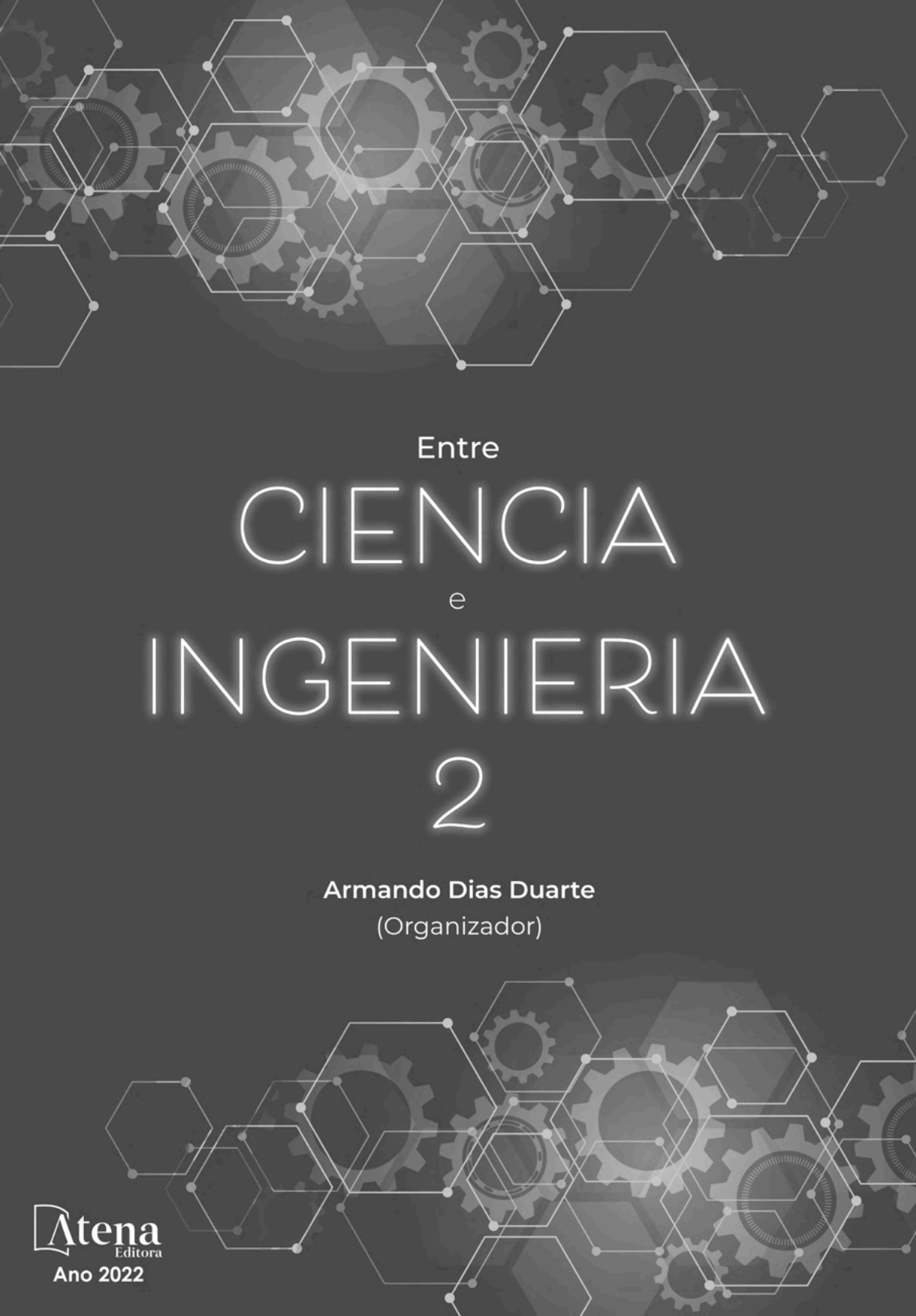
The background of the cover is a vibrant blue gradient. It is decorated with a complex pattern of glowing green and cyan lines forming hexagons and interconnected gears. The gears vary in size and are scattered across the top and bottom of the page, creating a sense of mechanical precision and technological advancement.

Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA  
2

**Armando Dias Duarte**  
(Organizador)



Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA  
2

Armando Dias Duarte  
(Organizador)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



**Diagramação:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Armando Dias Duarte

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E61 Entre ciencia e ingenieria 2 / Organizador Armando Dias Duarte. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0259-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.596222405>

1. Ciencia. 2. Ingenieria. I. Duarte, Armando Dias (Organizador). II. Título.

CDD 501

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

O conjunto de trabalhos intitulado “*Ciencia e Ingenieria 2*” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de diversos trabalhos que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar, pesquisas cujos resultados possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no profissional.

Os trabalhos desenvolvidos foram realizados em instituições de ensino e pesquisa no México, e nos capítulos apresentados, são encontrados estudos de grande valia com temas que relacionam os recursos hídricos, ferramentas que auxiliam nos aspectos da gestão, discussões a respeito do processo de ensino e aprendizagem, segurança e empreendedorismo.

A composição dos temas buscou a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos (as), mestres (as) e todos (as) aqueles (as) que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia Civil, através de temáticas atuais com resoluções inovadoras, descritas nos capítulos da coleção. Sendo assim, a divulgação científica é apresentada com grande importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, como a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os novos pesquisadores e os que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulgarem seus resultados.

Armando Dias Duarte



## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

CULTURAS DEL AGUA. REFLEXIONES DESDE LA INTERCULTURALIDAD, CUENCA Y SOCIO-ECOSISTEMA

Alejandro Sainz Zamora

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5962224051>


### **CAPÍTULO 2..... 13**

PLANIFICACIÓN BASADA EN EL SERVICIO ECOSISTEMICO HÍDRICO ANTE LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN HIDROGRÁFICA DEL ESTERO JALTEPEQUE, EL SALVADOR

Laura Benegas Negri

Marta Vilades Ribera

Ney Rios Ramirez


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5962224052>

### **CAPÍTULO 3..... 24**

RESPUESTA HIDRÁULICA Y MECÁNICA EN UNA TURBOMÁQUINA Y SU RELACIÓN CON FENÓMENOS SUBSINCRÓNICOS

Hernán Darío Bolaños-Arias

Francisco Javier Botero-Herrera

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5962224053>


### **CAPÍTULO 4..... 37**

CÓDIGOS DE ÉTICA Y CONDUCTA, HERRAMIENTAS FUNDAMENTALES PARA LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA MUNICIPAL

Teresa Reyes Zepeda

Mónica Leticia Acosta-Miranda

Esmeralda Gutiérrez López

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5962224054>


### **CAPÍTULO 5..... 49**

LAS TICS Y SU RELACIÓN CON LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE

Carlos Ernesto Gavilondo Rodríguez.

Angiemarie Rivera.

