

## Estación Experimental Santa Catalina

## Departamento de Nutrición y Calidad

### Informe Anual 2021



Mejía - Pichincha - Ecuador  
Enero / 2022

**INFORME ANUAL 2021**

1. **Departamento:** Nutrición y Calidad
2. **Nombre director de la Estación Experimental:** Ing. Jorge Rivadeneira
3. **Responsable Departamento en la Estación Experimental:** Dr. Iván Samaniego.
4. **Equipo técnico multidisciplinario I+D:**

Personal	Cargo
<b>Nombramiento</b>	
1. Dr. Iván Samaniego. PhD	Investigador Agregado 1
2. Ing. Quím. MSc. Beatriz Brito	Investigador Agregado 1*
3. Ing. Alim. MSc. Elena Villacrés. PhD	Investigador Agregado 3
4. Ing. Prod. Agrop. Bladimir Ortiz	Asistente de Servicios Especializados
5. Ing. Prod. Agrop. Carmen Rosales	Asistente de Servicios Especializados
6. Sra. Soraya Carvajal	Secretaria*
<b>Contrato Servicios Profesionales</b>	
7. Ing. Alim. MSc. María Belén Quelal	Técnico de Investigaciones
8. Quim. Alim. Verónica Arias	Analista de Servicios Especializados
9. Ing. Agroindustrial Javier Álvarez	Asistente Técnico. Proyecto AECID
<b>Contrato Indefinido Código de Trabajo</b>	
10. Sra. Rocío Suntaxi	Auxiliar de Servicios/ Laboratorio**
11. Sra. Mónica Cumbajín	Auxiliar de servicios/ Procesamiento
<b>Tesistas</b>	
12. Egdo. Joseph Salazar	Química de Alimentos UCE
13. Egda. Denisse Aulestia	Química de Alimentos UCE
14. Egda. Valeria Toaquiza	Química ESPOCH
15. Ing. Luz Zumba	Maestría Agroindustria UTC
16. Ing. Jaime Encalada	Maestría Agroindustria UTC
17. Ing. Elisa Jaramillo	Maestría Agroindustria UTC

\* Período enero a mayo 2021

\*\* Auxiliar de Servicios periodo enero-mayo/Secretaria período junio a diciembre

**5. Financiamiento:**

- Fondos Gasto Corriente. Estación Experimental Santa Catalina
- Fondos de Inversión. Estación Experimental Santa Catalina
- Proyecto AECID Naranja y Tomate de Árbol
- Financiamiento de proyectos internos Universidad de las Américas (UDLA)
- Comité Europeo para la Formación y la Agricultura – CEFA
- FIED-CIP
- Kopia
- CoCIBIO-GIZ

**6. Proyectos:**

- AECID Expediente Núm. 2018/SPE/0000400192. Fortalecimiento de la Investigación para mejorar la Productividad y Calidad de la naranja y tomate de árbol en Ecuador. Beneficiario: Instituto Nacional de Investigaciones

Agropecuarias (INIAP). Programa de Fruticultura (coordinador), Departamentos: Nutrición y Calidad, Biotecnología, Protección Vegetal, Suelos y Aguas, Economía Agrícola; INIA-España: Centro de Biotecnología y Genómica de Plantas.

Presupuesto total para investigación Departamento de Nutrición y Calidad \$ 14.629,89: Año 2020 \$ 6.464,28, Año 2021 \$ 6.165,61, Año 2022 \$ 2.000,00.

Fecha de inicio del proyecto: marzo 2020.

Fecha fin del proyecto: octubre 2022 (ejecutar actividades), abril 2023 (justificar fondos).

