tomate de árbol (*solanum betaceum*) se mezcló con 40 μl de fluido salival simulado (FSS), a esta mezcla se le añadió 300 μl de solución de α -amilasa de 1500 U/mL (α -amilasa de saliva humana, tipo XIII-A, liofilizada, 300-1500 unidades/mg proteína, Sigma Aldrich), se dejó reaccionar durante 2 minutos en agitación a 37°C.

Fase Gástrica .

En la fase gástrica, se utilizó el producto de la fase anterior y se mezcló con 80 μl de fluido gástrico simulado (FGS), 960 mL de pepsina porcina de 2500 U/mL (pepsina de mucosa gástrica porcina 3200–4500 U/mg proteína, Sigma Aldrich), se dejó reaccionar durante 2 horas a pH 3.0 en agitación constante y se incubó a 37°C por 200 rpm en el Termoagitador Orbital Thermo Scientific.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

Fase Intestinal.

En la fase intestinal, el producto de la fase anterior se mezcló con 40 μ l de fluido intestinal simulado (FIS), 5 mL de pancreatina de 800 U/mL (pancreatina de páncreas porcino, Sigma Aldrich), 2.5 mL de bilis 160 mM (Extracto de bilis porcina, Sigma Aldrich). Se dejó reaccionar durante 2 horas a pH 7.0. Las reacciones se llevaron a cabo a 37 °C y se detuvo la acción enzimática por calentamiento a 80 °C por 5 minutos.

Finalmente, cada uno de los digeridos fueron almacenados a -80 °C por dos días, para ser liofilizados y conservados a -20 °C para su respectivo análisis.

Actividad Antioxidante mediante el método ABTS (2,2-azinobis, 3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid).

Para la actividad antioxidante se tomó como referencia el método descrito por Piñuel et al. (2019) con modificaciones. Se preparó la solución de trabajo ABTS mediante la mezcla de Buffer Tampón Fosfato de sodio ajustado a pH 7.0, ABTS y persulfato de potasio marca SIGMA ALDRICH. Los ensayos fueron realizados con la pulpa de tomate de árbol y sus digeridos. Se pesó 300 mg de muestra liofilizada con 5000 μ l de solución extractora de metanol: agua: ácido fórmico (70:30:01 v/v/v) en tubos de centrífuga y se agitó durante 10 minutos. Las muestras se introdujeron en un baño ultrasónico por 10 minutos y finalmente se centrifugaron a 5000 rpm por 10 minutos. Al precipitado obtenido se le añadieron 5000 μ l de solución extractora y se repitió el proceso 4 veces. Finalmente, se aforó a 25 ml la solución final y se almacenó a 4 °C para su posterior análisis (Samaniego et al., 2020).

La solución de trabajo ABTS se preparó mediante la mezcla de buffer tampón fosfato de sodio a pH 7.0, reactivo ABTS a una concentración 7 mM y persulfato de potasio 2,45 mM. Se mezclaron 400 μ l de extracto de muestra con 7600 μ l de solución de trabajo ABTS. Los tubos se agitaron en un vórtex y se dejaron reposar por 45 minutos en un lugar oscuro a temperatura ambiente.

Se midió la absorbancia a una longitud de onda de 734 nm. La curva estándar de Trolox fue lineal entre 0 μ M/ml a 600 μ M/ml. Los resultados se expresaron como μ mol TE/g muestra.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Actividad antiinflamatoria *in vitro* con el método Potencial de Estabilización de la Membrana.

Utilizando el método propuesto por Quinteros et al. (2022) se determinó la actividad antiinflamatoria de la muestra con ciertas modificaciones. Mediante la combinación de una solución anticoagulante estéril con ácido cítrico al 0.05 %, cloruro de sodio al 0,42 %, citrato de sodio al 0,80 % y dextrosa al 2 %. Se mezclaron 4 ml de solución anticoagulante y 4 ml de sangre humana, obtenida de individuos sanos que no utilizaron AINES quince días antes de la toma de la muestra de sangre. Esta mezcla se centrifugó a 5000 RPM durante 30 min a temperatura ambiente. El sobrenadante se desechó y el sedimento celular se lavó con solución salina isotónica al 9 %, la suspensión de sangre finalmente quedó al 10 %.