Exi Resto de León

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5962224055>


### **CAPÍTULO 6..... 58**

DESARROLLANDO COMPETENCIAS DIGITALES DOCENTES EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CAMPECHE: FORMACIÓN DEL PROFESOR 2.0

María Alejandra Sarmiento Bojórquez

Mayte Cadena González


Juan Fernando Casanova Rosado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5962224056>

**CAPÍTULO 7..... 74**

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO ESCOLAR MODALIDAD VIRTUAL Y PRESENCIAL EN LA UNIDAD DE APRENDIZAJE DE FÍSICA BÁSICA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CAMPECHE


Mayté Cadena González  
María Alejandra Sarmiento Bojórquez  
Juan Fernando Casanova Rosado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5962224057>

**CAPÍTULO 8..... 88**

LA MODELACIÓN MATEMÁTICA COMO UN RESULTADO DE APRENDIZAJE TRANSVERSAL EN EL PROCESO FORMATIVO DEL INGENIERO


Vicente Sandoval Rojas  
Emilo Cariaga López  
Valeria Carrasco Zúñiga  
Soledad Yáñez Arriagada  
Ciro González Mallo  
Héctor Iturra Chico

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5962224058>

**CAPÍTULO 9..... 99**

RESULTADOS DE APRENDIZAJE EN CURSOS DE CIENCIAS BASICAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UCTEMUCO CONTRIBUYENDO A LA OPTIMIZACION DEL PROCESO FORMATIVO


Carmen Soledad Yáñez  
Valeria Carrasco  
Vicente Sandoval  
Ciro González  
Héctor Turra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5962224059>

**CAPÍTULO 10..... 110**

EFFECTO DE LA TÉCNICA DE DESHIDRATACIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE *Tropaeolum tuberosum*


Tamara Fukalova  
Villacrés Poveda Elena  
Alemán Reyes Julissa  
Almeida Shapán Rita

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.59622240510>

**CAPÍTULO 11..... 126**

BIOTRATAMIENTO DE SUELO CONTAMINADO POR ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ: UN RESIDUO PELIGROSO

Blanca Celeste Saucedo Martínez  
Liliana Márquez Benavides  
Gustavo Santoyo  
Juan Manuel Sánchez-Yáñez


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.59622240511>

**CAPÍTULO 12..... 135**

IDENTIFICACIÓN DEL RAQUIS DE MAÍZ COMO MATERIAL ADSORBENTE DE HIDROCARBUROS

Cesar Luis Redonda Deceano

David Reyes González

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.59622240512>

**CAPÍTULO 13..... 143**

CARACTERIZACIÓN Y DESEMPEÑO EN RETARDANCIA A LA FLAMA DE MEZCLAS PE/EVA CON COMBINACIONES DE Mg(OH)<sub>2</sub>, KERATINA Y AGENTE INTUMESCENTE (ADN)


Saúl Sánchez valdes

J. Alvite-Ortega

E. Ramirez-Vargas

L.F. Ramos deValle


J.G. Martínez-Colunga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.59622240513>

**CAPÍTULO 14..... 159**

EMPRENDIENDO

Javier Darío Canabal Guzmán

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.59622240514>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 177**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 178**

## EFEECTO DE LA TÉCNICA DE DESHIDRATACIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE *Tropaeolum tuberosum*

Data de aceite: 01/05/2022

Data de submissão: 25/04/2022

### Tamara Fukalova

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador  
Quito-Ecuador  
ORCID: 0000-0001-9547-0002

### Villacrés Poveda Elena

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina Ecuador  
ORCID: 0000-0001-9660-5845

### Alemán Reyes Julissa

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador  
Quito-Ecuador  
ORCID: 0000-0002-6115-8472

### Almeida Shapán Rita

Consultora Independiente  
Quito-Ecuador  
ORCID: 0000-0002-1281-1316

**RESUMEN:** Los tubérculos andinos son nutritivos y aportan compuestos bioactivos, Uno de estos tubérculos es mashua que está desvalorizada y en vías de extinción. Por esta razón, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos técnicas de deshidratación sobre el contenido de carotenoides totales y  $\beta$ -caroteno de cuatro variedades de mashua. La deshidratación redujo el contenido de humedad en todas las variedades, mostrando que el mejor

método es la liofilización que ayudó a reducir la humedad desde 88,7% hasta 5,13%, mientras que mediante secado en bandeja, la humedad se redujo hasta 8,80%. Concomitantemente la concentración de carotenoides fue mayor en muestras liofilizadas que las secadas en bandeja, lo que también dependió del genotipo. El valor máximo ( $40.89 \pm 0.24 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) correspondió al genotipo ECU-8788, mientras que el valor mínimo ( $5.18 \pm 0.04 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) se registró en ECU-1107. La concentración de b-caroteno no fue afectada por la técnica de deshidratación, obteniendo concentraciones similares con las dos técnicas. El valor máximo fue para ECU 8788 con  $1959.24 \pm 68.48 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  (secado en bandeja) y  $1906.83 \pm 29.38 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  (liofilizado). El estudio permite concluir que la mashua deshidratada por liofilización es una fuente promisoría de carotenoides totales.

**PALABRAS CLAVES:** b-caroteno, carotenoides, deshidratación, tuberculo mashua, valor nutritivo

### DEHYDRATION SYSTEM EFFECT ON THE CONTENT OF BIOACTIVE COMPOUNDS OF *Tropaeolum tuberosum*

**ABSTRACT:** Andean tubers are highly nutritious and contribute bioactive compounds. One of these tubers is mashua, that is devalued and in danger of extinction. For this reason, the objective of this study was to evaluate two dehydration techniques effect on the total carotenoid content and b-carotene of four mashua varieties. The moisture content reduced by dehydration in all varieties, showing that the best method is lyophilization that reduce humidity from 88.7% to 5.13%, while by tray drying, humidity was reduce to 8.80 %.

Concomitantly, the concentration of carotenoids was higher in lyophilized samples than in tray-dried samples, that also depended of genotype. The maximum value was  $40.89 \pm 0.24 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  in genotype ECU 8788, while the minimum value  $5.18 \pm 0.04 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  was recorded in ECU 1107. The b-carotene concentration was not affected by the dehydration technique, obtaining similar concentrations with the two techniques. The maximum value was for ECU 8788 with  $1959.24 \pm 68.48 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  (tray drying) and  $1906.83 \pm 29.38 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  (lyophilized). The study concludes that mashua dehydrated by lyophilization is a promising source of total carotenoids.

**KEYWORDS:** b-carotene, carotenoids, dehydration, mashua tubercle, nutritional value

## 1 | INTRODUCCIÓN

De acuerdo con *The Six Pillars of Food Sovereignty, developed at Nyéléni* (Food Secure Canada, 2007), uno de los seis pilares plasma que la comida es algo mas que una mercancía. Sin el derecho a la alimentación no puede asegurarse la vida, ni la dignidad humana. Para consolidar estos derechos básicos durante las últimas décadas, FAO fomenta la soberanía y seguridad alimentaria (FAO, 2020). Esta situación ha impulsado promover activamente la producción y la productividad de los alimentos a fin de enfrentar la demanda futura, sustentando el desarrollo de la producción y consumo de alimentos regionales, que garanticen una alimentación nutritiva y segura.

Las virtudes de las dietas ancestrales de algunos pueblos se han investigado sobradamente sobre todo las que presentan bajas incidencias de algunas patologías. Sin embargo, aún no se conoce el impacto en la salud humana de las dietas que consumen alimentos andinos poco extendidos en el mundo occidental. Este es el caso de Ecuador (Guil Guerrero, 2015) donde, como en otros países de la región, existen productos andinos altamente nutritivos y culturalmente apropiados. Entre estos, se encuentran los tubérculos andinos como mashua, zanahoria blanca, melloco y otros.