- Universidad de las Américas (UDLA). Convocatoria Interna 2020. Incidencia de Fumonicinas en granos y productos derivados del maíz para uso avícola. Convenio de Cooperación Técnica Específica, para actividades de investigación. INIAP: Departamento de Nutrición y Calidad. UDLA: Facultad de Ingeniería Agroindustrial y de Alimentos, Presupuesto total: \$25.000 (Presupuesto Departamento de Nutrición \$10.000) Fecha de inicio del proyecto: junio 2020. Fecha fin del proyecto: diciembre 2021.
- FONTAGRO RF-16111-RG. Convocatoria 2016. Productividad y Competitividad Frutícola Andina. Colombia, Perú, España. Ecuador. INIAP: Programa de Fruticultura (coordinador Ecuador), Departamentos: Nutrición y Calidad, Suelos y Aguas. Presupuesto total Departamento de Nutrición y Calidad \$ 25.596: Año 2018 \$ 5.000, Año 2019 \$ 12.664, Año 2020 \$ 7.932. Fecha de inicio del proyecto: julio 2017. Fecha fin del proyecto: diciembre 2020 (Ampliación hasta mayo 2021).
- Comité Europeo para la Formación y la Agricultura (CEFA). Convocatoria 2020. Evaluación de la Ocurrencia de Ocratoxina A en Quinoa procedente de las principales zonas productoras de la provincia de Chimborazo. INIAP: Departamentos: Nutrición y Calidad (Coordinador de proyecto) Presupuesto total: 10.000\$ (Presupuesto Departamento de Nutrición y Calidad \$ 5000. Fecha de inicio del proyecto: mayo 2021. Fecha fin del proyecto: mayo 2022.

## 7. Socios estratégicos para investigación:

- Programa de Fruticultura: Granja Experimental Tumbaco. EESC. Zona Central. EEP
- Programa de Leguminosas y Granos Andinos. EESC.
- Programa de Maíz. EESC
- Programa de Cereales. EESC.
- Programa de Cacao y Café. EELS.
- Núcleo de Apoyo técnico. EESC.
- Universidades Nacionales: UCE, UDLA, UTE, UTEQ, ESPOCH, UTC
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA.
- Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo AECID, España y Ecuador
- Comité Europeo para la Formación y la Agricultura-CEFA
- Centro Internacional de la papa CIP
- Sociedad Alemana de Cooperación Internacional GIZ

## 8. Publicaciones:

### 8.1 Artículos científicos

Samaniego, I., Espín, S., Quiroz, J., Rosales, C., Carrillo, W., Mena, P., & García-Viguera C. (2021). Effect of the growing area on the fat content and the fatty acid composition of Ecuadorian cocoa beans. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 72(7), 901-91. <https://doi.org/10.1080/09637486.2021.1884204>.

Viera, W., Shinohara, T., Samaniego, I., Sanada, A., Terada, N., Ron L., Suárez-Tapia, A., & Koshio, K. (2021). Phytochemical composition and antioxidant activity of *Passiflora* spp. germplasm grown in Ecuador. *Plants* ISSN 2223-7747, MDPI Plants.

Viera W., Samaniego, I., Camacho, D., Habibi, N., Ron, L., Sediqui, N., Álvarez, J., Viteri, P., Sotomayor, A., Merino, J., Vásquez-Castillo, W., Brito, B. (2021). Phytochemical characterization of a tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) breeding population grown in the inter-Andean valley of Ecuador. *Plants* ISSN 2223-7747, MDPI Plants.

Villacrés, E., & Rosell, C. (2021). Kinetics of solid-state fermentation of lupin with *Rhizopus oligosporus* based on nitrogen compounds balance. *Food Bioscience*, 42, 101118.

Villacrés, E., Yáñez, M., Quelal M., & Yáñez, T. (2021). Efecto de la irradiación gamma sobre las características de calidad y la durabilidad de la papa (*Solanum tuberosum*) almacenada. *ACI, avances en Ciencias e Ingenierías*, 12 (3), 16.

Hinojosa, L., Leguizamo, A., Carpio, C., Muñoz, D., Mestanza, C., Ochoa, J., Castillo, C., Murillo, A., Villacrés, E., Monar, C., Pichazaca, N., & Murphy, K. (2021). Quinoa in Ecuador: *Recent Advances under Global Expansion*. *Plants*, 10, 298. <https://doi.org/10.3390/plants10020298>.

Lara, N., Vizuete, K., Debut, A., Chango, I., Campaña, O., Villacrés, E., Bonilla, P., & Ruales, J. (2021). Underutilized maize kernels (*Zea mays* L. var. amylacea and var. saccharata) subjected to pan and microwave toasting: A comparative structure study in the whole kernel. *Journal of Cereal Science*, 100, 103249.

### 8.2 Artículos técnicos

Quiroz, J., Mestanza, S., Parada, N., Morillo, E., Samaniego, I., & Garzón, I. (2021). Catálogo de cultivares de cacao en Ecuador. 1era. Ed. 2021. ISBN 978-9942-22-550-4. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Boletín Técnico No. 449.