Se mezcló 1000 µl de tampón fosfato, 1000 µl de muestra a una concentración de 40 mg/ml, 500 µl de suspensión de sangre (10 %) y 2000 µl de solución salina hipotónica al 3.6 % para la reacción y se incubaron las muestras a 37 °C por 30 min para ser centrifugadas a 9000 RPM por 15 min. Se midió en un NANODROP UV-vis el contenido de la hemoglobina del sobrenadante a una longitud de onda de 560 nm. Los resultados se obtuvieron mediante cálculo matemático y se expresaron como porcentaje de protección (% PP).

$$\% \text{ PP} = 100 - \frac{\text{Absorbancia muestra}}{\text{Absorbancia control}} * 100$$

Procesamiento de la información y análisis estadístico.

Todos los experimentos fueron realizados por triplicado, los datos se reportan como promedios ± desviación estándar. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y se compararon mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey a $p < 0,05$, en el software estadístico Statgraphics Centurion XVI.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base a los estudios y análisis realizados, se encontraron los siguientes resultados sobre la capacidad antioxidante y antiinflamatoria de la pulpa de tomate de árbol (*solanum betaceum*) y sus digeridos:

Capacidad antioxidante

Tabla 1. Actividad Antioxidante ABTS	
Muestras	μmol ET/g
T	253,52±19,92 ^{a, c}
T0	335,22±34,35 ^b
T 60	294,80±23,82 ^{b, c}
T 120	309,47±16,81 ^b
DD	248,94±12,34 ^a

Fuente: Laboratorios del Vicerrectorado de Investigación y Vinculación, UEB.

T: Tomate; T0: tiempo 0, inicio de la digestión; T60:60 min de la digestión gástrica;

T120: 120 min de la digestión gástrica; DD: Digestión duodenal. Cada valor representa

la media ± DE (n=3). Los valores seguidos de letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes mediante la prueba ANOVA (p<0,05).

Se observan los resultados de la capacidad antioxidante. Las muestras analizadas fueron: pulpa de tomate de árbol, pulpa de tomate de árbol al inicio de la digestión gastrointestinal, a los 60 y 120 minutos de digestión gástrica y 120 minutos de digestión duodenal. Las muestras presentaron valores entre 248,94±12,34 y 335,22±34,35 μmol ET/g de muestra, el valor más alto corresponde al inicio de la digestión gastrointestinal, sin embargo, no presenta diferencia significativa con relación a los digeridos gástricos de 60 y 120 minutos. Los digeridos gástricos presentaron valores más altos que la pulpa y que el digerido duodenal. Valores similares (202±1,4 a 325±3,8 μmol ET/g) fueron encontrados por Espín et al (2016), en un estudio realizado en cuatro variedades de tomate de árbol. El tomate de árbol posee mayor actividad antioxidante en relación a otras frutas de consumo habitual como el aguacate (1 μmol ET/g), higo (4 μmol ET/g) o la pera (3 μmol ET/g) (García-Alonso et al, 2002).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

La actividad antioxidante antes y después de la digestión gastrointestinal *in vitro* no ha sido reportada antes en tomate de árbol, sin embargo, el aumento significativo de la actividad antioxidante después de la digestión también ha sido reportada en un estudio realizado en hojas de moringa por Avilés-Gaxiola et al (2021), y se aduce que esto puede ser debido a la liberación de compuestos con propiedades bioactivas, durante la hidrólisis.

Capacidad antiinflamatoria

Tabla 2.	
Porcentaje de protección	
Muestras	%Protección
T	17,48±0,03 ^a
T0	11,55±0,03 ^b
T 60	11,09±0,01 ^{b, c}
T 120	08,11±0,04 ^c
DD	20,36±0,02 ^a
Diclofenaco	91,19±0,01 ^d

Fuente: Laboratorios del Vicerrectorado de Investigación y Vinculación, UEB.
 T: Pulpa de tomate; T0: tiempo 0, inicio de la digestión; T60: 60 min de la digestión gástrica; T120: 120 min de la digestión gástrica; DD: Digestión duodenal.
 Cada valor representa la media ± DE (n=3). Los valores seguidos de letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes mediante la prueba ANOVA (p<0,05).

