



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

**INFLUENCIA DEL GRADO DE MADUREZ, ALTITUD Y PORTAINJERTO
SOBRE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE
DE TOMATE DE ÁRBOL, ECOTIPO 'ANARANJADO GIGANTE' Y
'MORADO GIGANTE' EN DOS TEMPORADAS DE ESTUDIO**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
Ingenieras en Biotecnología**

AUTORES:

DANIELA FERNANDA GONZÁLEZ QUEVEDO

JENNIFER ESTEFANIA MORALES CAICEDO

TUTOR:

ELENA DEL ROCÍO COYAGO CRUZ

Quito-Ecuador

2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotras, Daniela Fernanda González Quevedo con documento de identificación N° 1722530605 y Jennifer Estefania Morales Caicedo con documento de identificación N° 1721874574 manifestamos que:

Somos las autoras y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 02 de agosto del año 2022

Atentamente,



Daniela Fernanda González Quevedo

1722530605



Jennifer Estefania Morales Caicedo

1721874574

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Daniela Fernanda González Quevedo con documento de identificación N° 1722530605 y Jennifer Estefania Morales Caicedo con documento de identificación N°1721874574, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo experimental: “Influencia del grado de madurez, altitud y portainjerto sobre los compuestos bioactivos y actividad antioxidante de tomate de árbol, ecotipo 'anaranjado gigante' y 'morado gigante' en dos temporadas de estudio”, perteneciente al proyecto CEPRA XIV tomate de árbol “Caracterización físico-química, funcional y pruebas de bioactividad de dos ecotipos de tomate de árbol injerto y control (*Solanum betaceum* Cav) a diferente índice de madurez” financiado por CEDIA, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Biotecnología, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 02 de agosto del año 2022

Atentamente,

Daniela Fernanda González Quevedo

1722530605

Jennifer Estefania Morales Caicedo

1721874574

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Elena Del Rocío Coyago Cruz con documento de identificación N° 1713762647, docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: INFLUENCIA DEL GRADO DE MADUREZ, ALTITUD Y PORTAINJERTO SOBRE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE TOMATE DE ÁRBOL, ECOTIPO 'ANARANJADO GIGANTE' Y 'MORADO GIGANTE' EN DOS TEMPORADAS DE ESTUDIO, perteneciente al proyecto CEPRA XIV tomate de árbol “Caracterización físico-química, funcional y pruebas de bioactividad de dos ecotipos de tomate de árbol injerto y control (*Solanum betaceum* Cav) a diferente índice de madurez” financiado por CEDIA, realizado por Daniela Fernanda González Quevedo con documento de identificación N° 1722530605 y por Jennifer Estefania Morales Caicedo con documento de identificación N° 1721874574, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 02 de agosto del año 2022

Atentamente,



Elena Del Rocío Coyago Cruz

1713762647

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, porque gracias a sus bendiciones diarias hemos podido llegar hasta aquí, y sobre todo es quien nos ha dado fuerzas para seguir adelante y poder culminar con éxito nuestras metas.

En segundo lugar, a nuestra familia y hermanas quienes han sido un apoyo incondicional y motivo de superación, ya que con su esfuerzo y sacrificio hemos logrado triunfar.

A nuestras compañeras de aula ya que nos hemos ayudado mutuamente en la elaboración de tareas e investigaciones.

Y de manera muy especial a nuestros padres por todo su sacrificio y apoyo constante por ser motivo para seguir adelante con deseos de superación cada día, les dedicamos este proyecto con todo nuestro cariño y amor.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestra familia por brindarnos su apoyo y comprensión ya que sin su ayuda no habría sido posible alcanzar este sueño de poder convertirnos en profesionales.

Especialmente a nuestros padres por todo el sacrificio que han hecho para apoyarnos en los estudios y así lograr ser Ingenieras en Biotecnología.

A nuestros profesores por saber comprendernos y compartir sus conocimientos, pero sobre todo agradecemos a la Doctora Elena Coyago Cruz por tenernos paciencia y guiarnos en este proyecto, agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana, por permitirnos estudiar y lograr nuestra meta establecida.

A la Universidad UTE, por el apoyo brindado para llevar a cabo esta investigación, en especial a la Msc. Elena Beltrán docente investigador del Centro de investigación de alimentos (CIAL).

RESUMEN

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en el Ecuador es un frutal básico para la economía campesina, pero en los últimos años se ha visto el interés de mercados internacionales. Por esta razón el objetivo de este estudio fue identificar la influencia del grado de madurez, altitud y portainjerto sobre los compuestos bioactivos y actividad antioxidante de tomate de árbol, ecotipo 'anaranjado gigante' y 'morado gigante' en dos temporadas de estudio. Se emplearon muestras liofilizadas provenientes de la provincia de Tungurahua, cantón Pelileo en las que se determinó la actividad antioxidante por DPPH y para la concentración de compuestos fenólicos, los dos métodos empleando un espectrofotómetro con lector de microplacas. Los resultados mostraron que los compuestos fenólicos en la primera temporada reportaron las concentraciones más altas comparadas con la segunda temporada. Así, el índice de madurez en el ecotipo morado gigante en las dos temporadas de estudio en el IM3 (1106,34 mg EAG/g y 228,50 mg EAG/g, respectivamente) en injerto y IM2 en control (1159,2 mg EAG/g y 249,9 mg EAG/g, respectivamente) reportaron los mayores valores, a su vez, en el ecotipo amarillo gigante en las dos temporadas de estudio en el IM1 en injerto (1081,9 mg EAG/g y 210,7 mg EAG/g, respectivamente) y IM2 en control (1034,9 mg EAG/g y 236,41 mg EAF/g, respectivamente). Además, la actividad antioxidante fue mayor en el ecotipo morado gigante injerto en el índice de madurez IM3 en las dos temporadas de estudio, mientras que en el ecotipo anaranjado gigante injerto en el índice de madurez IM2 en las dos temporadas de estudio.

Palabras clave: Fitoquímica, biosíntesis, ecotipo.

ABSTRACT

Tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) in Ecuador is a basic fruit for the peasant economy, but in recent years there has been interest from international markets. For this reason, the objective of this study was to identify the influence of maturity, altitude and rootstock on the bioactive compounds and antioxidant activity of tree tomato, ecotype 'giant orange' and 'giant purple' in two study seasons. Freeze-dried samples from the province of Tungurahua, canton Pelileo were used to determine the antioxidant activity by DPPH and for the concentration of phenolic compounds, both methods using a spectrophotometer with a microplate reader. The results showed that phenolic compounds in the first season reported the highest concentrations compared to the second season. Thus, the maturity index in the giant purple ecotype in the two seasons of study in IM3 (1106.34 mg EAG/g and 228.50 mg EAG/g, respectively) in graft and IM2 in control (1159.2 mg EAG/g and 249.9 mg EAG/g, respectively) reported the highest values, in turn, in the giant yellow ecotype in the two study seasons in IM1 in graft (1081.9 mg EAG/g and 210.7 mg EAG/g, respectively) and IM2 in control (1034.9 mg EAG/g and 236.41 mg EAF/g, respectively). In addition, the concentration of antioxidant activity in the two seasons was similar. The highest amount was obtained in the giant purple grafted ecotype at maturity index IM3 in the two study seasons, while in the giant orange grafted ecotype at maturity index IM2 in the two study seasons.

Key words: Phytochemistry, biosynthesis, ecotype.

Índice de contenido

1. Introducción.....	1
2. Fundamentación teórica	3
2.1. <i>Solanum betaceum</i> Cav.....	3
2.2. Compuestos bioactivos en <i>Solanum betaceum</i> Cav.....	6
2.2.1. Compuestos fenólicos.....	7
2.2.2. Antioxidantes.....	8
3. Materiales y métodos	10
3.1. Análisis de compuestos fenólicos en tomate de árbol	10
3.2. Análisis de actividad antioxidante	12
3.3. Análisis estadístico	13
4. Resultados y discusión	14
4.1. Compuestos fenólicos	14
4.2. Actividad antioxidante	18
5. Conclusiones y recomendaciones	22
6. Bibliografía	23

Índice de tablas

Tabla 1. Composición físico-química del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) 5

Tabla 2. Modelo para preparación de la curva de calibración de ácido gálico..... 11

Índice de figuras

Figura 1. Mecanismo químico de la acción antioxidante de los polifenoles	9
Figura 2. Valores promedio de la concentración de compuestos fenólicos en relación con el índice de madurez del injerto del ecotipo 'anaranjado gigante' a 2184 msnm en la primera (A) y segunda (B) temporada.	14
Figura 3. Valores promedio de la concentración de compuestos fenólicos en relación con índice de madurez del injerto del ecotipo 'morado gigante' a 2280 msnm en la primera (A) y segunda (B) temporada.	15
Figura 4. Valores promedio de la concentración de compuestos fenólicos en relación con el al índice de madurez del control del ecotipo 'anaranjado gigante' a 2316 msnm en la primera (A) y segunda (B) temporada.	16
Figura 5. Valores promedio de la concentración de compuestos fenólicos en relación con el índice de madurez del control del ecotipo 'morado gigante' a 2171 msnm en la primera (A) y segunda (B) temporada.	17
Figura 6. Valores promedio de la concentración de actividad antioxidante con relación al índice de madurez del injerto del ecotipo 'anaranjado gigante' a 2184 msnm en la primera (A) y segunda (B) temporada.	18
Figura 7. Valores promedio de la concentración de actividad antioxidante con relación al índice de madurez del injerto del ecotipo 'morado gigante' a 2280 msnm en la primera (A) y segunda (B) temporada.	19
Figura 8. Valores promedio de la concentración de actividad antioxidante con relación al índice de madurez del control del ecotipo 'anaranjado gigante' a 2316 msnm en la primera (A) y segunda (B) temporada.	20

Figura 9. Valores promedio de la concentración de actividad antioxidante con relación al índice de madurez del control del ecotipo 'morado gigante' a 2171 msnm en la primera (A) y segunda (B) temporada. 21

1. Introducción

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) es una planta nativa de Latinoamérica, es cultivado a una altitud óptima que va desde los 600 a 3000 metros sobre el nivel del mar (msnm), en temperaturas desde los 14 a 20°C (Villares et al., 2018).