### 8.3 Memorias y/o Resúmenes de Eventos Científicos

Samaniego, I., Brito, B., Alvarez, J., Camacho, D., Sotomayor, A., Viteri, P., Merino, J., & Viera, W., (2021). Caracterización funcional de una población de segregantes de tomate de árbol (*Solanum betaceum*). En Orrego, C. (2021). Memorias del V Congreso Internacional en Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de los Alimentos-IICTA 2021. Sistemas Alimentarios Inteligentes,

Sostenibles y Saludables. Recuperado a partir de  
<https://iicta.manizales.unal.edu.co/programa.html>

## 9. Participación en eventos de difusión científica, técnica o de difusión:

Iván Samaniego. (junio 2021). I Congreso Internacional de Posgrado CIPOS. Organizado por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Conferencia Magistral "Valorización de residuos de la cadena de beneficio del cacao". Modalidad virtual. Certificado de ponente. Quevedo. Los Ríos, Ecuador.

Iván Samaniego. (junio 2021). I Congreso Internacional de Posgrado CIPOS. Organizado por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Conferencia Magistral "Evaluación del perfil de cannabinoides y compuestos bioactivos en cultivares de cáñamo (*Cannabis Sativa*) con fines medicinales". Modalidad virtual. Certificado de ponente. Quevedo. Los Ríos, Ecuador.

Iván Samaniego. (septiembre 2021). Webinar Internacional "Avances en Investigación, Tecnología y Conservación de los alimentos". Organizado por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Conferencia "Modelos matemáticos de predicción para determinación de compuestos funcionales en frutas ecuatorianas". Modalidad virtual. Certificado de ponente. Quevedo. Los Ríos, Ecuador.

Iván Samaniego. (octubre 2021). V Congreso Internacional en Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de los alimentos. Organizado por Universidad Nacional de Colombia. Conferencia "Caracterización funcional de una población de segregantes de tomate de árbol (*Solanum Betaceum*)". Modalidad virtual. Certificado de ponente. Manizales, Colombia.

Iván Samaniego. (noviembre 2021). Congreso Científico-Técnico Latinoamericano del Cacao. Organizado por proyecto MOCCA (Maximizando las oportunidades del cacao y café en las Américas). Conferencia "Estudio de los principales componentes químicos no volátiles asociados a la calidad del cacao "Nacional" de Ecuador". Modalidad virtual. Certificado de ponente. San José, Costa Rica.

Iván Samaniego. (diciembre 2021). III Simposio Internacional de Ciencias de la Industria y Producción. Organizado por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Conferencia Magistral "Componentes bioquímicos de cacao ecuatoriano, una herramienta objetiva para evaluar la calidad de las almendras para exportación". Modalidad virtual. Certificado de ponente. Quevedo. Los Ríos, Ecuador.

Elena Villacrés (febrero, 2021). Webinar Food and Technology. Organizado por 47th Session of The Committee on World Food Security (FAO). Conferencia Magistral "Solid fermentation a promising technology to improve the nutritional and functional value of lupin". Modalidad virtual. Certificado de ponente. Roma, Italia.

Elena Villacrés (marzo 2021). Simposio "Intensificación sostenible de la fruticultura andina: versión Perú. Organizado por FONTAGRO-Perú. Modalidad virtual. Certificado de asistencia. Lima Perú.

Elena Villacrés (junio 2021). Webinar Celebrando la papa. Organizado por Universidad Técnica de Cotopaxi. Conferencia "El rol de la papa en el nuevo sistema alimentario". Modalidad virtual. Latacunga, Ecuador.

Elena Villacrés (julio 2021). Webinar Día Internacional del consumo de quinua. Organizado por la Fundación Siembra. Conferencia “Tendencias y perspectivas en el consumo de quinua”. Modalidad virtual. Quito, Ecuador.

Elena Villacrés (julio 2021). Webinar Potencial agroindustrial del camote. Organizado por Estación Experimental Portoviejo. Modalidad virtual. Portoviejo, Ecuador.

Elena Villacrés (julio 2021). IX Congreso Ecuatoriano de la Papa. Conferencia Magistral “Potencial agroindustrial de la papa”. Organizado por Universidad Técnica de Cotopaxi. Modalidad virtual. Certificado de ponente. Latacunga, Ecuador.