El tubérculo *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón (mashua) es originario de los Andes centrales y su mayor concentración se ubica en los países como Colombia, Bolivia, Perú y Ecuador. Pertenece a la familia *Tropaeolaceae* y es el cuarto tubérculo de mayor importancia de la región andina (Quishpe *et al.*, 2015). La producción de alimentos a base de este es escasa, a pesar de su alta rentabilidad de rendimiento que llega hasta un 70% por hectárea (Campos *et al.*, 2006).

La falta de apoyo a los productores comunitarios por parte de autoridades y gobiernos no ha estimulado aprovechar de mejor manera estos recursos, lo que determina poco interés por parte de los agricultores en el cultivo y la explotación comercial de sus cultivos. Otra de las desventajas que influye en la desvalorización y olvido de los cultivos de mashua, es la falta de conocimiento de sus bondades en cuanto a las propiedades como fitoalimento y fitonutriente, lo que genera poca demanda urbana del producto. No obstante, desde la época de los incas, el tubérculo ha sido utilizado como alimento y medicina en

el tratamiento de enfermedades del tracto urinario, enfermedades de próstata y diabetes (Valle-Parra M. *et al.*, 2018).

A pesar de ser un cultivo con propiedades nutricionales y potenciales propiedades medicinales, en Ecuador su producción se encuentra en descenso, sobre todo las variedades amarilla y morada (Barrera *et al.*, 2004). Por el contrario, en Colombia, el tubérculo de mashua y sus productos han encontrado mejores nichos de mercado (Surco, 2004). Entre los compuestos bioactivos, en el tubérculo destacan los carotenoides (Espín *et al.*, 2004). Estos compuestos pueden actuar como precursores de vitamina A y antioxidantes que aportan diversos beneficios a la salud humana. Según lo citado en el documento “Normas, protocolos y consejería para la suplementación con micronutrientes en Ecuador”, el déficit de vitamina A es un problema de salud pública que afecta fundamentalmente a los países en desarrollo entre los que está incluido Ecuador (MSP, 2011). La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT, 2018) menciona que el 89.4 % de la población nacional presenta un consumo inadecuado de vitamina A, en relación con las recomendaciones. Quito y las áreas rurales de la Amazonía y la Sierra presentan las prevalencias más altas de consumos inadecuados de vitamina A (92.8%, 92.9% y 92.3%) en comparación con el resto de subregiones del país. El tubérculo *T. tuberosum* como patrimonio del agro alto andino contiene un valor significativo de estos compuestos (Guevarra-Freire *et al.*, 2018).

La disminución de la producción, acompañada de la falta de estudios relacionados con las bondades del tubérculo mashua, como una fuente promisoría de compuestos nutricionales y bioactivos, ha inducido a realizar este estudio, buscando indirectamente aumentar el interés de la población y su frecuencia de consumo a través de su aprovechamiento en forma deshidratada, con una mayor concentración de fitonutrientes y durabilidad.

El objetivo de este estudio fue identificar el método óptimo de deshidratación y la variedad con mayor contenido de carotenoides totales y dentro de ese grupo el  $\beta$ -caroteno.

## 2 | METODOLOGÍA

### 2.1 Material

Se utilizaron los siguientes genotipos de mashua: ECU-8768, ECU-1144, ECU-8552, ECU-1107, los cuales fueron proporcionados por el Departamento de Recursos Fitogenéticos de la Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Las diferencias más representativas entre variedades fueron sus características organolépticas, con énfasis en el color y la forma, como se muestra en la Figura 1.

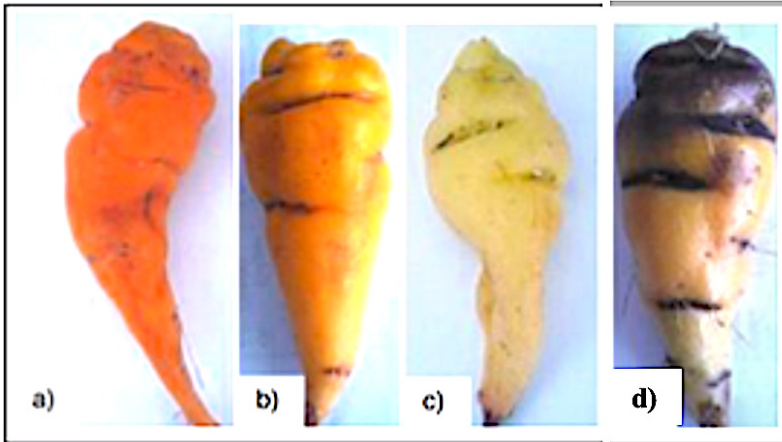


Figura 1. genotipos de mashua en Ecuador (Fuente: Paucar, tesis UTE 2014)

- a) ECU- 8768: amarillo intenso; b) ECU- 1144: verde parcialmente amarillo intenso;  
 c) ECU- 8552: blanco parcialmente pálido; d) ECU- 1107: totalmente morado

## 2.2 Preparación de muestras

Los tubérculos fueron lavados, troceados (grosor 2-4 mm) y sometidos a dos procesos de deshidratación: 1) liofilización a  $-40^{\circ}\text{C}$  y presión absoluta  $-0,7$  bares en el equipo (Labconco 77540, Kansas, USA), durante 4 días, previa criocongelación a  $-80^{\circ}\text{C}$ ; 2) secado en estufa eléctrica (Labolan HS-122A), con corriente de aire circulante, a una temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$  durante 6 horas.

Las muestras secas se pulverizaron en un molino automático Cuicinar modelo DCG-20N, a un tamaño de partícula  $355\ \mu\text{m}$ . Una vez homogenizadas las muestras se almacenaron en frascos de polietileno totalmente herméticos a  $7^{\circ}\text{C}$ , hasta el momento de los análisis respectivos.

## 2.3 Humedad residual

El porcentaje de humedad fue determinado por el método oficial 925.10 (AOAC, 2003) que se basa en la pérdida de peso bajo condiciones específicas. Las determinaciones se hicieron por triplicado.

## 2.4 Extracciones

Una vez concluidos los procesos de deshidratación y de verificación de los métodos analíticos a aplicar, se procedió a la extracción sólido-líquido, cuyo rendimiento depende del tamaño de las partículas, solvente a utilizar y su proporción (Acacio-Chirino *et al.*, 2013), posteriormente se realizó la cuantificación de las concentraciones de carotenoides totales y de b-caroteno.

Se pesó aproximadamente 6-8 g de muestra homogeneizada, se añadió 40 mL de acetona (EMSURE<sup>®</sup>) a 4° C, se agitó en un agitador eléctrico (THERMO SCIENTIFIC), por 2 minutos y se filtró. El procedimiento se repitió tres veces. La extracción de carotenoides se realizó con 30 mL de éter de petróleo, más el filtrado obtenido y 200 mL agua destilada. El conjunto se dejó en reposo para facilitar la separación de fases, se descartó la fase acuosa. El extracto lipídico se lavó con solución al 1% p/v de cloruro de sodio (FISHER SCIENTIFIC). Se dejó en reposo para la separación de fases y se descartó la fase acuosa. Una porción del extracto apolar se saponificó con solución al 20% p/v de KOH (EMSURE<sup>®</sup>) en presencia de BHT (FISHER SCIENTIFIC), se agitó el conjunto durante tres horas. Se dejó reposar y se descartó la fase acuosa. La fase orgánica fue desecada con sulfato de sodio anhidro (FISHER SCIENTIFIC). Finalmente se aforó con éter de petróleo (EMSURE<sup>®</sup>).