La producción de tomate en Ecuador, se centra en la región Sierra, en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay y Loja, además de algunas zonas de estribación en la Amazonía, debido a la capacidad adaptativa del cultivo a los distintos pisos climáticos que presentan ambas regiones ecuatorianas (Villares et al., 2018; Viera et al., 2021).

El tomate de árbol posee cualidades fisicoquímicas, organolépticas y nutricionales importantes, razón por la que se ha incrementado el interés y demanda del cultivo, también se ha identificado que tiene una gran fuente de provitamina A, vitaminas B6, C y K, minerales como el Fe y antioxidantes como antocianinas, compuestos fenólicos y carotenoides (Conforme, 2019; Fonseca et al., 2019; Viera et al., 2021).

El ataque de plagas a este cultivar ha provocado el incremento de estudios de portainjertos en Solanáceas que generen menor susceptibilidad al cultivo y mejoren el rendimiento de la producción. Por ende, el objetivo de este estudio fue identificar la influencia del grado de madurez, altitud y portainjerto sobre los compuestos bioactivos y actividad antioxidante de tomate de árbol, ecotipo 'anaranjado gigante' y 'morado gigante' en dos temporadas de estudio; en este sentido, los objetivos específicos fueron determinar el contenido de compuestos fenólicos de muestras de tomate de árbol, ecotipo 'anaranjado gigante' y 'morado gigante' cultivados a diferente altitud, portainjerto y dos temporadas de estudio y cosechadas a diferente grado de madurez y determinar la actividad antioxidante de muestras de tomate de árbol, ecotipo 'anaranjado gigante' y 'morado

gigante' cultivados a diferente altitud, portainjerto y dos temporadas de estudio y cosechadas a diferente grado de madurez.

2. Fundamentación teórica

2.1. Solanum betaceum Cav.

El tomate de árbol pertenece a la familia Solaneaceae y el nombre científico es *Solanum betaceum Cav.* (Acosta, 2011), posee diferentes nombres comunes tales como chilito o chiltú, tomate de monte, tamarillo, sachatomate, yunca tomate, tomatillo entre otros (Buono et al., 2019). Es originario de la zona Andina de América Latina (Lagos et al., 2011), en donde se extendió a todo el mundo y en la actualidad varios países como Ecuador, Perú, Colombia y Nueva Zelanda son productores de este fruto, siendo Nueva Zelanda el productor más importante en la actualidad (Portela, 1999).

Esta especie es una planta arbustiva con tallos semi-leñosos, forma erecta y ramificados, con alturas que alcanzan de 2 a 3 m (Buono et al., 2019). Las inflorescencias están dispuestas en doble serie a lo largo del eje (Bohs, 1994). Los frutos son bayas carnosas de forma redonda, pera, ovalada en el ápice, de unos 8 a 10 cm de largo, 4 a 6 cm de diámetro, 40 a 130 g de peso, cáscara gruesa con sabor amargo, a su vez, existen variedades con pieles lisas y brillantes que varían en color según el genotipo, desde verde cuando está verde hasta amarillo, naranja, rojo y morado oscuro cuando está maduro (Meza & Manzano, 2009), además, la pulpa es acuosa o jugosa y puede ser de color amarillo, naranja, crema o casi transparente (Bohs, 1994).

El tomate de árbol se desarrolla en altitudes entre 1800 y 2600 metros sobre el nivel del mar (msnm), con humedades relativas entre el 70 al 80 %, a su vez, las condiciones de temperatura óptima para el cultivo es de entre 16 a 22 °C, sin embargo, esta especie puede resistir temperaturas de 0°C por cortos periodos de tiempo, ya que periodos prolongados pueden quemar el follaje; se cultiva en suelos

ácidos, ricos en materia orgánica y derivados de cenizas volcánicas (Bernal, 2009).

El mejor suelo para el crecimiento es el arcilloso con un contenido de materia orgánica de 4 a 5% y un espesor de 50 cm (Mosquera, 2020).

El tomate de árbol es un alimento funcional ya que posee vitamina B6, C y E, compuestos fenólicos, tal como se muestra en la Tabla 1; además presenta propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias (Carrera & Novillo, 2022) que, ayudan a mejorar el sistema inmune para prevenir enfermedades y retardar el envejecimiento (Corrales & Silva, 2020). El jugo tiene la capacidad de mejorar significativamente las concentraciones de zinc en las personas, disminuyendo el índice Cu/Zn, lo que ayuda a aminorar enfermedades metabólicas y cardíacas (Salazar-Lugo et al., 2017).

Tabla 1. Composición físico-química del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.)

Componentes	Contenido de 100g de parte comestible	Valores diarios (dieta de 2000 calorías)
Calorías	30 cal	
pH	3,17-3,80	
Humedad	86,03-87,07 %	
Carbohidratos	7 g	
Ceniza	0,60 g	
Fibra	1,1 g	25 g
Proteína	2 g	
Calcio	9 mg	162 mg
Caroteno	1000 IU	5000 IU
Fósforo	41 mg	125 mg
Hierro	0,90 mg	18 mg
Niacina	1,07 mg	20 mg
Riboflavina	0,03 mg	1,7 mg
Tiamina	0,10 mg	
Vitamina C	25 mg	60 mg
Vitamina E	2010 mg	

Fuente: Caribbean Fruit, CORPEI

Elaborado por: Las autoras, 2022.

En Ecuador el tomate de árbol es cultivado por pequeños y medianos productores, con posibilidad de posicionamiento internacional (Viera et al., 2021). En el país, el tamarillo rojo es el tipo preferido por los consumidores y, por tanto, el más cultivado (Cornejo-Franco et al., 2019).

En la sierra del Ecuador, la superficie sembrada de tomates leñosos aumentó un 70% entre 2015 y 2017, pasando de 4.500 hectáreas a 7.600 hectáreas según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería, así, el tomate se encuentra en el décimo puesto como cultivo frutícola más producido y en el puesto número quince en cuanto a superficie sembrada (Moreno-Miranda et al., 2020). Así, las principales provincias donde se concentra el cultivo de tomate de árbol son: Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo Azuay y Loja (Agrocalidad, 2022); sin embargo, según el Sistema de Información Pública Agropecuaria, (2020) en el Ecuador se reportó una superficie plantada de 1944 ha, en donde se cosecharon 1044 ha, con una producción de 10605 t y un rendimiento de 10, 15 t/ha.

2.2. Compuestos bioactivos en *Solanum betaceum* Cav.

Desde la década de los 80 en Japón surgió el término alimento funcional que describe que es un alimento convencional que forma parte de la dieta estándar en cantidades normales que sobre todo aportan valor nutritivo y que manifiestan tener beneficio para la salud reduciendo el riesgo de padecimientos crónicos (Castro et al., 2017). Así, los alimentos funcionales se caracterizan por poseer moléculas como carotenoides y compuestos fenólicos que aportan beneficios para la salud.

Estudios han demostrado que el tomate de árbol es una fuente de antioxidantes especialmente en los ecotipos amarillo y rojo, y carotenoides, por lo cual, este, puede

tener un uso potencial para suplementos alimenticios o dietéticos (Diep et al., 2020; Rohilla & Mahanta, 2021).

2.2.1. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son parte de los bioactivos vegetales, (Rodríguez, 2020; Zimmermann & Wagner, 2021).

Por lo general, estos compuestos se clasifican en polifenoles a excepción de los que proceden de la familia de los ácidos carboxílicos, que son clasificados como monofenoles (Rodríguez, 2020). Los compuestos fenólicos tienen al menos un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilo, donde se incluyen grupos funcionales como ésteres, metil estéres y glicósidos (Coyago-Cruz, 2017; Soriano, 2020). Además, los fenoles también comprenden polímeros que pueden llegar a ser bastante complejos con masas superiores a 20 000 Da o poseer ácidos fenólicos simples con un solo anillo fenólico (Kolton et al., 2022).

Los polifenoles tienen una característica importante en la actividad antibacterial y antifúngica, ya que sus compuestos son capaces de impedir la reproducción, crecimiento y cualquier otra función vital de los microorganismos por medio de mecanismos de oxidación enzimática específicas, también se ha descrito que pueden ser capaces de unirse a las moléculas de ADN interrumpiendo la síntesis de proteínas y elementos vitales de los mismos, además son idóneos para la ruptura de membranas celulares que en consecuencia inducen a la apoptosis celular en algunos microorganismos (Gordo, 2018). Otra particularidad de los compuestos fenólicos es que tiene la habilidad de quelación del hierro y otros metales que son parte de transición cofactores de enzimas microbianas (Da Rosa, 2019).