Elena Villacrés (julio 2021). Participación en la Feria de Aniversario del INIAP. Organizado por Estación Experimental Tropical Pichilingue-INIAP. Quevedo, Ecuador.

Elena Villacrés (julio 2021). Capacitación a productores del Cañar, “Elaboración de barras energéticas. Organizado por El Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina. Mejía, Ecuador.

Elena Villacrés (agosto 2021). Taller de difusión del camote. Organizado por La Estación Experimental Portoviejo. Portoviejo, Ecuador.

Elena Villacrés (agosto 2021). Comité de evaluación de la 1ra. Convocatoria del Fondo de emprendimiento. Organizado por ConQuito, Quito, Ecuador.

Elena Villacrés (septiembre 2021). Webinar “Día de la Producción Orgánica”. Organizado: por AGROCALIDAD. Conferencia “Tecnologías agroindustriales adaptadas a pequeños industriales”. Modalidad virtual, Quito, Ecuador.

Elena Villacrés (septiembre 2021). Reunión con integrantes del Centro Internacional de la quinua, para definir acciones para la internacionalización del Centro Internacional de la quinua. Organizado por CEFA. Quito, Ecuador.

Elena Villacrés (octubre 2021). II Congreso Internacional de Cereales y Leguminosas y Afines. Organizado por La Red de Cereales y afines-Universidad Técnica de Ambato. Conferencia “Tecnologías innovadoras para el desarrollo de alimento de alto valor nutritivo y funcional”. Modalidad virtual. Certificado de presentación de ponencia. Ambato, Ecuador.

Elena Villacrés (octubre 2021). Primer Simposio Ecuatoriano del maíz. Organizado por la Universidad San Francisco de Quito. Conferencia “Impacto de la extrusión en la composición química propiedades funcionales y sensoriales de dos variedades de maíz duro”. Modalidad virtual. Quito, Ecuador.

Elena Villacrés (octubre, 2021). Participación en día de campo del Camote. Organizado por la Estación Experimental Portoviejo. Cascales, Sucumbios.

Elena Villacrés (diciembre 2021). “Proyecto de norma internacional de amaranto ante la Organización Internacional de Normalización-ISO, en el Comité ISO/TC 34/SC 4 Cereals and pulses”. Organizado por Servicio Ecuatoriano de Normalización. Modalidad virtual. Quito, Ecuador.

Elena Villacrés (diciembre, 2021). Participación en el Día de campo de Maíz. Organizado por el Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina- INIAP-KOPIA. Mejía, Ecuador.

María Belén Quelal Tapia (enero 2021). Curso de autoaprendizaje “Políticas de Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe y su proyección en Colombia”. Organizado por Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Modalidad virtual. Certificado de aprobación.

María Belén Quelal Tapia (mayo-junio 2021). Capacitación virtual de: Conocimiento Generales de Normalización Internacional. Organizado por Servicio Ecuatoriano de Normalización. Modalidad virtual. Certificado de aprobación. Quito, Ecuador.

María Belén Quelal Tapia (junio 2021). Curso sobre “Conocimiento Ancestral de Plantas Medicinales”. Organizado por Open Campus de la Universidad Técnica Particular de Loja. Modalidad virtual. Certificado de aprobación. Loja, Ecuador.

María Belén Quelal Tapia (junio-julio 2021). Participación como delegada INIAP al Comité Técnico de Redes de Normalización “Azúcar”. Organizado por Servicio Ecuatoriano de Normalización. Modalidad virtual. Quito, Ecuador.

María Belén Quelal Tapia (junio-julio 2021). IX Congreso Ecuatoriano de la Papa. Organizado por Universidad Técnica de Cotopaxi. Modalidad virtual. Certificado de asistencia. Latacunga, Ecuador.

María Belén Quelal Tapia (julio de 2021). Participación en la Feria de Aniversario del INIAP. Organizado por Estación Experimental Tropical Pichilingue-INIAP. Quevedo, Ecuador.

María Belén Quelal Tapia (septiembre 2021). Workshop on line about Food Industry II. Organizado por Thermo Fisher Scientific. Modalidad virtual. Certificado de asistencia.

María Belén Quelal Tapia (octubre 2021). Participación con un video “Kiwicha Sumak Kawsay, Amaranto Buena vida” durante la celebración del Día Nacional del Amaranto 2021. Organizado: Red Latinoamericana del Amaranto.