## 2.5 Métodos analíticos

La cuantificación de carotenoides totales y de beta caroteno ( $\beta$ -caroteno) se realizó con seis repeticiones. Carotenoides totales se analizaron en un espectrofotómetro (Thermo Scientific Evolution™ 201 UV-Visible Spectrophotometers) a una longitud de onda 350-550 nm y 23° C de temperatura. Los resultados se expresaron en miligramos por 100 gramos de peso seco ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$  ps).

b-caroteno se determinó en un sistema UHPLC (Thermo Scientific™ Dionex™ UltiMate 3000) con detector de matriz de diodos (UltiMate 3000 Diode Array) con las siguientes condiciones operativas: columna cromatografía XTERRA® MS C18 5  $\mu\text{m}$ -3,5x150 mm (WATERS); temperatura 30° C; flujo 1mL/min; fase móvil de tres solventes acetonitrilo:metanol:cloroformo (47:47:6); longitud de onda 450 nm.

## 3 | ANÁLISIS DE RESULTADOS O DESARROLLO

Según la revista Patrimonio Alimentario (MCP, 2013), a mashua aporta nutrientes esenciales como vitaminas y minerales entre los cuales se encuentran los precursores de vitamina A, el fósforo y el calcio una vez alcanzada la madurez fisiológica del tubérculo, estado que se relaciona con el contenido de azúcares reductores que influyen en la formación del color, sabor y cuyo contenido está determinado por la variedad, condiciones de cultivo y almacenamiento entre otros (Navarrete, 2012). La madurez y el color de los tubérculos son unos marcadores morfológicos que se asocian con otras características como la calidad industrial y los componentes presentes (Andreu & da Silva, 2007).

Los colores amarillos y anaranjados predicen un considerable contenido de carotenoides dentro de los cuales el  $\beta$ -caroteno es el precursor más activo de la vitamina A, y colores morados predicen un considerable contenido de antocianinas (Aguilar-Hernandez *et al.*, 2019). Al ser un cultivo estacional y de superficie limitada, aumentar la vida útil del tubérculo, a través de la deshidratación permitiría al consumidor disponer de su presencia



en cualquier época del año ya que la vida útil de los alimentos se incrementa con los procesos de deshidratación (Carillo & Reyes, 2013). En esta investigación se ensayaron dos técnicas de secado: liofilización y secado en bandeja.

Para encontrar la respuesta a nuestro problema de investigación con su objetivo principal de evaluar la técnica de deshidratación y los genotipos de tubérculo en relación a las concentraciones de compuestos bioactivos como los carotenoides totales y el  $\beta$ -caroteno, se definieron los siguientes factores en estudio: Factor A (variedad de mashua), Factor B (método de deshidratación) y sus interacciones.

La reproducibilidad y confiabilidad de los resultados se logró aplicando los controles de calidad y los resultados obtenidos durante esta investigación se analizaron aplicando un diseño completamente al azar en arreglo factorial y se sometieron al análisis estadístico descripto.

### 3.1 Controles de calidad

Se realizaron conforme la Guía Eurachem fundada en las normas ISO/IEC 17025 para la verificación de los métodos analíticos aplicados (Morillas *et al.*, 2016). Para Carotenoides totales se verificó la precisión y exactitud con seis muestras elegidas al azar. Para b-caroteno se verificó la linealidad, exactitud y precisión del método, comprobando los límites de detección (LOD), de cuantificación (LOQ), porcentaje de recuperación y la repetibilidad. Se partió de una disolución de 100 mg/mL de estándar de b-caroteno (SIGMA-ALDRICH®) en fase móvil, y se prepararon las diluciones en rango de 6 a 70 mg/mL con las que se ha obtenido seis curvas de calibración. Los resultados se expresaron en microgramos por 100 gramos de peso seco ( $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  ps). La verificación del desempeño de los métodos se realizó aplicando los criterios de la norma ISO/IEC 17025 apartado 5.4.2 (Morillas *et al.*, 2016).

La determinación de carotenoides totales presentes en las muestras se realizó por el método de Rodríguez-Amaya & Kimura (2004). La absorbancia del extracto etéreo fue medida a una longitud de onda de 450 nm y para el cálculo el coeficiente de extinción (2500) de los carotenoides en etér de petróleo fue considerado. Se verificaron la precisión y la exactitud del método, a través del coeficiente de variación (5.62%) en el parámetro precisión y 99.68% de recuperación, lo que evidencia la exactitud del método, la cual se enmarca en el rango validado para el equipo que es 98-102 %.

Se cumplieron los parámetros de verificación del método de UHPLC para determinación de  $\beta$ -caroteno como linealidad, exactitud, precisión del método. La curva de calibración presentó un alto coeficiente de correlación lineal ( $R > 0.9970$ ) y se estableció que LOD es de 4.15 mg/mL y el límite de cuantificación LOQ es de 5.15 mg/mL. La exactitud del método evidenció 99.68 % de recuperación que se encuentra dentro del rango validado para el equipo que es 98-102 %. El ensayo de precisión permitió asegurar la repetibilidad del método, con coeficiente de variación con un promedio de 0.42%.

### 3.2 Determinación de humedad

Los valores promedios de humedad en cada muestra se usaron para obtener el valor medio y el error estándar promedio de las cuatro variedades. Con la liofilización se obtuvo la humedad final promedio de  $5.13 \pm 0.66\%$  y con el método de secado en bandeja se obtuvo un valor promedio  $8.80 \pm 1.40\%$ . Estos resultados están de acuerdo con la norma ecuatoriana INEN 2996 que establece para productos deshidratados el porcentaje máximo de humedad el 12% (INEN, 2015). También estos valores se encuentran dentro del rango determinado por otros autores (Colina, 2010), quien indica un rango 3-12 % de humedad para productos con una mínima cantidad de agua. El estudio realizado por (Saá, 2019) revela que las muestras de mashua morada deshidratadas en bandejas a temperaturas entre 35-45° C, velocidad de aire de secado (2 y 4 m/s) y espesor de corte del tubérculo (2 y 4 mm), al cabo de 3 h de proceso, presentaron valores de humedad entre 7.15–7.95 %.

### 3.3 Concentración de carotenoides totales y de $\beta$ -caroteno.

Con respecto a los sistemas de deshidratación, según los criterios señalados por (Yanucci, 2000), los factores de secado como la velocidad de extracción de humedad y la temperatura de secado son los parámetros que influyen en la eficiencia de la operación y en la calidad del producto final. Por otro lado, el secado de los tubérculos por exposición directa al sol, muestra una reducción en el contenido de carotenoides (Rodríguez-Amaya, 1999). Se pueden minimizar las pérdidas, utilizando equipos donde el alimento queda protegido de la incidencia directa de la radiación, la luz y aplicando procesos con altas temperaturas por corto tiempo. El trabajo realizado por (Delgado-Vargas, 2000) determinó que las pérdidas de carotenoides en productos vegetales sometidos a secado difieren de un material a otro y varían en función de la técnica de deshidratación. En el estudio de mesocarpio de la palma coroba (*Attalea* spp) realizado por (Belén-Camacho *et al.*, 2007) se establecieron pérdidas de 25.0% de carotenoides en estufa de aire a 70°C de temperatura.