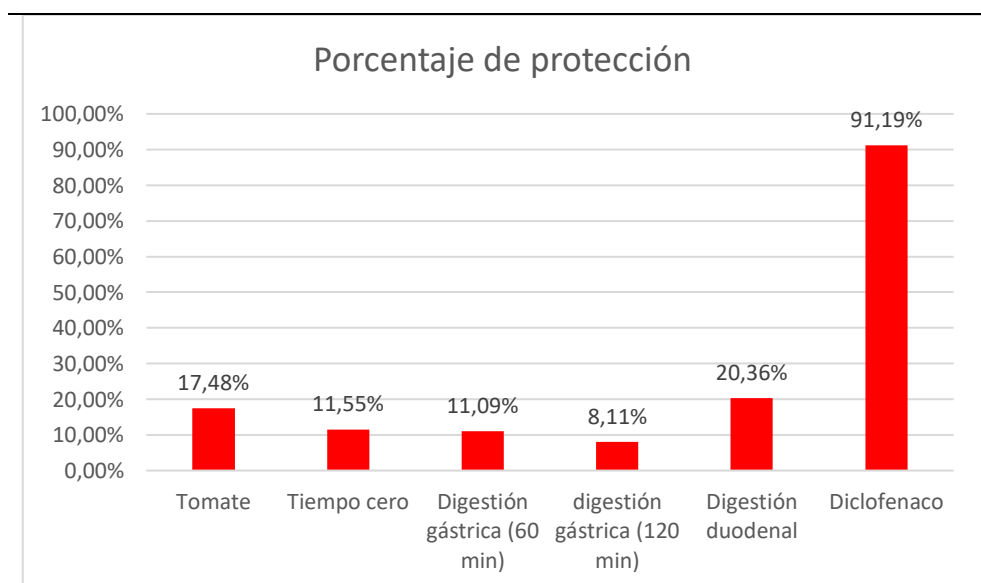


Figura 2. Porcentaje de protección.

Fuente: Laboratorios del Vicerrectorado de Investigación y Vinculación, UEB.
 Pulpa de tomate, T0: tiempo 0, inicio de la digestión; T60: 60 min de la digestión gástrica T120: 120 min de la digestión gástrica; DD: Digestión duodenal.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

En la Tabla 2, se muestran los resultados de la actividad antiinflamatoria expresada como porcentaje de protección de la membrana de los glóbulos rojos. Se analizó las muestras en las mismas condiciones que la actividad antioxidante y presentaron valores de $08,11\pm 0,04$ % a $20,36\pm 0,02$ %. Siendo el valor más alto el de la digestión duodenal, sin embargo, no presenta diferencia significativa con la muestra de la pulpa de tomate de árbol liofilizado antes del proceso de digestión.

Las muestras de tomate sometidas a la digestión gástrica presentan valores significativamente más bajos, esto se puede atribuir a la dilución que sufre la muestra por la presencia de los fluidos gástricos simulados, o a la falta de liberación de compuestos con dicha actividad.

Hasta el momento de esta investigación, no se encontraron estudios enfocados en la actividad antiinflamatoria en pulpa de tomate ni en sus hidrolizados, sin embargo, en un estudio realizado por Morais et al (2022) encuentra que los frutos maduros de *Solanum lycocarpum* presentan actividad antioxidante y antiinflamatoria; y atribuyen estas bioactividades a la presencia de los polifenoles encontrados e identificados en la fruta mediante GC-MS y LC-DAD-MS.

Como se observa en la tabla 2, la capacidad antiinflamatoria en la pulpa de tomate de árbol y sus digeridos gástricos demuestran niveles bajos en el porcentaje de protección, lo cual significa que la pulpa por sí misma no posee niveles significativos, sin embargo, el digerido duodenal alcanza un valor de $20,36\pm 0,02$ % debido posiblemente a la liberación de compuestos que presentan esta actividad biológica.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- La digestión gastrointestinal simulada favorece la liberación de compuestos bioactivos que han demostrado presentar actividad antioxidante y antiinflamatoria.
- Durante la fase gástrica se encuentran fitoquímicos con buena actividad antioxidante, mientras que en la fase duodenal se evidencian compuestos con actividad antiinflamatoria.
- Los hidrolizados a partir de la pulpa de tomate de árbol podrían ser utilizados como ingredientes funcionales en la industria alimentaria.

Recomendaciones.