María Belén Quelal Tapia (octubre 2021). II Congreso Internacional de Cereales y Leguminosas y Afines. Organizado por La Red de Cereales y afines-Universidad Técnica de Ambato. Modalidad virtual. Certificado de aprobación. Ambato, Ecuador.

María Belén Quelal Tapia (octubre 2021). Participación como delegada INIAP al Comité Nacional Espejo “ISO / TC 34 / SC 17. Sistemas de gestión para la seguridad alimentaria”. Organizado por Servicio Ecuatoriano de Normalización. Modalidad virtual. Quito, Ecuador.

María Belén Quelal Tapia (octubre 2021). Participación en la capacitación virtual “Ciberseguro-INIAP”. Organizado por Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Modalidad virtual. Certificado de aprobación. Quito, Ecuador.

María Belén Quelal Tapia (octubre 2021). Ponente en el II Congreso Internacional de Cereales y Leguminosas y Afines. Organizado por La Red de Cereales y afines-

Universidad Técnica de Ambato. Conferencia “Aprovechamiento del valor agroindustrial del Sangorache (*Amaranthus quitensis* L.)”. Modalidad virtual. Certificado de presentación de ponencia. Ambato, Ecuador.

María Belén Quelal Tapia (noviembre, 2021). Participación en el Seminario “Día internacional del grano entero: el camino a una dieta sostenible y saludable”. Organizado por Fundación Iberoamericana de Nutrición (FINUT). Modalidad virtual. Certificado de asistencia. Granada, España.

María Belén Quelal Tapia (diciembre, 2021). Participación en el Día de campo de Maíz. Organizado por el Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina-INIAP-KOPIA. Mejía, Ecuador.

## 10. Propuestas presentadas:

### Propuesta 1.

**Título:** Desarrollo de modelos matemáticos para predicción del valor nutricional de trigo y cebada como herramienta de determinación de la calidad, para productores a nivel nacional.

**Tipo propuesta:** Proyecto de Investigación.

**Fondos o Convocatoria:** Fondos FIASA

**Fecha presentación:** noviembre 2021.

**Responsable:** INIAP: Iván Samaniego (Departamento de Nutrición y Calidad), Luis Ponce (Programa de Cereales).

**Equipo multidisciplinario:** Javier Garófalo, Patricio Noroña (INIAP-Cereales), Bladimir Ortiz, Carmen Rosales, Verónica Arias (INIAP- Nutrición y Calidad),

**Duración proyecto:** 24 meses.

**Presupuesto:** 340.000 USD

**Estado:** En evaluación

### Propuesta 2.

**Título:** Alternativas tecnológicas para aumentar la competitividad de la cadena de producción y comercialización de la uchuva en el mercado internacional

**Tipo propuesta:** Proyecto de Investigación.

**Fondos o Convocatoria:** Fondos Fontagro

**Fecha presentación:** marzo 2021.

**Responsable:** INIAP-Ecuador: Iván Samaniego (Departamento de Nutrición y Calidad). Agrosavia-Colombia: Jorge Díaz

**Equipo multidisciplinario:** William Viera (INIAP-Fruticultura), Bladimir Ortiz, Carmen Rosales, Verónica Arias (INIAP- Nutrición y Calidad),

**Presupuesto:** 400.000 USD

**Duración proyecto:** 36 meses.

**Estado:** Rechazado

### Propuesta 3

**Título:** Caracterización y valorización de semillas de porotón (*Erythrina edulis*).

**Tipo propuesta:** Proyecto de Investigación.

**Fondos o Convocatoria:** Fundación Cloud Forest Organics

**Fecha presentación:** noviembre 2021.

**Responsable:** Directora del proyecto, Elena Villacrés (Departamento de Nutrición y Calidad)

**Equipo multidisciplinario:** María Belén Quelal (INIAP-DNYC), Investigadores de la UTE

**Presupuesto:** 15000 USD

**Duración proyecto:** 18 meses.

**Estado:** En evaluación

## 11. Hitos/Actividades por proyecto ejecutadas por el programa o departamento:

### ACTIVIDAD 1. Aprovechamiento de la quinua como adjunto para la elaboración de cerveza artesanal

**RESPONSABLE:** Elena Villacrés (DNYC) y Angel Murillo (Programa de Leguminosas)

**COLABORADORES:** María Belén Quelal (DNYC), Alex Leguízamo Medina (CEFA), Norberto Purtschert (Empresa Carán), Ivan Ramos, Mabel Parada, Jaqueline Balseca (ESPOCH).