La retención de carotenoides según el método de secado utilizado, varía dependiendo del tiempo de exposición de los tubérculos al oxígeno del aire, el cual provoca la oxidación de compuestos. La oxidación es una reacción desencadenada por la estructura molecular insaturada de los compuestos carotenoides y posiblemente es la causa más influyente en la disminución observada. A medida que el agua se elimina, las reacciones de oxidación se aceleran (García Mahecha, 2010). Por otro lado, en los estudios realizados por (Anguelova, 2000) se determina que la liofilización favorece la estabilidad química de los carotenoides, ya que el proceso se realiza a bajas condiciones de presión y temperatura.

La investigación realizada por (Tapia *et al.*, 2018) constató que los colores anaranjados y amarillos de los alimentos se relacionan con mayores niveles de carotenoides totales. De manera similar estudio realizado por (Chirinos *et al.*, 2007), se determinó que las variedades amarillas exhiben valores de carotenoides totales más altos (7.0-13.3 mg/100g ms) que las

variedades moradas (1.0 y 2.85 mg/100g ms). La variación mencionada discrepa de los resultados obtenidos por (Huaccho, 2016) quien indica un rango entre 0.48 a 15.09 mg/100g ms para las variedades amarillas. Por otro lado, los colores morados en los alimentos se relacionan con una concentración reducida de carotenoides totales y  $\beta$ -caroteno, y una mayor prevalencia de antocianinas según consta en los estudios de (Huaccho, 2016). El valor encontrado de carotenoides totales en la investigación se localiza más cercano al reportado por (Giami & Alu, 1994).

El grupo de carotenoides es muy heterogéneo y la estabilidad entre distintos componentes está influenciada por su estructura individual. En el caso de  $\beta$ -caroteno, dos de sus dobles enlaces conjugados no son coplanares con la cadena poliénica, de ahí que presente una menor reactividad (Meléndez-Martínez *et al.*, 2004). En la investigación realizada por (Delgado-Vargas, 2000) determinaron un efecto mínimo de isomerización o cambio de configuración *trans*, a configuración *cis*, a temperaturas entre 50-100 °C. En el estudio realizado por Meléndez-Martínez *et al.* (2004) se establece que el calentamiento del todo-*trans*- $\beta$ -caroteno a 50 °C y 100 °C durante media hora no produce grandes pérdidas, habiéndose comprobado que los fenómenos de termoisomerización y fotoisomerización son más acusados en el  $\alpha$ -caroteno que en el  $\beta$ -caroteno. Otros resultados del mismo estudio demuestran que los carotenoides que contienen nueve o más dobles enlaces conjugados pueden inactivar ciertas formas reactivas de oxígeno, como el oxígeno singlete. Al mismo tiempo, la estabilidad del  $\beta$ -caroteno, depende de la matriz biológica en la que se encuentran (Gutiérrez-Valencia *et al.*, 2016).

### 3.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó en el programa IBM SPSS Statistic versión 25. Se aplicó un diseño completamente al azar en arreglo factorial AxB, considerando las variedades como factor A y los métodos de deshidratación como factor B. Los resultados son el promedio de tres repeticiones  $\pm$  desviación estándar. Se calcularon diferencias significativas con las pruebas t. En cuanto a las cuatro variedades del tubérculo, además, se realizaron las pruebas estadísticas de comparación de medias mediante DMS y Tukey como pruebas de contraste. La estadística incluyó los valores de cuadrados medios y el estadístico F con un grado de significación del 95% ( $p < 0.05$ ) para establecer diferencias significativas entre los factores. Finalmente, se determinaron correlaciones entre los factores y las concentraciones de carotenoides totales y de  $\beta$ -caroteno.

Variedad	Media	Diferencia de Medias	de Comparación	DMS	TUKEY	Significancia
ECU 1107	4.99	9.54	>	0.34	0.48	*
ECU 8552	5.83	8.70	>	0.34	0.48	*

<b>Secado en bandeja</b>	ECU 1144	7.50	7.03	>	0.34	0.48	*	
	ECU 8768	14.53	2.51	>	0.34	0.48	*	
			1.67	>	0.34	0.48	*	
			0.84	>	0.34	0.48	*	
<b>Liofilizado</b>	ECU 1107	5.18	35.71	>	0.34	0.48	*	
	ECU 8552	14.42	26.47	>	0.34	0.48	*	
	ECU 1144	18.91	21.98	>	0.34	0.48	*	
			40.89	13.73	>	0.34	0.48	*
			4.49	>	0.34	0.48	*	
	ECU 8768	40.89	13.73	>	0.34	0.48	*	
9.24			>	0.34	0.48	*		

Tabla 1. Prueba t para carotenoides totales considerando varianzas desiguales.

Nota: NS= no significativo; \* Significativo.

El comportamiento de los valores medios en cuantificación de la concentración de carotenoides totales arrojó diferencias estadísticamente significativas para las dos fuentes de variación: el sistema de deshidratación y la variedad de tubérculo, mostrando que el factor con mayor influencia sobre la concentración de carotenoides totales es el método de deshidratación (Tabla 1).

	Variedad	Media	Diferencia de Medias	Comparación	DMS	TUKEY	Significancia
<b>Secado en bandeja</b>	ECU 1107	14.11	1955.13	>	83.41	118.81	*
	ECU 8552	20.05	1949.19	>	83.41	118.81	*
	ECU 1144	934.07	1035.17	>	83.41	118.81	*
	ECU 8768	1969.24	919,.6	>	83.41	118.81	*
			914.02	>	83.41	118.81	*
		5.94	<	83.41	118.81	NS	
<b>Liofilizado</b>	ECU 1107	14.28	1892.55	>	83.41	118.81	*
	ECU 8552	23.58	1883.25	>	83.41	118.81	*
	ECU 1144	1034,.7	871.96	>	83.41	118.81	*
	ECU 8768	1906.83	1020,.9	>	83.41	118.81	*
			1011.29	>	83.41	118.81	*
		9.30	<	83.41	118,.1	NS	

Tabla 2. Prueba t para b-caroteno considerando varianzas desiguales.

Nota: NS=no significativo; \* Significativo.

La Tabla 2 permite observar que los valores medios de cuantificación de  $\beta$ -caroteno

no difieren significativamente por efecto de la técnica de deshidratación, pero muestra diferencias estadísticamente significativas por el genotipo de tubérculo, señalando que el factor con mayor influencia es el genotipo de mashua, en caso de la concentración de  $\beta$ -caroteno.

En la Tabla 3 se resume el análisis de varianza realizado para la interacción entre los factores, técnica de deshidratación y genotipo del tubérculo mashua.