2.2.2. Antioxidantes

Los antioxidantes son sustancias que por medio de la habilidad de capturar radicales libres, consiguen el retraso o inhibición del estrés oxidativo, es decir que disminuyen la cantidad de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno e impiden la producción de daño tisular; por lo que se le atribuyen beneficios potenciales para la prevención de distintas enfermedades como pueden ser cardiovasculares, inflamatorias, neurodegenerativas como el Parkinson y Alzheimer, hepáticas, diabetes tipo 2 e incluso cáncer (Carrera & Novillo, 2022; Martínez-Alemán et al., 2018; Rabanal-Atalaya & Medina-Hoyos, 2021).

Estudios mencionan que la actividad antioxidante está estrechamente relacionada con los compuestos fenólicos, puesto que tienen la característica de atrapar o inhibir la generación de radicales libres (Figura 1) (Gordo, 2018), pero la actividad antioxidante depende de la estructura, sobre todo en el número y la posición en la que se encuentren los grupos hidroxilo, también se incluye en la capacidad antioxidante, la quelación de metales y la donación de átomos de hidrógeno para lograr el equilibrio de los radicales libres imposibilitando la abstracción de hidrógeno a partir del sustrato (González-Barraza et al., 2017), de hecho se ha visto que los flavonoles tienen la capacidad de quelar iones metálicos de transición, lo que impide la formación de ROS que se forman a partir de la reacción de fenton (Gordo, 2018).

Se ha demostrado que la capacidad antioxidante del tomate de árbol es mayor que el de otras frutas que son conocidas por tener altas cantidades de antioxidantes como son las uvas y manzanas, de hecho se ha evidenciado que los ácidos hidroxicinámicos y rosamáníricos (compuestos mayoritariamente de *Solanum betaceum*) disponen de mayor cantidad de actividad antioxidantes que el tocoferol y el ácido ascórbico (Carrera & Novillo, 2022).

Mecanismo químico de acción de antioxidantes

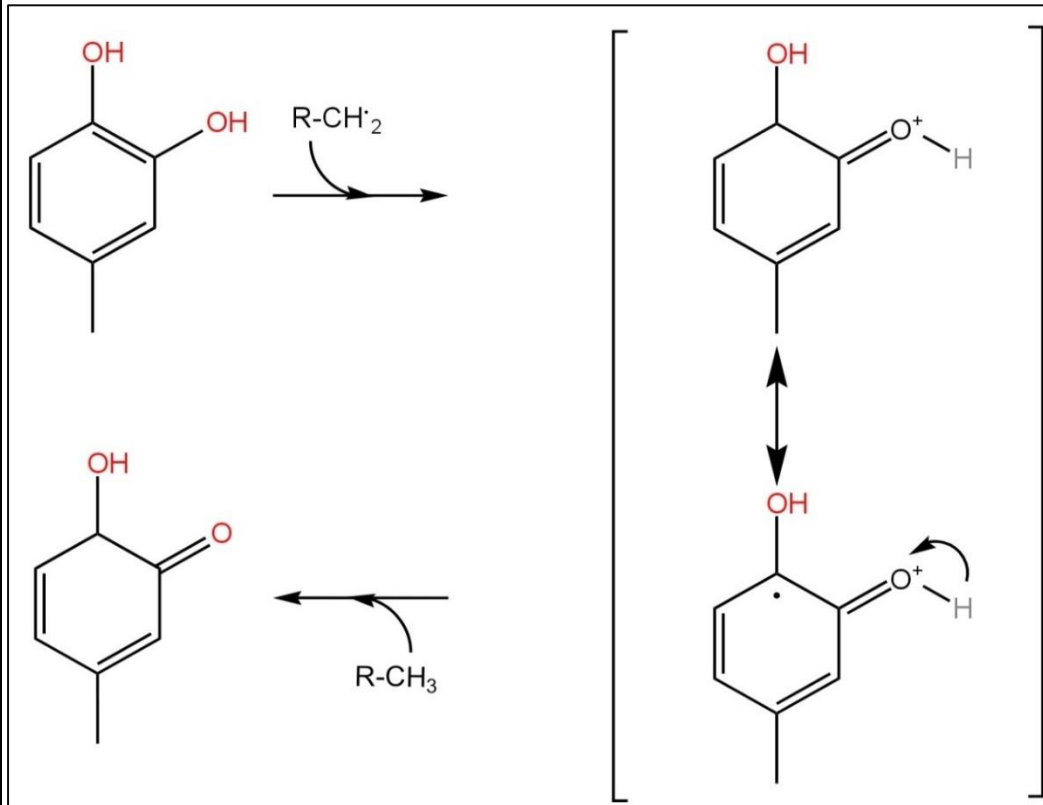


Figura 1. Mecanismo químico de la acción antioxidante de los polifenoles

Fuente: (Gordo, 2018)

Elaborado por: Las autoras, 2022.

3. Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en la Universidad Politécnica Salesiana en los laboratorios de Ciencias de la Vida ubicados en la Av. 12 de octubre y Wilson (0°12'29.8"S; 78°29'15.0"W).

Este estudio forma parte del proyecto CEPRA XIV tomate de árbol “Caracterización fisicoquímica, funcional y pruebas de bioactividad de dos ecotipos de tomate de árbol injerto y control (*Solanum betaceum* Cav.) a diferente índice de madurez. Por tal razón, este estudio parte de muestras liofilizadas de tomate de árbol ecotipo anaranjado gigante y morado gigante, obtenidas de la provincia de Tungurahua-Ecuador, cosechadas a diferentes altitudes (2280, 2184, 2171 y 2316 msnm), sin injerto e injertadas en *Nicotiana glauca*, cosechadas a diferentes estados de madurez IM1 (26 semanas de desarrollo vegetativo), IM2 (27 semanas de desarrollo vegetativo) y IM3 (28 semanas de desarrollo vegetativo) y cosechadas en dos temporadas (febrero a junio del 2020 y agosto a enero del 2021).

3.1. Análisis de compuestos fenólicos en tomate de árbol

Se pesó 10 mg aproximadamente de muestra liofilizada y se mezcló con 1 mL de metanol acidificado; la mezcla se agitó en un vórtex Velp Scientifica modelo F202A0173 (Velp, Italia) durante 10s a 15s, después en un ultrasonido Branson, 1510R-MTH Ultrasonic Cleaner (Espectrocrom, Ecuador) durante 3 minutos. La solución agitada se centrifugó en una microcentrífuga Labnet, C2400-B (Labnet biotécnica, USA) a 3°C durante 3 min y 13300 rpm, posteriormente, el sobrenadante fue separado y recolectado en otro tubo eppendorf. Este proceso se repitió dos veces más empleando 0,5mL de metanol acidificado (Coyago-Cruz, 2017).

La lectura de la absorbancia se realizó en un espectrofotómetro BioTek synergy H1 (BioTek, USA) a una longitud de onda de 750 nm, para lo cual se colocó 20uL de la solución extraída con 100uL de Folín (Sigma-Aldrich, Merck, Alemania) y se agitó durante 3 min en el agitador envuelto en aluminio, posteriormente se agregó 75uL de carbonato de sodio (Fisher, España) y se esperó 60 minutos para la lectura. La curva de calibración empleó soluciones de 0, 10, 20, 40, 60, 80, 90 y 100 mg/L de una solución madre de ácido gálico (Loba Chemie, India) tal como se presenta en la Tabla 2, esta solución fue leída tal como se señala para las muestras (Bobo-García et al., 2014).

Tabla 2. Modelo para preparación de la curva de calibración de ácido gálico

Ácido gálico	20uL	40uL	60uL	80uL	120uL	160uL	180uL	200uL
Agua destilada	980uL	960uL	940uL	920uL	860uL	840uL	820uL	800uL
Total	1000uL	1000uL	1000uL	1000uL	1000uL	1000uL	1000uL	1000uL

Elaborado por: Las autoras, 2022.

La concentración de los compuestos fenólicos fue calculada empleando la Ecuación 1.

$$TPC \left[mg \frac{GAE}{g} \right] = (C) \times \frac{V}{m} \times Fd$$

Ecuación 1

3.2. Análisis de actividad antioxidante

La determinación de actividad antioxidante se realizó siguiendo la metodología del ensayo de decoloración del radical 1-1-Difenil-2-Picrilhidrazilo (DPPH). Se pesó 20 mg aproximadamente de una muestra liofilizada que se mezcló con 1 mL de metanol grado HPLC Fisher (Novachem, Ecuador), esta mezcla fue agitada en un vórtex Velp Scientifica modelo F202A0173 (Velp, Italia) durante 10s a 15s y luego en un ultrasonido Branson, 1510R-MTH Ultrasonic Cleaner (Espectrocrom, Ecuador) durante 3 minutos; la fase orgánica fue separada por centrifugación con una microcentrífuga Labnet, C2400-B (Labnet biotécnica, USA) a 3°C, 13300 rpm por 3 min (Vinha et al., 2014).