#### ANTECEDENTE

El consumo de quinua es cada vez más popular entre las personas interesadas en la mejora y el mantenimiento de su estado de salud mediante el cambio de los hábitos alimenticios, ya que es un excelente aportante de elementos nutricionales (Arias, 1991). La producción de quinua en los últimos años ha suscitado en creciente interés entre profesionales, empresas públicas y privadas; debido a que la quinua representa un buen potencial de oportunidades comerciales. Los estudios que hasta la fecha se han realizado en cuanto al mejoramiento de semilla, producción, industrialización y comercialización de la quinua representa una alternativa para la seguridad alimentaria mundial, especialmente para los países donde la población no tiene acceso a fuentes de proteína, o tienen limitaciones en la producción de alimentos. Actualmente, la quinua es considerada como un cultivo promisorio que puede contribuir a disminuir el hambre y la desnutrición y como factor determinante en la reducción de la pobreza especialmente en países como Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia. Las comunidades andinas han sembrado la quinua de manera tradicional principalmente para el autoconsumo, pero debido al incremento de la demanda internacional de este alimento y el aumento de su precio en el mercado en los últimos años, como consecuencia se generan impactos sociales, ambientales y económicos que deben ser evaluados para garantizar la sustentabilidad del cultivo en el territorio (Vega-Gálvez et al., 2010).

La quinua es un cultivo de grano andino ancestral con capacidad de adaptación a condiciones adversas (suelos salinos, pH extremo, sequía y heladas), (Jacobsen et al., 2003). En los últimos años, esta especie ha llamado la atención mundial por su valor nutricional y funcional, así como potencial para aplicaciones farmacéuticas (Bhargava et al., 2006; Hirose et al., 2010; Vega- Gálvez et al., 2010). El valor nutricional de la quinua es ahora reconocido por su proteína de alta calidad (particularmente rica en aminoácidos esenciales), tipo de carbohidratos (de bajo índice glucémico), fuente de riboflavina, tiamina, ácido fólico,  $\alpha$  y  $\gamma$ -tocoferoles. Las semillas presentan alta concentración de calcio, fósforo, magnesio, hierro, zinc, potasio y cobre (Valencia et al., 2017; Jancurová et al., 2009). Adicionalmente tiene cantidades significantes de compuestos bioactivos como fitoesteroles, betaínas, escualeno, carotenoides, vitamina C y polifenoles (Berghofer and Schoenlechner, 2002; Taylor and Parker, 2002; Wijngaard and Arendt, 2006; Álvarez-Jubete et al., 2010). El principal inconveniente es el sabor amargo de los granos, debido a la presencia de saponinas, compuestos que se concentran en las capas externas de las semillas, tienen la capacidad de enlazar minerales y pueden ser eliminadas por

escarificación o lavado del grano (Álvarez- Jubete et al., 2010; Kuljanabagavad et al., 2008).

La transformación del grano de la quinua permite obtener un mejor aprovechamiento de sus cualidades nutritivas, con mayor disponibilidad de sus nutrientes, potenciando su valor como alimento. En esa consideración a partir del grano se pueden obtener una variedad de productos que encajan en la tendencia mundial de consumo de productos naturales y de un interesante potencial de cadena de valor del cultivo de la quinua, (Padrón et al., 2014).

En este concepto se ofrecen distintas opciones de industrialización de quinua y la producción de quinua malteada constituye una alternativa en la cadena de valor y sustentabilidad del cultivo de esta. En el proceso de malteado la quinua se remoja, se germina y se somete a tostado, las reservas de nutrientes principalmente almidón y cuerpos proteicos son convertidas en compuestos básicos como azúcares simples y aminoácidos. En consecuencia, la quinua malteada se constituye en una alternativa buscada sin embargo no se conoce por lo menos a nivel local y regional, los efectos del proceso en las características físicas, composición química y propiedades sensoriales del grano (Miranda et al., 2012).