- Realizar un estudio tomando en cuenta otros componentes del tomate de árbol como cáscara y semillas, lo cual permitirá comparar con los resultados obtenidos en esta investigación.
- Medir la actividad antioxidante y antiinflamatoria utilizando otras técnicas analíticas para corroborar con los datos obtenidos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Quezada PG, Martínez JB. Morphological and Molecular Diversity in a Collection of the Andean Tree Tomato (*Solanum betaceum* Cav.) 2011; 68:500-1. [67] Thies E. Promising and Underutilized Species Crops and Breeds. Eschborn (Germany): Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ); 2000.
- Acosta-Quezada PG, Martínez-Laborde JB, Prohens J. Variation among tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) accessions from different cultivar groups: Implications for conservation of genetic resources and breeding. *Genet Resour Crop Evol.* 2010; 58:943-60.
- Acosta-Quezada PG, Raigón MD, Friofrío-Cuenca T, et al. Diversity for chemical composition in a collection of different varietal types of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.), an Andean exotic fruit. *Food Chem.* 2015; 169:327-35.
- Acosta-Quezada PG. Caracterización morfológica y molecular de tomate de árbol, *Solanum betaceum* Cav. (Solanaceae). Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, 2011.
- Álvarez-Suarez JM, Giampieri F, Tulipani S, et al. One-month strawberry-rich anthocyanin supplementation ameliorates cardiovascular risk, oxidative stress markers and platelet activation in humans. *J Nutr Biochem.* 2014; 25:289-94.
- Avilés-Gaxiola, S., León-Félix, J., Jiménez-Nevárez, Y. B., Angulo-Escalante, M. A., Ramos-Payán, R., Colado-Velázquez, J., & Heredia, J. B. (2021). Antioxidant and anti-inflammatory properties of novel peptides from *Moringa oleifera* Lam. leaves. *South African Journal of Botany*, 141, 466–473. <https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2021.05.033>
- Ballington JR, Luteyn MM, Thompson K, Romoleroux K, Castillo R. Rubus and Vacciniaceous germplasm resources in the Andes of Ecuador. *Plant Genet Resour Newsl.* 1993; 93:9-15.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

- Basu A, Rhone M, Lyons TJ. Berries: Emerging impact on cardiovascular health. *Nutr Rev.* 2010; 68:168-77.
- Bravo K, Sepulveda-Ortega S, Lara-Guzman O, Navas-Arboleda A, Osorio E. Influence of cultivar and ripening time on bioactive compounds and antioxidant properties in Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *J Sci Food.* 2015; 95:1562-69.
- Brito Grandes, B., Espín, S., Villacrés, E., Vaillant, F., Torres, N., y Sanaicela, D. (2008). Tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav). Características físicas y nutricionales de la fruta importantes en la investigación y desarrollo de pulpas y chips. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Nutrición y Calidad. (Plegable no. 293).
- Bucheli VH, González AS, Aguilar DR, et al. Del cultivo de mora (*Rubus glaucus*) resumen ejecutivo. Quito (Ecuador): 2014.
- Bucheli VH, González AS, Aguilar DR, et al. DEL CULTIVO DE TOMATE DE 'ÁRBOL (*Solanum betaceum*) RESUMEN EJECUTIVO. Quito (Ecuador): 2014.
- Butler D. UN targets top killers. *Nature.* 2011; 477:260-1.
- Cao G, Russell RM, Lischner N, Prior RL. Serum antioxidant capacity is increased by consumption of strawberries, spinach, red wine or vitamin C in elderly women. *J Nutr.* 1998; 128:2383-90.
- Chiva-Blanch G, Visioli F. Polyphenols and health: Moving beyond antioxidants. *J Berry Res.* 2012; 2:63-71.
- De la Cadena J, Orellana A. El cultivo de la mora, Manual del Capacitador. Quito: Unidad de Capacitación de Fruticultura. Instituto Nacional de Capacitación Campesina. Ministerio de Agricultura y Ganadería.; 1984.
- De la Torre L, Cerón CE, Balslev H, Borchsenius F. A Biodiversity Informatics Approach to Ethnobotany: Meta-analysis of Plant Use Patterns in Ecuador 2012;17.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