Fuente de variación	Concentración de CT					Concentración de b-caroteno				
	Suma cuadrados	gl	Media cuadrática	F exp	P	Suma cuadrados	gl	Media cuadrática	F exp	P
A: Variedad	3397.70	3	1132.57	14465.84	9.88E-61	30451581.23	3	10150527.08	21144.48	3.37E-44
B: Deshidratación	1624.71	1	1624.71	20751.82	6.05E-56	1328.36	1	1328.36	0.28	5.99E-01
A*B: Interacción	1072.30	3	357.43	4565.37	9.87E-51	40878.96	3	13626.32	2.88	4.78E-02
Error	3.13	40	0.08			189332.71	40			
Total	6097.85	47				30683121.27	47			

Tabla 3. ANOVA de los resultados de evaluación de influencia de dos factores.

Con los datos mostrados en la Tabla 3 para todas las fuentes de variación, el valor-P calculado fue menor que 0.05, a excepción de la fuente de variación B en la concentración de  $\beta$ -caroteno ( $P=5.99E-01$ ).

## 4 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características organolépticas como es el color han confirmado que cada variedad ha alcanzado el estado óptimo de madurez a la hora de su cosecha. Los resultados de la humedad, que se alcanzó al finalizar los procesos de deshidratación tanto por liofilización como por secado en bandeja, se ubicaron dentro de los rangos porcentuales esperados para estos procesos y para el producto procesado. La humedad descendió con los dos métodos de deshidratación aplicados. La comparación entre sistemas de deshidratación revela que el método de liofilización elimina mayor cantidad de agua, quedando un residual de  $4.39 \pm 0.02$  % (p/p) para el genotipo ECU 1144, mientras que por el método de secado en bandeja, el mismo genotipo retiene  $7.5 \pm 0.03$  % (p/p).

De acuerdo con nuestros resultados, se evidencia en la Figura 2 que al aplicar el método de liofilización, como tratamiento previo a la extracción, se obtienen mayores concentraciones de carotenoides totales que con el método de secado en bandeja. La concentración de carotenoides totales muestra diferencias significativas entre métodos,

resultando la liofilización más adecuada para los genotipos ECU- 8768; ECU- 1144 y ECU- 8552. Para el genotipo ECU- 1107 que presenta concentraciones aproximadamente iguales no hay disparidad entre métodos.

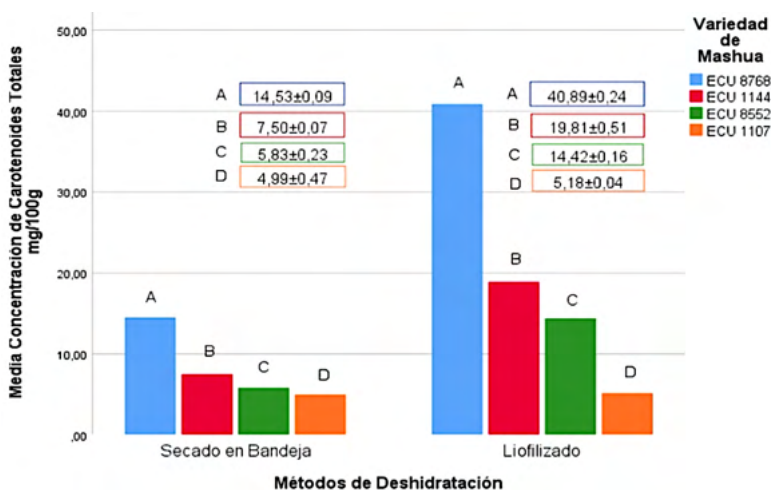


Figura 2. Concentración de carotenoides totales en muestra seca molida.

La comparación entre diferentes genotipos también revela diferencias altas en las concentraciones de carotenoides totales, siendo el valor máximo de  $14.53 \pm 0.09 \text{ mg } 100\text{g}^{-1} \text{ ps}$  y  $40.89 \pm 0.24 \text{ mg } 100\text{g}^{-1} \text{ ps}$  (secado en bandeja y liofilización respectivamente) para el genotipo ECU 8768 de color amarillo intenso, y el valor mínimo de  $4.99 \pm 0.09 \text{ } \mu\text{g } 100\text{g}^{-1} \text{ ps}$  y  $5.18 \pm 0.04 \text{ mg } 100\text{g}^{-1} \text{ ps}$  (secado en bandeja y liofilización respectivamente) para el genotipo ECU- 1107 de color morado. Estos valores son mayores que los reportados para papa, oca y olluco, pero son menores que los reportados para zanahoria ( $72.7 \text{ mg}/100 \text{ g}$ ) (Campos *et al.*, 2006).

En la figura 3 se observa que los tubérculos liofilizados y secados en bandeja presentaron diferencias significativas en la concentración de  $\beta$ -caroteno, una tendencia similar se observó de la comparación entre genotipos de mashua. El genotipo con valores medios más altos correspondió al ECU- 8768 con  $1969.24 \pm 68.48 \text{ } \mu\text{g } 100\text{g}^{-1} \text{ ps}$  y  $1906.83 \pm 29.38 \text{ } \mu\text{g } 100\text{g}^{-1} \text{ ps}$  (secado en bandeja y liofilización respectivamente), mientras que los valores mínimos correspondieron al genotipo ECU-1107 con  $14.11 \pm 1.24 \text{ } \mu\text{g } 100\text{g}^{-1} \text{ ps}$  y  $14.28 \pm 3.22 \text{ } \mu\text{g } 100\text{g}^{-1} \text{ ps}$  (secado en bandeja y liofilización respectivamente).

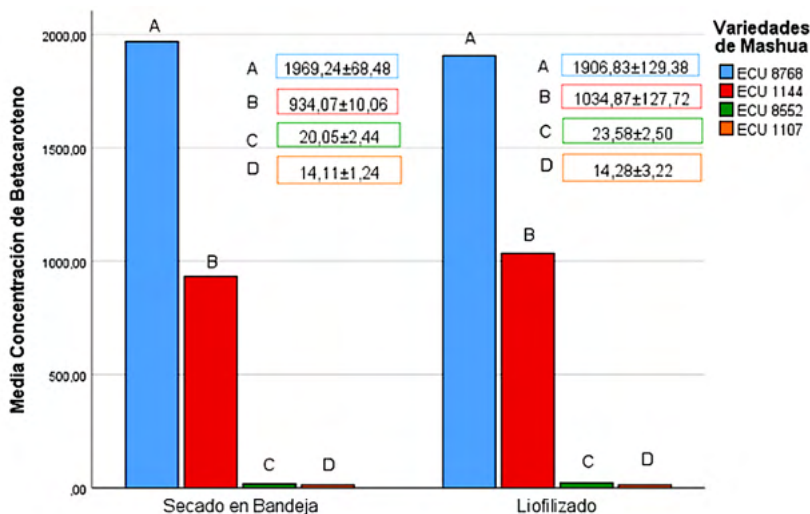


Figura 3. Concentración de  $\beta$ -caroteno en muestra seca molida.

La comparación entre dos métodos de deshidratación revela diferencias significativas para la concentración de carotenoides totales, resultando la liofilización, la técnica más adecuada. La comparación entre los cuatro genotipos de tubérculo revela que la cantidad de  $\beta$ -caroteno, como componente provitamina A, depende de la diversidad genética del tubérculo.