Para el radical DPPH Sigma-Aldrich (Merck, Alemania) se pesó 10 mg de DPPH y se aforó con metanol grado HPLC a 50 mL, la absorbancia fue medida colocando 300 uL en la microplaca VWR Tissue culture plates 96 wells-F (Novachem, USA) a una longitud de onda de 560 nm. La curva de calibración fue preparada con 2 mg de ácido ascórbico Emsure (Merck, Alemania) aforado en 2mL de metanol grado HPLC Fisher (Novachem, Ecuador) (Bobo-García et al., 2014). El porcentaje de actividad antioxidante se calculó mediante la ecuación 2.

$$C_A = \left(\frac{C_C \times V \times D}{P_m} \right) \times 100$$

Ecuación 2

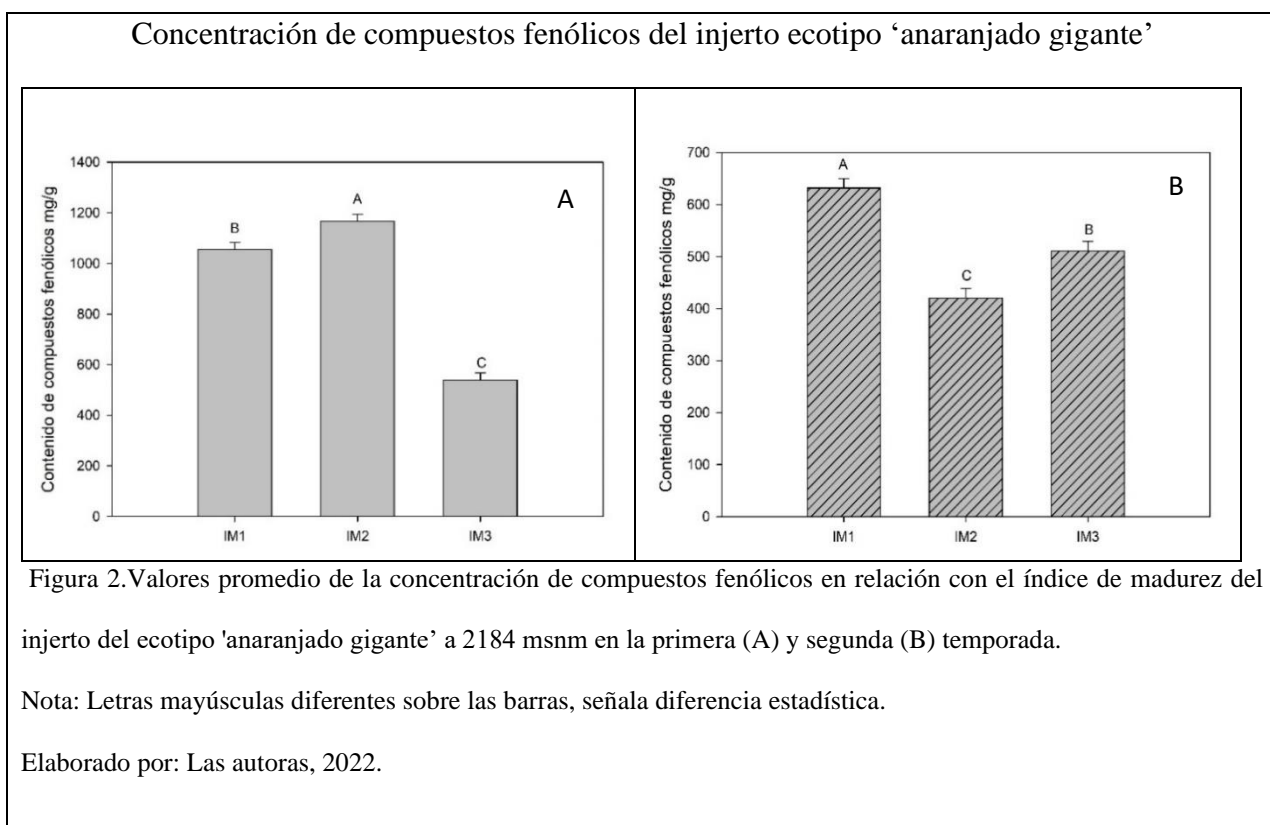
3.3. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizó un ANOVA simple empleando el programa INFOSTAT y las gráficas fueron realizadas en el programa SIGMAPLOT 12.0.