- DelaTorreL, CalvoIrabi´enLM, SalazarC, BalslevH, BorchseniusF. Contrasting palmspeciesandusediversityintheYucatanPeninsula and the Ecuadorian Amazon. *Biodiverse Conserve*. 2009; 18:2837-53.
- Diep, T., Elaine, C., Ji Yeon Yoo, M. Tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.): A Review of Physicochemical and Bioactive Properties and Potential Applications. *Food Reviews International*. 2020; 7(38):1-25
- Diep, T., Pook, C., Yoo, M. Phenolic and Anthocyanin Compounds and Antioxidant Activity of Tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.). *Antioxidants*. 2020; 9(2):1-21
- DuthieSJ. Berry phytochemicals, genomic stability and cancer: Evidence for chemoprotection at several stages in the carcinogenic process. *Mol Nutr Food Res*. 2007; 51:665-74.
- Espín, S., Gonzalez-Manzano, S., Taco, V., Poveda, C., Ayuda-Durán, B., Gonzalez-Paramas, A., Santos-Buelga, C. Phenolic composition and antioxidant capacity of yellow and purple-red Ecuadorian cultivars of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.). *Food Chemistry*. 2016:1073–1080
- Ester Bauer H, Schmidt R, Hain M. Relationships among oxidation of low-density lipoprotein, antioxidant protection, and atherosclerosis. *Adv. Pharmacology*. 1996; 38:425-56.
- Estupiñan DC, Schwartz SJ, Garson G A. Antioxidant activity, total phenolic content, anthocyanin, and color stability of isotonic model beverages colored with Andes berry (*Rubus glaucous* Bent) anthocyanin powder. *J Food Sci*. 2011;76: S26-34.
- Fang J. Bioavailability of anthocyanin's. *Drug Metal Rev*. 2014; 46:508-20. [46]
- mesBN. ShigenagaMK, HagenTM. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. *Proc Nat Acad Sci*. 1993;90:7915-22.
- Freedman, J. E.; Parker, C.; Li, L.; Perlman, J. A.; Frei, B.; Ivanov, V.; Deal, L. R.; Parfait, M. D.; Felts, J. D. Select flavoids and whole juice from purple grapes inhibit platelet function and enhance nitric oxide release. *Circulation*. 2001; 103:2792-98.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

- García M, García H. Manejo cosecha y postcosecha de mora, lulo y tomate de árbol. Bogotá (Colombia): CORPOICA; 2001.
- García-Alonso M, Minihane AM, Rimbach G, Rivas-Gonzalo JC, de Pascual-Teresa S. Red wine anthocyanins are rapidly absorbed in humans and affect monocyte chemoattractant protein 1 levels and antioxidant capacity of plasma. *J Nutr Biochem.* 2009;20:521-29.
- García-Alonso, M., de Pascual-Teresa, S., Santos-Buelga, C., & Rivas-Gonzalo, J. C. (2004). Evaluation of the antioxidant properties of fruits. *Food Chemistry*, 84(1), 13–18. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00160-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00160-2)
- Garrido P. Evaluación de la diversidad genética de la mora cultivada (*Rubus glaucus* Benth) y especies emparentadas en zonas productivas del Ecuador mediante marcadores moleculares RAPDs, ISSRs, AFLPs. Escuela Politécnica del Ejército, 2009.
- Garzon GA, Riedi KM, Schwartz SJ. Determination of anthocyanins, total phenolic content, and antioxidant activity in Andesberry (*Rubus glaucus* Benth). *J Food Sci.* 2009;74:C227-32.
- Garzon Ga, Riedi KM, Schwartz SJ. Determination of anthocyanins, total phenolic content, and antioxidant activity in AndesBerry (*Rubus glaucus* Benth). *J Food Sci.* 2009;74:C227-32.
- Ginter E, Simko V, Panakova V. Antioxidants in health and disease. *Bratisl Lek Listy.* 2014;115:603-6.
- Giusti MM, Jing P. Natural pigments of berries: Functionality and application. In *Berry Fruit. Value-Added Products for Health Promotion*, 1st ed.; Zhao, Y., Ed.; CRC: Boca Raton, FL, 2007;1:105-46.
- Hassanien MFR. *Physalis peruviana* : A Rich Source of Bioactive Phytochemicals for Functional Foods and Pharmaceuticals. *Food Rev Int.* 2011;27:259-73.
- III Censo Nacional Agropecuario. Quito: 2000. [36] Osorio C, Hurtado N, Dawid C, et al. Chemical characterisation of anthocyanins in tamarillo (*Solanum betaceum*) and Andes berry (*Rubus glaucus* Benth.) fruits. *Food Chem.* 2012;132:1915-21.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