De acuerdo con nuestros resultados, se observa que en caso de la concentración de  $\beta$ -caroteno la influencia del método de deshidratación es significativa. No obstante, se mantiene la correspondencia del  $\beta$ -caroteno, con los carotenoides totales en función del genotipo genotipo-ECU 8768 de color amarillo intenso presentó mayor cantidad de  $\beta$ -caroteno con  $1969.24 \pm 68.48 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ps en el método de secado en bandeja y  $1906.83 \pm 129.38 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ps secado por liofilización, seguida por el genotipo ECU-1144 de color verde parcialmente amarillo intenso con  $934.07 \pm 10.406 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ps (secado en bandeja) y  $1034.87 \pm 127.72 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$  ps (liofilizado). En el genotipo ECU- 107 de color totalmente morado la cantidad reducida tanto de carotenoides totales como de  $\beta$ -caroteno, se debe a la prevalencia de antocianinas según consta en los estudios de (Giami & Alu, 1994).

El comportamiento observado permite confirmar las siguientes consideraciones: se encontró diferencias significativas en las concentraciones de los compuestos bioactivos entre los distintos genotipos estudiados del tubérculo mashua, mientras que las técnicas de deshidratación tienen un efecto significativo sobre la concentración de carotenoides totales y no influyen en la concentración de  $\beta$ -caroteno, compuesto bioactivo como provitamina A.

## 5 | CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio destacan con respecto a la humedad residual alcanzada, que las dos técnicas de deshidratación son aptas para bajar el contenido de humedad y estabilizar el tubérculo, ayudando indirectamente a reducir la susceptibilidad al daño microbiano. Una comparación entre las dos técnicas de deshidratación, evidencia que la liofilización elimina mayor cantidad de agua que el secado en bandeja. La alta concentración de carotenoides totales sugiere que el sistema de deshidratación por liofilización preserva mejor los carotenoides totales, permitiendo un mejor rendimiento en los procesos de extracción.

Los análisis de la cuantificación de carotenoides muestran que el genotipo amarillo presentó mayor concentración de carotenoides. Cuando se analizó la concentración de  $\beta$ -caroteno, observamos que a diferencia de los carotenoides totales, éste no fue influenciado por el sistema de deshidratación. Este hallazgo puede potenciar el consumo de mashua como una fuente promisoría de  $\beta$ -caroteno con actividad pro-vitamina A.

La evaluación de otros componentes bioactivos debe estudiarse para potencializar los cultivos del tubérculo mashua otorgándole un valor agregado. La diversidad de metabolitos secundarios también puede verse afectada por los efectos genéticos y ambientales que pueden ser objetivos para los estudios futuros.

## REFERENCIAS

Acacio-Chirino, N., Zumalacárregui-de-Cárdenas, L., Almera-Medina, J., Barreno-Medina, D., Betancourt-Betancourt, R., Colina-Luchón, R., Araujo-Blanco, J. A. (2013). **Desarrollo de un procedimiento para extracción de b-caroteno y glicerol a partir de la microalga *Dunaliella* sp. en la salina Las Cumaraguas.** *Rev. Cubana de Química*, XXV (2), 214-228. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543735009>

Aguilar-Hernandez, A., Salinas-Moreno, Y., Ramírez-Díaz, J., Alemán-De la Torre, I., Bautista-Ramírez, E., Flores-López, H. (2019). **Antocianinas y color en grano de y olote de maíz morado peruano cultivado en Jalisco, Mexico.** *Rev.Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(5), 1071-1082. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.1828>

Andreu, M., & da Silva, A. (2007). **Asociación entre el Color de la Epidermis de la Papa con Características de Importancia Industrial.** *SciELO, Agricultura Técnica*, 67(1), 72-77. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072007000100009>

Anguelova, T. (2000). **Degradation of lycopene, a-carotene during lipid peroxidation.** *J.Food.Sci*, 71-75. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb15958.x>

AOAC. (2003). **Métodos de análisis de asociación oficial de química analítica para determinar la humedad, fibras, cenizas, grasa y proteínad.** Washington: FAO.

Barrera, V., Tapia, C., & Monteros, A. (2004). **Raíces y Tuberculos Andinos: Alternativa para conservación y uso sostenible en Ecuador.** Quito: INIAP.



Belén-Camacho D.R., Román, J.C., Pantaleón, D.M. G., Moreno-Álvarez, M.J., Martínez, C.M., Escalona, C.E. O. (2007). **Efecto del secado solar en los contenidos de humedad, carbohidratos, carotenoides totales e índice de peróxidos de mesocarpio de la palma coroba (*Attalea spp.*)**. *SciELO, INCI*, 257-261. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932408>

Campos et al., D. N. (2006). **Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andian tuber crops: native potato (*Solanum sp.*), mashua (*T. tuberosum Ruiz&Pavón*), oca (*O. tuberosa Molina*) and ulluco (*U. tuberosum Caldas*)**. *J. Sci. Food Agr.*, 1481-1488. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2529>

Carillo y Reyes, A. (2013). **Vida útil de los alimentos**. *Revista Iberoamericana de las ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 2(3), ISSN 2007-9990.

Chirinos, R., Campos, D., Arbizu, C., Rogez, H., Rees, J. F., Larondelle, Y., et al. (2007). **Effect of genotype, maturity stage and post-harvest storage on phenolic compounds, carotenoid content and antioxidant capacity of Andian mashua tubers (*T. tuberosum Ruiz&Pav*)**. *J. Sci. Food Agr.*, 437-446. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2719>

Colina, I. M. (2010). **Deshidratación de alimentos**. *Mexico: Trillas*.

Delgado-Vargas, F., Jiménez, A.R., Paredes-López, O. (2000). **Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains—characteristics, biosynthesis, processing, and stability**. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 40(3), 173-289. <https://doi.org/10.1080/10408690091189257>

ENSANUT. (2018). **Encuesta nacional de salud y nutrición. INSP**. Quito: Instituto de Salud Pública. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/salud-salud-reproductiva-y-nutricion/>

Espín, S., Villacrés, E., Brito, B. (2004). **Caracterización físico-química, nutricional y funcional de raíces y tubérculos**. En *IIAP-CIP, Raíces y Tubérculos Andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador* (vol. cap.IV, p. 91-116). (ed.) Victor H.Barrera, César G. Tapia y Alvaro R.Monteros. Perú:Lima. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3264>

FAO. (2020). **Seguridad alimentaria**. Informe de políticas. Recuperado el marzo de marzo, de [www.fao.org](http://www.fao.org/economic/es-policybriefs/briefs-detail/es/c/35575): <http://www.fao.org/economic/es-policybriefs/briefs-detail/es/c/35575>

Food Secure Canada. (2007). **The Six Pillars**. Nyéléni: Food Recovery Barn.

García Mahecha, M., Cortes Rodríguez, M., Rodríguez Sandoval, E. (2010). **Evaluación del secado de perejil aplicando técnicas de deshidratación osmótica como pretratamiento**. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63(2), 5693-5705. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472010000200022&lng=en&tng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472010000200022&lng=en&tng=es).