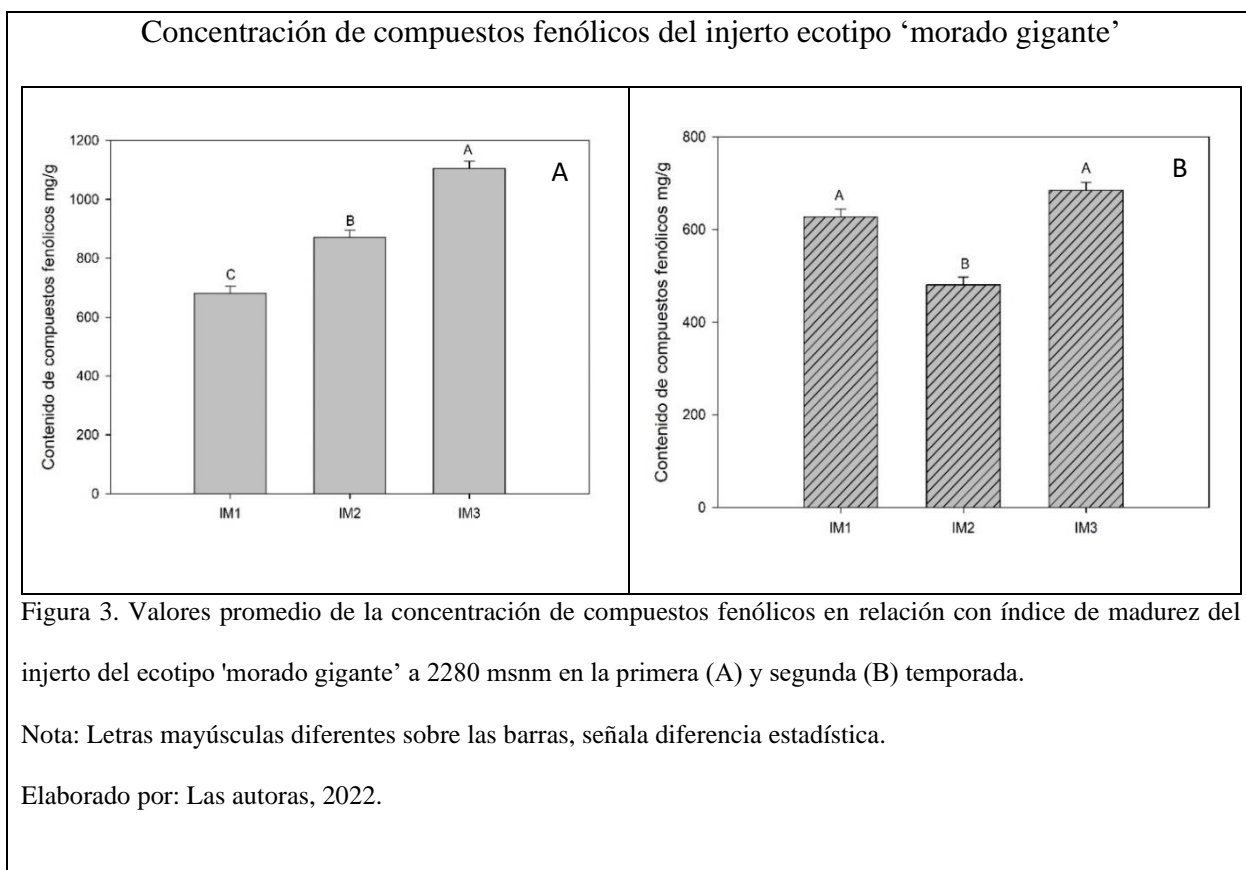
4. Resultados y discusión

4.1. Compuestos fenólicos

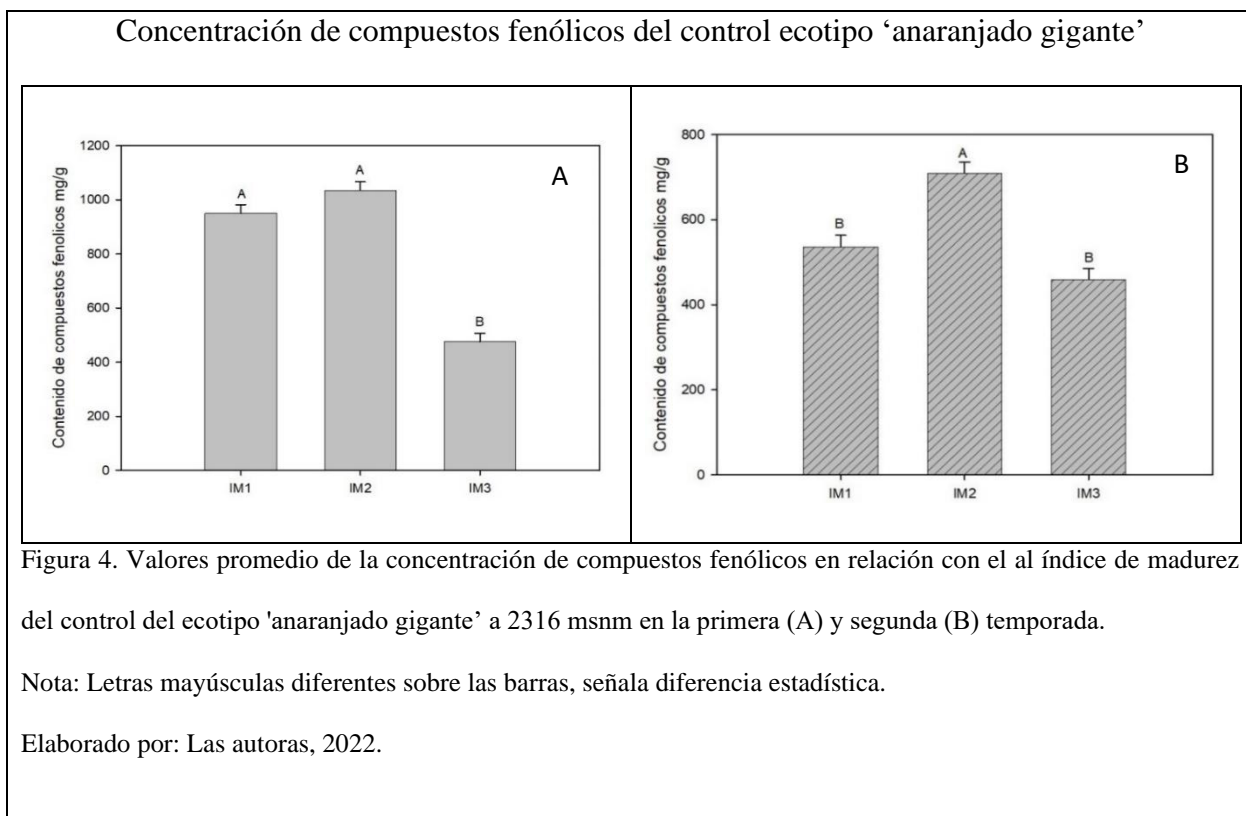
En la Figura 2 se muestra los valores promedio de la concentración de compuestos fenólicos en relación con el índice de madurez del injerto del ecotipo 'anaranjado gigante' a 2184 msnm en la primera (Figura 2-A) y segunda temporada (Figura 2-B). Los resultados señalan que una mayor concentración de compuestos fenólicos se obtuvo a un índice de madurez IM2 (1166,59 mg GAE/g PS) en la primera temporada (Figura 2-A), mientras que en la Figura 2-B los resultados indicaron una mayor concentración en el índice de madurez IM1 (632,15 mg GAE/g PS).



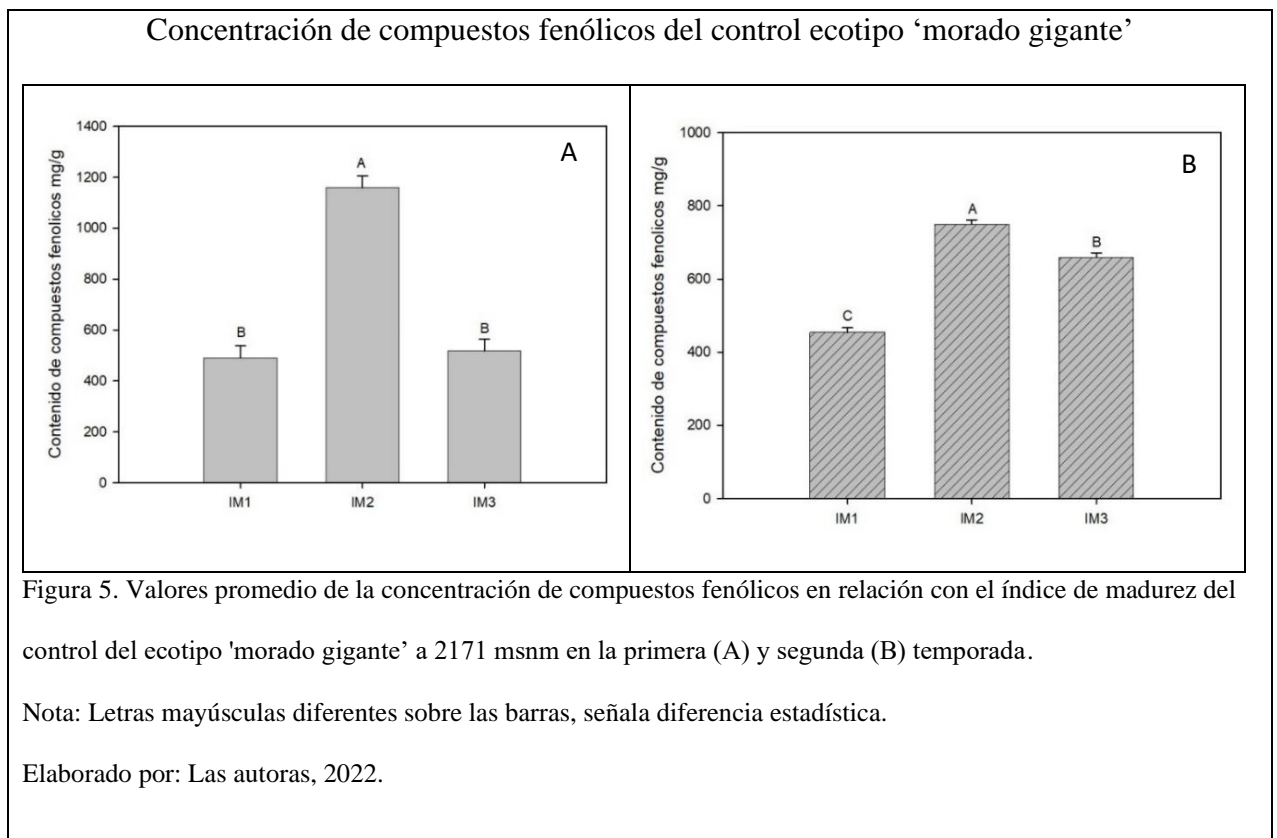
En la Figura 3 se muestra los valores promedio de la concentración de compuestos fenólicos en relación con el índice de madurez del injerto ecotipo 'morado gigante' a 2280 msnm en la primera (Figura 3-A) y segunda temporada (Figura 3-B). Los resultados demostraron una mayor concentración de compuestos fenólicos en el índice de madurez IM3 para las dos temporadas de estudio y IM1 en la primera temporada. Los resultados encontrados en este estudio guardaron cierta relación con otros estudios que mostraron una concentración de 846,95 mg GAE/g en cáscara de tomate de árbol (Muñoz et al., 2009), además con estudio en pulpa que mostraron un rango de entre 62,71 mg GAE/100g a 130mg GAE/100g (Rojas et al., 2017).



En la Figura 4 se muestra la concentración de compuestos fenólicos en función del índice de madurez del control del ecotipo 'anaranjado gigante' a 2316 msnm en la primera (Figura 4-A) y segunda (Figura 4-B) temporada. Los resultados indican una mayor concentración de compuestos fenólicos en el índice de madurez IM1 e IM2 en la primera temporada y en IM2 en la segunda temporada. Así, los datos encontrados en este estudio guardaron relación con los datos de otros autores quienes mostraron una concentración de compuestos fenólicos de 1062,77 mg GAE/g (Llerena et al., 2014) y fueron diferentes a otros estudios que presentaron una concentración de 104,99 mg GAE/g (Navarro et al., 2018). Estos resultados pudieron ser influenciados por las características de la zona de cultivo ya que la presente investigación junto con la de Llerena se desarrollaron en Ecuador, mientras que la de Navarro se realizó en Perú.



En la Figura 5 se muestra los valores promedio de la concentración de compuestos fenólicos en relación con el índice de madurez del control del ecotipo 'morado gigante' a 2171 msnm en la primera (Figura 5-A) y segunda (Figura 5-B) temporada. Los resultados reportaron una mayor concentración de compuestos fenólicos en el índice de madurez IM2 en la primera y segunda temporada. Los datos encontrados en este estudio difieren de otros estudios en una variedad morada con una concentración de 81 mg GAE/g (Vasco et al., 2008) y estudios en mesocarpio del fruto morado con una concentración de 43 a 54 mg GAE/g y endocarpio con una concentración entre 120 a 155 mg GAE/g (Cuesta et al., 2013).



4.2. Actividad antioxidante

En la Figura 6 se muestra los valores promedio de la concentración de actividad antioxidante en relación al índice de madurez del injerto del ecotipo 'anaranjado gigante' a 2184 msnm en la primera (A) y segunda (B) temporada. Los resultados mostraron que existió una mayor concentración de actividad antioxidante en el índice de madurez IM2 en las dos temporadas de estudio. Los resultados encontrados en este estudio resultaron diferentes a los valores reportados en otros estudios quienes mostraron un rango de entre 12,2 $\mu\text{mol/g}$ a 48,7 $\mu\text{mol/g}$ (Acosta-Quezada et al., 2015) y otro estudio en pulpa de tomate de árbol, con una concentración de 3,9811 $\mu\text{mol/g}$ (Rojas et al., 2017).