- Isla, MI., Orqueda, ME., Moreno, MA., Torres, S., Zampini, IC. Solanum betaceum Fruits Waste: A Valuable Source of Bioactive Compounds to Be Used in Foods and Non-Foods Applications. *Foods*. 2022; 11(21):3363.
- Jennings DL. The blackberries of South America—an unexplored reservoir of germplasm. *Fruit Var J*. 1978;32:61-3.
- Jiménez D, Cock J, Satizábal HF, et al. Analysis of Andean blackberry (*Rubus glaucus*) production models obtained by means of artificial neural networks exploiting information collected by small-scale growers in Colombia and publicly available meteorological data. *Comput Electron Agric*. 2009;69:198-208.
- Jorgensen PM, León-Yáñez S. Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador. *Monogr Syst Bot from Missouri Bot Gard*. 1999;75: 1-1181.
- Jungmin J, Dossett M, Finn CE. Rubus fruit phenolic research: The good, the bad, and the confusing. *Food Chem*. 2012;130:785-86.
- Juranic Z, Zixack Z. Biological activities of berries: From antioxidant capacity to anti-cancer effects. *BioFactors*. 2005;23:207-11.
- KaumeL,HowardLR,DevareddyL.Theblackberryfruit:Areviewonitscompositionandchemistry,metabolismandbioavailability,and health benefits. *J Agric Food Chem*. 2012;13:60:5716-27.
- Lagos BurbanoTC,Criollo EscobarH, IbarraA, Hejeile H.Characterización morfológica de la colección Nariño de uva Physalis peruviana L. *Fitotec Colomb*. 2003;3:1-9.
- Li, N., Li, W. Cytotoxicity and Anti-Inflammatory Activity of Tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) Peel Extract in Lipopolysaccharide Stimulated RAW 264.7 Cells. *e-GiGi*. 2021;9(1):92-98
- LigarretoGA,LoboM,A.C.Recursos genéticos del género *Physalis* en Colombia. In: Fischer G,MirandaD,PiedrahitaD,J.R,editors.Av. en Cultiv. poscosecha y Export. ´n la uchuva (*Physalis peruviana* L) en Colomb., Bogotá: Unibiblios, Universidad Nacional de Colombia; 2005, pp. 9-27.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

- Lim TK. Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants. 2013;6:326-32.
- Llerena, W., Samaniego, I., Navarro, M., Ortíz, J., Angós, I., Carrillo, W. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) in the antioxidant capacity of arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh), naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.), and tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) fruits from Ecuador. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020; 44(10):1-26
- Mabel Ordoñez R, Zampini IC, Rodríguez F, et al. Radical scavenging capacity and antimutagenic properties of purified proteins from *Solanum betaceum* fruits and *Solanum tuberosum* tubers. *J Agric Food Chem*. 2011;59:8655-60.
- Martínez A, Beltrán O, Velastegui G, et al. Manual de cultivo de la mora de castilla (*Rubus glaucus* B.). First. Ambato: INIAP-UTA; 2007.
- Mejía-Bonilla PR. Caracterización morfoagronómica de genotipos de mora (*Rubus glaucus* Benth) en la granja experimental TumbacoINIAP. Escuela Politécnica del Ejército, 2011.
- Meret M, Brat P, Mertz C, Lebrun M, Gunata Z. Contribution to aroma potential of Andean blackberry (*Rubus glaucus* Benth.). *Food Res Int*. 2011;44:54-60.
- Mertz C, Gancel AL, Gunata Z. et al. Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. *J Food Comp Analysis*. 2009;22:381-7.
- MertzC, CheynierV, GunataZ, BratP. Analysis of phenolic compounds in two blackberry species (*Rubus glaucus* and *Rubus adenotrichus*) by high performance liquid chromatography with diode array detection and electrospray ion trap mass spectrometry. *J Agric Food Chem*. 2007;55:8616-24.
- Meza, N.; Manzano Mendez, J. Características de los frutos de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae* Cav. Sendtn) en base a la coloración arilica, en la Zona Andina de Venezuela. *UDO Agríc*. 2009; 9:289–294.
- Mittermeier RA, Myers N, Mittermeier CG, Robles Gil P. Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial core regions. CEMEX, SA, Agrupación Sierra Madre, SC 1999.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