Giami, S., & Alu, D. (1994). **Chandes in composition and certain functional properties of ripening plantain (*Mussa spp, ABB group*) pulp**. *Food Chem.*, 137-140. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(94\)90110-4](https://doi.org/10.1016/0308-8146(94)90110-4)

Guevarra-Freire et al., L. V. (2018). **Nutricional composition and bioactive components of mashua (*T. tuberosum Ruiz and Pavón*)**. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21(1), 53-68. <http://www.revista.ccba.uady.mx/urn:ISSN:1870-0462-tsaes.v21i1.2561>

Guil Guerrero, J. (2015). **La biodiversidad de los alimentos ecuatorianos: fuente de salud y riqueza**. Ecuador es salud, *Revista Científica Ecuatoriana*, 2(2), 12-14. <https://revistaecuadoreaescalidad.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadoreaescalidad/index.php/revista/article/view/47>.

Gutiérrez-Valencia, T., Hoyos-Saavedra, O., Cuervo-Ochoa, G. (2016). **Estudio cinético de la degradación térmica de trans-b-caroteno en uchuva**. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(1), 126-134. DOI:10.18684/BSAA(14)126-134

Huaccho, C. (2016). **Capacidad antioxidante, compuestos fenólicos, carotenoides y antocianinas de 84 cultivares de mashua /T. tuberosum Ruiz y Pavón**. Lima, Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2844>

INEN. (2015). **Norma Técnica Ecuatoriana NTE**. Quito: INEN. <https://www.normalizacion.gob.ec/normas-oficializadas/>

Melendez-Martínez, A. (2017). **Carotenoides en agroalimentación y salud**. (ed.) Mexico: Terracota, SA. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/158244/1/Carotenoides%20en%20agroalimentacion%20y%20salud%20IBERCAROT.pdf>

Meléndez-Martínez, A., Vicario, I., Heredia, F. (2004). **Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos**. ALAN, Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 54 (2), 11 <http://hdl.handle.net/11441/26409>

MCP. (2013) **Ministerio de Cultura y Patrimonio de Ecuador**: Patrimonio Alimentario, fascículo Nro.1 <https://www.culturaypatrimonio.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/1-Patrimonio-Alimentario-LUNES-21.pdf>

Morillas, P.P., Terra, A.I., Uribe, C., Mastromonaco, G., Prieto, J.L., Torres, M. (2016). **Guía Eurachem: La adecuación al uso de los métodos analíticos-Una Guía de laboratorio para la validación de métodos y temas relacionados**. España. *EuroLab España*, 66. [https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/MV\\_guide\\_2nd\\_ed\\_ES.pdf](https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/MV_guide_2nd_ed_ES.pdf)

MSP, E. N. (2011). **Ministerio de Salud Pública. Normas, Protocolos y Consejería para la suplementación con micronutrientes**. <https://es.scribd.com/doc/191648389/Normas-Protocolos-y-Consejeria-Para-La-Suplementacion-Con-Micronutrientes-Ecuador>

Navarrete, M. (2012). **Evaluación del efecto de la hidrácida meleica, sobre la vida útil y calidad de variedad Yana shungo (Solanum spp)**. INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/633>

Quishpe C., Mansilla, R., Chacón, A., Blas, R. (2015). **Análisis de la variabilidad morfológica del “añu” Tropaeolum tuberosum. Ruiz&Pavón procedente de nueve distritos de la región Cuzco**. *Ecología Aplicada*, 14(2), 211-222. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162015000200013&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162015000200013&lng=es&tlng=es).

Rodríguez-Amaya, D. (1999). **Changes in carotenoides during procesing and storage of food**. *Arch. Latinam. Nutr.*, 49(3Suppl 1), 38S-47S. PMID: 0971842

Rodriguez-Amaya, D., & Kimura, M. (2004). **Harvest Plus Handbook for Carotenoid Analysis**. Washington, DC and Cali: International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Center for Tropical Agriculture (CIAT), pp 58. Harvest Plus Technical Monograph, 2. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08cbae5274a31e00013d4/tech02.pdf>

Saá, P. M. (2019). **Evaluación de efecto de secado de la mashua morada (T. tuberosum) sobre las propiedades organolépticas y actividad antioxidante**. Ibarra, Ecuador. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9033>

Surco, F. (2004). **Caracterización de almidones aislados de tuberculos andinos: mashua (T. tuberosum), Oca (O. tuberosa), Olluco (T. tuberosus)**. Lima, Perú. <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/2588>.

Tapia, I., Muñoz, M., Fukalova, T. (2018). **Efecto del sistema de deshidratación sobre el contenido de carotenoides extraídos de dos variedades del fruto de *C. papaya***. *InfoAnalítica*, 17(1), 1-26. <https://infoanalitica-puce.edu.ec/infoanalitica/issue/view/8>

Valle-Parra M., (2018). **Morphology, Phenology, Nutrients and Yield of six accessions of *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pav (mashua)**. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21(1), 131-139. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2574>

Yanucci, D. (2000). **Secado. Libro de actualización n°1**. *Granos&Poscosecha* Latinoamericana, de la semilla al consumo. Buenos Aires, Argentina: CG.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aceite residual automotriz 126, 127, 128, 130, 132

Administración pública municipal 37, 38, 42, 43, 46

Agua 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 26, 107, 108, 114, 116, 119, 122, 129, 130, 139, 141, 142, 148, 150, 153

Análisis de fase 24, 25, 27, 32, 33, 34

Análisis espectral 24, 25, 27, 29

Aprendizaje 9, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 57, 59, 60, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 109, 164, 166, 172

### B

B-caroteno 110, 113, 114, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 124

Bienestar humano 13

BIENESTAR HUMANO 8

### C

Carotenoides 114, 115, 124

CAROTENOIDES 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125

CÓDIGOS DE ÉTICA Y CONDUCTA 41, 45

Competencia digital 58

Control interno 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 166

Covid-19 74, 75, 85, 86, 87

Culturas 1, 6, 7, 9, 11, 12, 164

CURSOS CIENCIAS BÁSICA 99

### D

Deshidratación 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 125

### E

E-learning 63, 74, 75, 79, 86, 87

Enfoque cuantitativo 49

### F

Formación del ingeniero 97

Formación por competencias 99

## **M**

Métodos 14, 25, 26, 32, 49, 68, 78, 106, 113, 114, 115, 117, 119, 120, 121, 122, 124, 128, 167

México 1, 4, 5, 11, 37, 38, 47, 48, 58, 59, 65, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 86, 126, 127, 133, 134, 136, 138, 139, 143, 158

Microorganismos 8, 127, 131, 136

MINERALIZACIÓN 127, 128, 131, 132

Modelación matemática 88, 89, 90, 98

## **P**

Planificación de cuencas 13

Plantas 2, 8, 127, 130

## **R**

Rendimiento escolar 54, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 84, 85, 86, 87

Residuo peligroso 126, 127, 128, 132

Resultado de aprendizaje 88, 90, 97

Rotating stall 24, 25, 34, 35, 36

## **S**

Socioconstructivismo 88, 91, 94

Soluciones basadas en la naturaleza 13

Suelo 9, 14, 17, 18, 19, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133

Surge 24, 25, 32, 33, 34, 35, 36, 76, 167

## **T**

TIC 58, 60, 66, 71, 73, 86, 87, 100

Tuberculo mashua 110

## **V**


Valor nutritivo 110

## **W**





Web 2.0 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 71, 72, 73


## **Z**

Zonificación territorial 13



Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA  
2

 [www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)  
 [contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)  
 @arenaeditora  
 [www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)




Entre


# CIENCIA


e


# INGENIERIA

# 2

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)