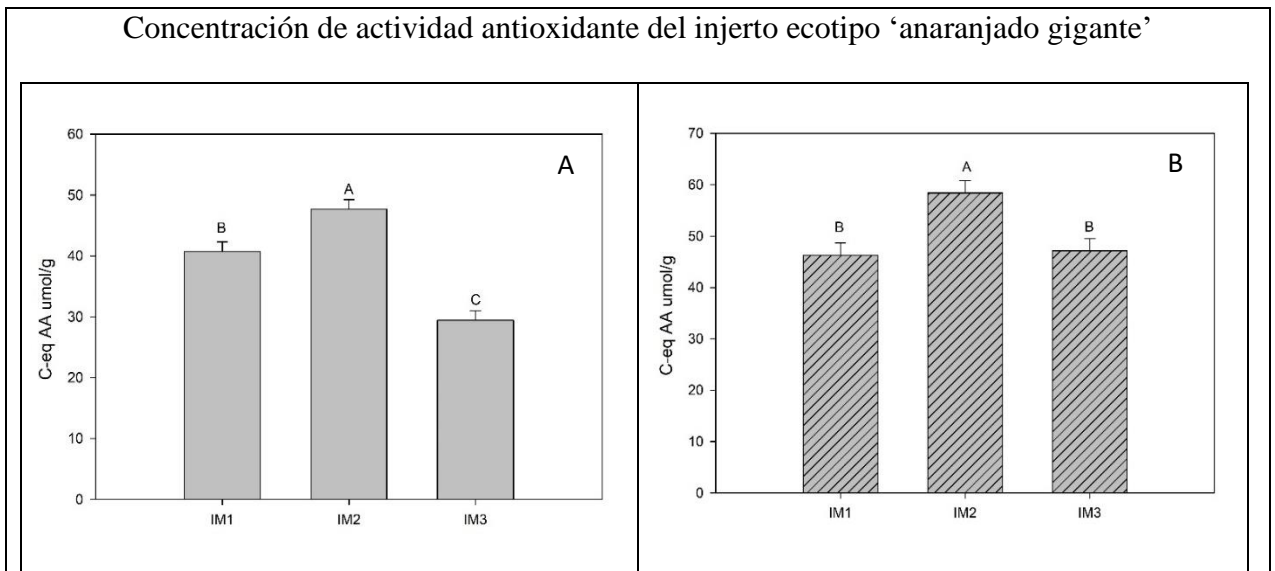
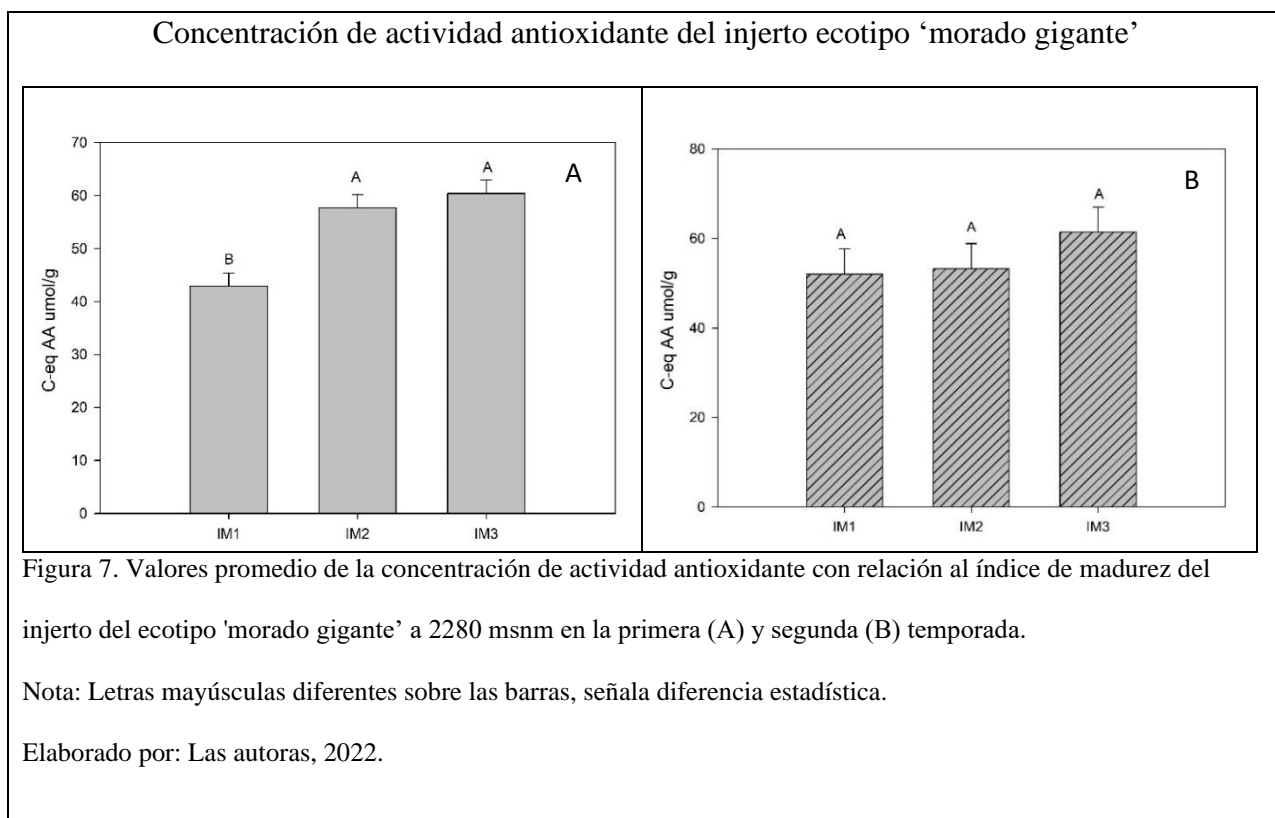


Figura 6. Valores promedio de la concentración de actividad antioxidante con relación al índice de madurez del injerto del ecotipo 'anaranjado gigante' a 2184 msnm en la primera (A) y segunda (B) temporada.

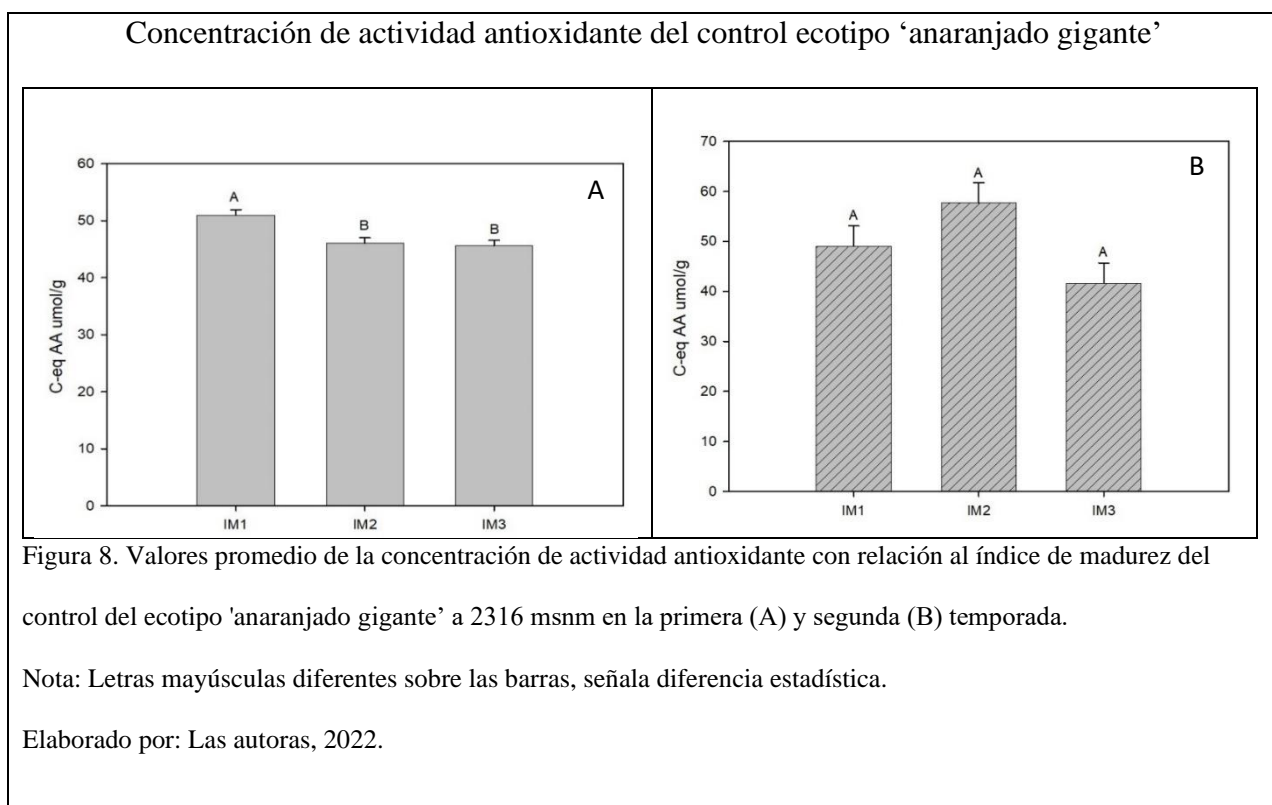
Nota: Letras mayúsculas diferentes sobre las barras, señala diferencia estadística.

Elaborado por: Las autoras, 2022.