- Moore J, Janick J. Advanced in fruit breeding. First. Indiana: Purdue University Press; 1993.
- Morais, M. G., Saldanha, A. A., Azevedo, L. S., Mendes, I. C., Rodrigues, J. P. C., Amado, P. A., Farias, K. de S., Zanuncio, V. S. S., Cassemiro, N. S., Silva, D. B. da, Soares, A. C., & Lima, L. A. R. dos S. (2022). Antioxidant and anti-inflammatory effects of fractions from ripe fruits of *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae) and putative identification of bioactive compounds by GC–MS and LC-DAD-MS. *Food Research International*, 156, 111145. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2022.111145>
- Morales AL, Albarracin D, Rodriguez J, Duque C, Riaño LE, Espitia J. Volatile Constituents from Andes Berry (*Rubus glaucus* Benth) 1996;1:585-7. Mertz C, Brat P, Caris-Veyrat C, Gunata Z. Characterization and thermal lability of carotenoids and vitamin C of tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.). *Food Chem.* 2010;119:653-9.
- Muñoz-Florez JE, Morillo-Coronado AC, Morillo-Coronado Y. Random amplified microsatellites (RAMs) in plant genetic diversity studies. *Acta Agron.* 2008;57:219-26.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Da Fonseca GA, Kent J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature.* 2000; 403:853-8.
- Naranjo P, Escaleras R. *La Medicina Tradicional en el Ecuador*. Quito: Corporación Editora Nacional; 1995.
- Nohra C, Rodríguez C, Bueno A. Study of the cytogenetic diversity of *Physalis peruviana* L. (Solanaceae). *Acta Biológica Colomb.* 2006;95:132-83.
- Orqueda. M., Rivas, M., Zampini, I., Alberto, M., Torres, S., Cuello, S., Sayago, J., Thomas-Valdes, S., Jiménez-Aspee, F., Schmeda-Hirschmann, G. Chemical and functional characterization of seed, pulp and skin powder from chilito (*Solanum betaceum*), an Argentine native fruit. Phenolic fractions affect key enzymes involved in metabolic syndrome and oxidative stress. *Food Chemistry.* 2017; 216:1-43

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

- Popenoe H, King S, Le´on J, Kalinowski L. Goldenberry (cape gooseberry). Lost Crop. Incas Little-known Plants Andes with Promise Worldw. Cultiv., Washington DC: National Research Council National Academy Press; 1990, pp. 241-52.
- Puente LA, Pinto-Muñoz CA, Castro ES, Cortés M. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Res Int.* 2011;44:1733-40.
- Quinteros, MF., Martínez, J., Barrionuevo, A., Rojas, M., Carrillo, W. Functional, Antioxidant, and Anti-Inflammatory Properties of Cricket Protein Concentrate (*Gryllus assimilis*). *Biology.* 2022; 11:1-15
- Ramadan MF, M´orsel JT. Goldenberry: A novel fruit source of fat soluble bioactives. *Inform.* 2004;15:130-1.
- Ramadan MF, M´orsel JT. Impact of enzymatic treatment on chemical composition, physicochemical properties and radical scavenging activity of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) juice. *J Sci Food Agric.* 2007;87:452-60.
- Ramadan MF, M´orsel JT. Oil Goldenberry (*Physalis peruviana* L.). *J Agric Food Chem.* 2003;51:969-74.
- Ramadan MF. Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. *Food Res Int.* 2011;44:1830-6.
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biol Med.* 1996;20:933-56.
- Romandini S, Mazzoni L, Giampieri F, Tulipani S, Gasparrini M, Forbes-Hernandez TY, Locorotondo N, D'Alessandro M, Mezzetti B, Bompadre S, Alvarez-Suarez JM. Effects of an acute strawberry (*Fragaria × ananassa*) consumption on the plasma antioxidant status of healthy subjects. *J Berry Res.* 2013;3:169-79.
- Romoleroux K. *Flora of Ecuador. First.* Estocolm: University of Goteborg; 1996.
- Rosero, D., Del Pozo, F., Simbaña, W., Álvarez, M., Quinteros, MF., Carrillo, W., Morales, D. Polyphenols and Flavonoids Composition, Anti-Inflammatory and

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

- Antioxidant Properties of Andean *Baccharis macrantha* Extracts. *Plants*. 2022; 11:1555
- Roy-Chaughury R. *Herbal Medicine for Human Health*. World Health Organization, Regional Office for South-East Asia; 1992.
- Samaniego, I., Brito, B., Viera, W., Cabrera, A., Llerena, W., Kannangara, T., Vilcacundo, R., Angós, I., Carrillo, W. Influence of the Maturity Stage on the Phytochemical Composition and the Antioxidant Activity of Four Andean Blackberry Cultivars (*Rubus glaucus* Benth) from Ecuador. *Plants*. 2020; 9(8): 1027
- Schreckinger ME, Lotton J, Lila MA, Mejia EG. Berries from South America: A Comprehensive Review on Chemistry, Health Potential, and Commercialization. *J Med Food*. 2010;13:233-46.
- Simbaqueba J, Sánchez P, Sanchez E, et al. Development and characterization of microsatellite markers for the Cape gooseberry *Physalis peruviana*. *PLoS One*. 2011;6:e26719.
- Tamayo PJ. Tomate de árbol. *Principales enfermedades del tomate árbol, la mora y el lulo en Colombia*, vol. 12, Antioquia (Colombia): CORPOICA INCORA; 2001, pp. 6-13.
- Tate P, Stanner A, Shields K, Smith S, Larcom L. Blackberry extracts inhibit UV-induced mutagenesis in *Salmonella typhimurium* TA100. *Nutr Res*. 2006;26:100-4.
- Tene V, Malagón O, Finzi PV, Vidari G, Armijos C, Zaragoza T. An ethnobotanical survey of medicinal plants used in Loja and Zamora Chinchipe, Ecuador. *J Ethnopharmacol*. 2007;111:63-81.
- Trillos-González O, Cotes-Torres JM, Medina-Cano CI, Lobo Arias M, Navas-Arboleda AA. Caracterización morfológica de cuarenta y seis accesiones de uchuva (*Physalis peruviana* L.), en Antioquia (Colombia). *Rev Bras Frutic* 2008;30:708-15.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