En la Figura 7 se muestra los valores promedio de la concentración de actividad antioxidante con relación al índice de madurez del injerto del ecotipo 'morado gigante' a 2280 msnm en la primera (Figura 7-A) y segunda (Figura 7-B) temporada. Los resultados indican una mayor concentración de actividad antioxidante en el índice de madurez IM2 e IM3 en la primera temporada, mientras que en la segunda temporada los tres índices de madurez reportaron igualdad estadística. Así, los valores encontrados en este estudio guardaron relación con otros estudios que reportaron un rango de entre 43,18 a 959,1 $\mu\text{mol/g}$ (Kuskoski et al., 2005).



En la figura 8 se presentan los valores promedio de la concentración de actividad antioxidante con relación al índice de madurez del control del ecotipo 'anaranjado gigante' a 2316 msnm en la primera (A) y segunda (B) temporada. Los resultados mostraron una mayor concentración de actividad antioxidante en el índice de madurez IM1 con 50,98 $\mu\text{mol/g}$ en la primera temporada, mientras que en la segunda la concentración reportó igualdad estadística para todos los índices de madurez. Así, los resultados encontrados en este estudio fueron diferentes a los reportados en otros estudios quienes mostraron una actividad antioxidante de 2,6 $\mu\text{mol/g}$ en tomate de árbol anaranjado (Vasco et al., 2008).



En la Figura 9 se muestra los valores promedio de la concentración de actividad antioxidante con relación al índice de madurez del ecotipo 'morado gigante' a 2171 msnm en la primera (A) y segunda (B) temporada. Los resultados indican una mayor concentración de actividad antioxidante en el índice de madurez IM2 e IM3 en la primera temporada e igualdad estadística en la segunda temporada en los tres índices de madurez. Así, los resultados encontrados en este estudio difieren de los resultados reportados por otros autores que mostraron que el mesocarpio de la variedad morado tiene un rango de actividad antioxidante de 1,65 $\mu\text{mol/g}$ a 2,05 $\mu\text{mol/g}$ y el endocarpio un rango de 7,3 $\mu\text{mol/g}$ a 9,3 $\mu\text{mol/g}$ (Cuesta et al., 2013).

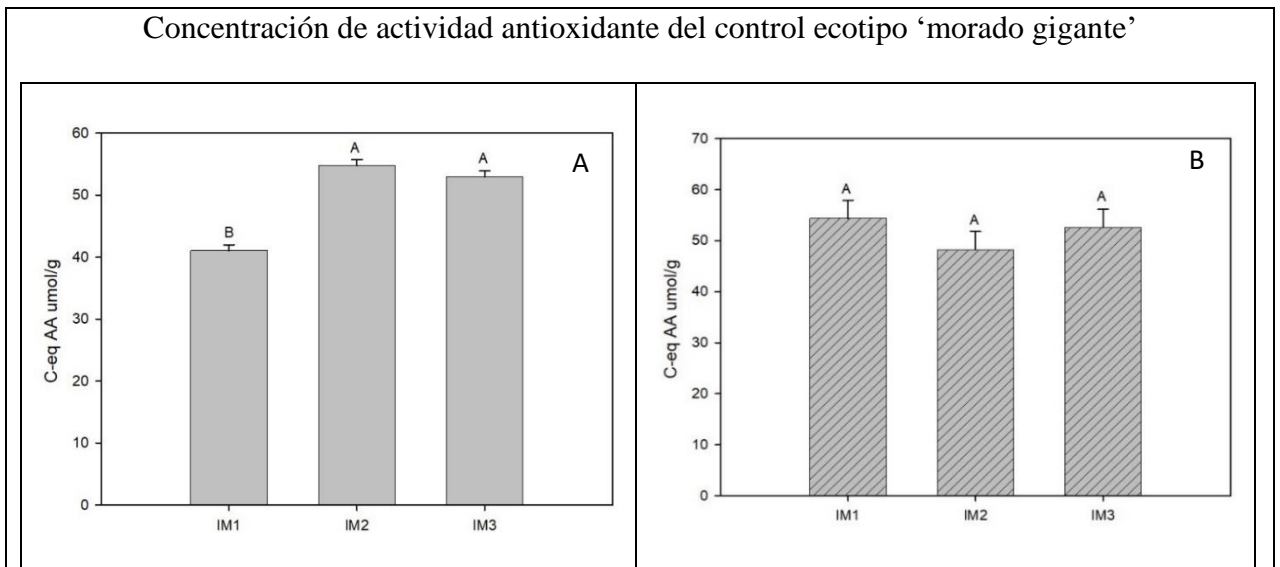


Figura 9. Valores promedio de la concentración de actividad antioxidante con relación al índice de madurez del control del ecotipo 'morado gigante' a 2171 msnm en la primera (A) y segunda (B) temporada.

Nota: Letras mayúsculas diferentes sobre las barras, señala diferencia estadística.

Elaborado por: Las autoras, 2022.

5. Conclusiones y recomendaciones

Se concluye que los compuestos fenólicos en la primera temporada reportaron las concentraciones más altas comparadas con la segunda temporada. Así, el índice de madurez en el ecotipo morado gigante en las dos temporadas de estudio en el IM3 (1106,34 mg EAG/g y 228,50 mg EAG/g, respectivamente) en injerto y IM2 en control (1159,2 mg EAG/g y 249,9 mg EAG/g, respectivamente) reportaron los mayores valores, a su vez, en el ecotipo anaranjado gigante en las dos temporadas de estudio en el IM1 en injerto (1081,9 mg EAG/g y 210,7 mg EAG/g, respectivamente) y IM2 en control (1034,9 mg EAG/g y 236,41 mg EAF/g, respectivamente).

Adicionalmente, se concluye que la actividad antioxidante reportó las mayores concentraciones en el ecotipo morado gigante injerto en el índice de madurez IM3 en las dos temporadas de estudio, mientras que en el ecotipo anaranjado gigante injerto en el índice de madurez IM2 en las dos temporadas de estudio.

Recomendaciones

Recomendamos el uso de este fruto como ingrediente funcional para productos de innovación nutraceútica y biomateriales. No existen estudios previos referentes al mismo tema de investigación por lo que se recomienda seguir evaluando la influencia de la altitud, ecotipo, portainjerto y el índice de madurez sobre los compuestos bioactivos y actividad antioxidante en tomate de árbol.

6. Bibliografía

- Acosta-Quezada, P., Raigón, M., Riofrío-Cuenca, T., García-Martínez, M., Plazas, M., Burneo, J., Figueroa, J., Vilanova, S., & Prohens, J. (2015). Diversity for chemical composition in a collection of different varietal types of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.), an Andean exotic fruit. *Food Chemistry*, *169*, 327–335.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.152>
- Acosta, G. (2011). *Caracterización morfológica y molecular de tomate de árbol*, *Solanum betaceum* Cav. (*Solanaceae*). 3. [https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Fruitiers/FICHES_ARBRES/Tamarillo_tomate_arbustive/Caracterización morfológica y molecular de tomate de árbol.pdf](https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Fruitiers/FICHES_ARBRES/Tamarillo_tomate_arbustive/Caracterización_morfológica_y_molecular_de_tomate_de_árbol.pdf)
- Agrocalidad. (2022). *Agrocalidad certificó el primero envío de tomate de árbol hacia Estados Unidos*. Agrocalidad. <https://www.agrocalidad.gob.ec/tomate-de-arbol/>
- Asmara, R. (2016). Compostos bioactivos e atividade antioxidante na pós-colheita do buriti em diferentes estádios de maturação. *Revista Brasileira de Ergonomia*, *3*(2), 80–91.
<https://www.infodesign.org.br/infodesign/article/view/355%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/731%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/269%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/106>
- Bernal, J. (2009). El tomate de árbol. In L. Calle (Ed.), *Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado* (Produmedio, pp. 91–100). CORPOICA.
<https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/35755/57040.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Bobo-García, G., Davidov-Pardo, G., Arroqui, C., Vírseda, P., Marín-Arroyo, M., & Navarro, M. (2014). Intra-laboratory validation of microplate methods for total phenolic content and antioxidant activity on polyphenolic extracts, and comparison with conventional spectrophotometric methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *95*(1), 204–209. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6706>
- Bohs, L. (1994). *Cyphomandra (Solanaceae)* (Vol. 63).
https://bohs.biology.utah.edu/PDFs/Bohs_1994_Cyphomandra.pdf
- Buono, S., Abdo, G., Hamity, V., Ansonaud, G., & Ferreyra, M. (2019). El tomate árbol de las yungas. Cultivo, potencialidades e importancia. In *Rwanda* (Vol. 24).
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_2019_final_web_isbn.pdf
- Carrera, P., & Novillo, F. (2022). Efecto de la cocción sobre la capacidad antioxidante del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). *Green World Journal*, *5*(1), 9.
<https://doi.org/10.53313/gwj51016>
- Castro, C., Díaz-Moreno, C., & Gutiérrez-Cortés, C. (2017). Probióticos y prebióticos en matrices de origen vegetal: Avances en el desarrollo de bebidas y frutas. *Revista Chilena de Nutricion*, *44*, 384–392.
- Conforme, G. (2019). *Efecto del tiempo de escalado y fajilla termoformable sobre el pardeamiento de salsa picante del tomate de árbol (Cyphomandra betacea Cav)*. 37.
- Cornejo-Franco, J., Alvarez-Quinto, R., Grinstead, S., Mollov, D., Karasev, A., Ochoa, J., & Quito-Avila, D. (2019). A New tymovirus isolated from *Solanum quitoense*: Characterization and prevalence in two solanaceous crops in Ecuador. *Plant Disease*, *103*(9), 2246–2251. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-19-0113-RE>

- Corrales, J., & Silva, M. (2020). Evaluación de la estabilidad de probióticos LactoSpore® en pulpa de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) variedad amarillo común, deshidratada por ventana refractiva. @limentech, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 18(1), 34–42.
https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/File/4149/2634
- Coyago-Cruz, E. (2017). *Estudio sobre el contenido en carotenoides y compuestos fenólicos de tomates y flores en el contexto de la alimentación funcional*. 1–238.
<https://idus.us.es/handle/11441/77389>
- Cuesta, L., Andrade, M., Moreno, C., & Concellón, A. (2013). Contenido de compuestos antioxidantes en tres estados de maduración de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) cultivado a diferentes alturas (m.s.n.m.). *Enfoque UTE*, 4(1), 32–49. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v4n1.23>
- Da Rosa, G. (2019). *Agentes antimicrobianos naturales: compuestos fenólicos y péptidos de la flora uruguaya*. 1–172.
- Diep, T., Pook, C., Rush, E., & Yoo, M. (2020). Quantification of carotenoids, α -tocopherol, and ascorbic acid in amber, mulligan, and laird's large cultivars of New Zealand tamarillos (*Solanum betaceum* Cav.). *Foods*, 9(6), 1–16.
<https://doi.org/10.3390/foods9060769>
- Fonseca, J., Castañeda, A., Escarraga, J., & Cubillos, D. (2019). Caracterización de enfermedades fitopatógenas en el cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en la finca El Reposo en el municipio Facatativá, Cundinamarca. *Ciencias Agropecuarias*, 5(1), 24–31. <https://doi.org/10.36436/24223484.192>
- González-Barraza, L., Díaz-Godínez, R., & Castillo-Guevara, C. (2017). Phenolic

- compounds: presence, identification and antioxidant activity in plants and fruits. *Mexican Journal of Biotechnology*, 2(1), 46–64.
- Gordo, D. (2018). Los compuestos fenólicos, un acercamiento a su biosíntesis, síntesis y actividad biológica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 81–104. <https://doi.org/10.22490/21456453.1968>
- Kolton, A., Olga, D., Wojciechowska, R., & Czaja, M. (2022). *Scientia horticulturae biosynthesis regulation of folates and phenols in plants*. 291(May 2021).
- Kuskoski, E., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciencia y Tecnología de Los Alimentos*, 25(4), 726–732. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612005000400016>
- Lagos, T., Benavides, C., Paredes, R., & Lagos, L. (2011). *Distribución del tomate de árbol Cyphomandra betacea (Cav.) Sendt. y caracterización eco-climática en las zonas del cultivo de Nariño*. 5(1), 11–19. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/download/1249/1245/
- Llerena, W., Samaniego, I., Ramos, M., & Brito, B. (2014). Caracterización físico-química y funcional de seis frutas tropicales y andinas ecuatorianas. *Alimentos Ciencia e Ingeniería*. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Martínez-Alemán, S., Hernández-Castillo, F., Aguilar-González, C., & Rodríguez-Herrera, R. (2018). Extractos de pulpa de café: una revisión sobre antioxidantes polifenólicos y su actividad antimicrobiana. *Investigación y Ciencia*, 27(77), 73–79. <http://orcid.org/0000-0001-6697-4746>;

- Márquez, C., Otero, C., Rojano, B., & Osorio, J. (2014). Actividad antioxidante y concentración de compuestos fenólicos del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en poscosecha. *Temas Agrarios*, 19(2), 173–184.
<https://doi.org/10.21897/rta.v19i2.732>
- Masgo, F., León, J., Poma, E., Caseres, M., & Osorio, A. (2009). Revista de la sociedad química del Perú. *Revista de de La Sociedad Quimica Del Peru*, 75, 266.
https://www.researchgate.net/profile/Abel-Navarro/publication/262428296_Aplicaciones_ambientales_de_la_adsorcion_mediante_biopolimeros_naturales_parte_1-Compuestos_fenolicos/links/604783a6a6fdcc9c78234e5c/Aplicaciones-ambientales-de-la-adsorcion-mediante-
- Meza, N., & Manzano, J. (2009). *Características del fruto de tomate de árbol (Cyphomandra betaceae [Cav.] Sendtn) basadas en la coloración del arilo, en la Zona Andina Venezolana*. 9(2), 289–294.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3308209.pdf>
- Moreno-Miranda, C., Molina, J., Ortiz, J., Peñafiel, C., & Moreno, R. (2020). The value chain of tree tomato (*Solanum betaceum*) network in Ecuador. *Agronomy Mesoamerican*, 31(1), 13–29. <https://doi.org/10.15517/AM.V31I1.36887>
- Mosquera, J. (2020). *Respuesta fisiológica del tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.) a diferentes regímenes hídricos y niveles de fertilizante, en un suelo andisol del departamento de Nariño*.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/78719/12973822.2020.pdf?sequence=1>
- Muñoz, A., Ramos-Escudero, F., Ortiz, C., Castañeda, B., & Lizaraso, F. (2009).

- Evaluación de compuestos con actividad biológica en cáscara de camu camu (*Myrciaria dubia*), guinda (*Prenus serotina*), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) y carambola (*Averrhoa carambola* L.) cultivadas en Perú. *Rev Soc Quím Perú. Rev Soc Quím Perú*, 75(754), 431–438.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v75n4/a05v75n4.pdf>
- Navarro, A., Guzmán, D., & Gonzales, E. (2018). Influencia de las zonas de crecimiento en la composición físico química del fruto de *Solanum betaceum* Cav. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 84(1), 68–76.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2018000100007&script=sci_abstract&tlng=es
- Portela, S. (1999). *Fisiología y manejo de postcosecha del tamarillo* (*Cyphomandra betacea*). 4(1), 33–43. <https://www.huertasurbanas.com/wp-content/uploads/2013/06/Fisiología-y-manejo-de-postcosecha-del-tamarillo.pdf>
- Rabanal-Atalaya, M., & Medina-Hoyos, A. (2021). Analysis of anthocyanins in the purple corn (*Zea mays* L.) from Peru and its antioxidant properties. *Terra Latinoamericana*, 39, 1–12. <https://doi.org/10.28940/TERRA.V39I0.808>
- Rodríguez, D. (2020). *Compuestos fenólicos en residuos agroforestales : Una revisión de técnicas de extracción y fuentes disponibles*.
- Rohilla, S., & Mahanta, C. (2021). Optimization of extraction conditions for ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from tamarillo fruit (*Solanum betaceum*) using response surface methodology. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(2), 1763–1773. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00751-3>
- Rojas, D., Repo de Carrasco, R., & Encina, C. (2017). Determinación de la máxima

- retención de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el néctar de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 83(2), 174–186. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v83i2.195>
- Salazar-Lugo, R., Tamami, D., Moreno, J., & Barahona, A. (2017). *Efecto modulador del consumo de jugo de tomate de árbol (C. Betacea) sobre las concentraciones de metales esenciales (Cu, Zn y Mg) en un grupo de voluntarios*. <http://revistasojs.utn.edu.ec/index.php/lauinvestiga/article/download/253/243>
- Sistema de Información Pública Agropecuaria. (2020). *Cifras agroproductivas*. SIPA. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Soriano, A. (2020). *Ácidos fenólicos como agentes antibacterianos en el desarrollo de materiales activos para el envasado de alimentos*. 21.
- Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111(4), 816–823. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.054>
- Viera, W., Viteri, P., Martínez, A., Castillo, C., & Peñaherrera, D. (2021). *Guía para el conocimiento de la punta morada en Tomate de Árbol (Solanum betaceum cav.) y alternativas para un manejo integrado*. 15–17. [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5762/1/Guía de punta morada de tomate de árbol.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5762/1/Guía%20de%20punta%20morada%20de%20tomate%20de%20arbol.pdf)
- Villares, M., Sánchez, J., Viera, W., Soria, N., Sotomayor, A., Yanez, A., Yanez, D., & Martínez, O. (2018). Caracterización morfológica de frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) de una población segregante. *Revista de Investigación Talentos*, 5(1), 9–19. https://www.researchgate.net/profile/William-Viera/publication/331233603_CHARACTERIZACION_MORFOLOGICA_DE_FR

UTOS_DE_TOMATE_DE_ARBOL_Solanum_betaceum_Cav_DE_UNA_POBLACION_SEGREGANTE/links/5c6d99e1a6fdcc404ec17f97/CARACTERIZACION-MORFOLOGICA-DE-FRUTOS-DE-TOMA

Vinha, A., Barreira, S., Costa, A., Alves, R., & Oliveira, M. (2014). Organic versus conventional tomatoes: Influence on physicochemical parameters, bioactive compounds and sensorial attributes. *Food and Chemical Toxicology*, 67, 139–144. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.02.018>

Zimmermann, C., & Wagner, A. (2021). Impact of Food-Derived Bioactive Compounds on Intestinal Immunity. *MDPI*, 11, 1–19. https://mdpi-res.com/d_attachment/biomolecules/biomolecules-11-01901/article_deploy/biomolecules-11-01901-v2.pdf?version=1640067496