- Tulipani S, Alvarez-Suarez JM, Busco F, Bompadre S, Mezzetti B, Battino M. Strawberries improve plasma antioxidant status and erythrocyte resistance to oxidative hemolysis. *Food Chem.* 2011;128:180-6.
- Tulipani S, Romandini S, Busco F, Bompadre S, Mezzetti B, Battino M. Ascorbate, not urate, modulates the plasma antioxidant capacity after strawberry intake. *Food Chem.* 2009;117:181-8.
- United Nations Environment Programme and World Conservation Monitoring Centre: Biodiversity A-Z. <http://www.biodiversityaz.org/about>
- Unpublished data. Personal reference. Interviews in indigenous communities of Riobamba, Ecuador. December, 2014.
- US Department of Agriculture, Agriculture Research Service. USDA national nutrient for standard references, release 27. Fruits and fruit juices; 2010, pp. 785-7. Available at: <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8964>. Accessed on December 9, 2014.
- Vasco C, Avila J, Ruales J, Svanberg U, Kamal-Eldin A. Physical and chemical characteristics of golden-yellow and purple-red varieties of tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.). *Int J Food Sci Nutr.* 2009;60 Suppl 7:278-88.
- Vasco C, Riihinen K, Kemal-Eldin A. Phenolic compounds in Rosaceae fruits from Ecuador. *J Agric Food Chem.* 2009;57:1204-12.
- Viera, W., Samaniego, I., Camacho, D., Habibi, N., Ron, L., Sediqui, N., Álvarez, J., Viteri, P., Sotomayor, A., Merino, J., Vásquez-Castillo, W., Brito, B. Phytochemical Characterization of a Tree Tomato (*Solanum betaceum* Cav.) Breeding Population Grown in the Inter-Andean Valley of Ecuador. *Plants.* 2022; 11(3):1-16
- Vilcacundo R, Miralles B, Carrillo W, Hernández-Ledesma B. In vitro chemopreventive properties of peptides released from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) protein under simulated gastrointestinal digestion. *International Food Research Journal.* 2018; 105:403-411

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

- Vilcacundo, E., Moltalvo, V., Sanaguano, H., Moran, R., Carrillo, W., García, A. Identification of Phytochemical Compounds, Functional Properties and Antioxidant Activity of Germinated Purple Corn Protein Concentrate and Its Gastrointestinal Hydrolysates. *Agronomy*. 2022; 12:2217
- Wang, S., Zhu, F. Tamarillo (*Solanum betaceum*): Chemical composition, biological properties, and product innovation. *Trends in Food Science & Technology*. 2019; 1-57
- Williams J, Read C, Norton A, Dovers S, Burgman M, Proctor W, Anderson H. Biodiversity, Australia state of the environment report 2001 (Theme report). Canberra, ACT: CSIRO 2001.
- Zafra-Stone S, Yasmin T, Bagchi T, Chatterjee A, Vinson JA, Bagchi D. Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention. *Mol Nutr Food Res*. 2007;51:675-83.
- Zapata JL, Sldarriaga A, Londoño M, Díaz C. Manejo del cultivo de la chuva en Colombia. Antioquia (Colombia): CORPOICA-Programa Regional de Investigación Agrícola; 2002.
- Zhao Y. Berry Fruit, Value-Added Products for Health promotion. New York: CRC Press; 2007.
- Zhu, D., Cai, G., Li, X., Lu, J., & Zhang, L. (2016). Enhancing the antimicrobial activity of *Sus scrofa* lysozyme by N-terminal fusion of a sextuple unique homologous peptide. *Journal of Biotechnology*.