En el Ecuador el mercado cervecero es una interesante área de estudio puesto que el 79.2% de los 900 mil ecuatorianos que consumen alcohol, prefieren la cerveza frente a otra bebida alcohólica. En la actualidad el éxito de nuevas bebidas y sabores depende de la aceptación del producto en el mercado y de que este se ajuste a las necesidades variables del consumidor.

En vista que existe interés y demanda de cerveza artesanal con nuevos sabores, se estudiará la utilización de la quinua como fuente adjunta de azúcares fermentables y su influencia en las características organolépticas de la cerveza y en la aceptación del consumidor. Esta investigación constituye un aporte orientado a diversificar y ampliar el uso de la quinua, variedad Chimborazo, un material nativo de la provincia, en cuyo rescate y valorización se encuentran empeñados los productores de este grano.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Aprovechar la quinua (Ecotipo Chimborazo) como fuente adjunta de azúcares fermentables para la elaboración de cerveza artesanal

### **Objetivos específicos**

- Determinar las características físico-químicas de la línea CM-09-003 de cebada y de la quinua Ecotipo Chimborazo en estado crudo.
- Evaluar el efecto de la adición de quinua en las características físico-químicas del mosto
- Establecer el nivel de sustitución apropiado para obtener cerveza de buenas características físico-químicas.
- Determinar la aceptabilidad del producto final mediante análisis sensorial.

## METODOLOGÍA

Esta actividad fue aprobada por el Comité Técnico de la EESC, según Memorando Nro. INIAP-EESC\_DIR-2021-2479-MEM de 28 de diciembre de 2021.

### Material vegetal

Como materia prima se utilizó la línea de cebada CM-09-003 que presenta características apropiadas para la elaboración de malta y cerveza. Como adjunto se probó la inclusión de quinua en diferentes concentraciones.

### Reactivos

Ácido sulfúrico, acetato de sodio anhidro, almidón para yodimetía, almidón soluble, yoduro de potasio, tiosulfato de sodio, ferrocianuro de potasio, carbonato de sodio, cloruro de potasio, carbonato de sodio, cloruro de potasio, sulfato de zinc, ácido acético glacial, cloruro de sodio, cloruro de calcio.

### Equipos de laboratorio

Clasificador de granos, tanque de remojo, germinador, baño maría, tostador de granos, brixómetro, macerador, colorímetro, espectrofotómetro, balanza analítica, centrífuga, estufa de secado, molino de malta, titulador automático, vórtex.

### Ingredientes

Lúpulo, levadura ALE, agua de clorada, quinua ecotipo Chimborazo, cebada línea CM-09-

### Características del sitio experimental para determinar la utilización de la quinua como adjunto para la elaboración de cerveza artesanal.

**Ubicación.** Los análisis se realizaron en la EESC, cuya ubicación geográfica se describe en el Tabla 1.

**Tabla 1. Ubicación y características del sitio experimental para evaluar el uso de la quinua como adjunto para la elaboración de cerveza artesanal**

UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Parroquia	Cutuglahua
Altitud	3058 m.
Longitud	78°33' O
Latitud	00°22' S
Temperatura promedio/día	13.3°C
Temperatura máxima promedio/día	19.1°C
Temperatura mínima promedio/día	7.3°C
Humedad relativa promedio/día	76.4 %
Precipitación acumulada/anual	1477.3 mm/año

### Tratamientos usados en la investigación

Los tratamientos con diferentes niveles de inclusión de quinua fueron: T1 (100% cebada), T2 (10% sustitución con quinua), T3 (20% sustitución con quinua), T4 (30% sustitución con quinua), T5 (40% sustitución con quinua) y T6 (100% quinua).

## Análisis estadísticos

Se determinó la distribución espacial mediante la prueba de Shapiro Wilk, para comprobar la distribución normal de los resultados, por lo que se aplicó un diseño completamente al azar. Para los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

## RESULTADOS

El análisis físico-químico de los mostos se indican en la tabla 2. El valor de pH de los mostos varió entre 5,5 a 5,9 pudiendo observar que el tratamiento T6 (100% quinua) y las sustituciones de 20 (T3), 30 (T3) y 40% (T5) se encuentran dentro de este rango. El porcentaje de extracto se lo considera como un factor relevante en el rendimiento industrial debido a su relación con el rendimiento en la producción. Algunos autores reportan para mostos de cebada, contenidos de extractos que varían entre 72,25 a 74,89%. Según esto sólo el tratamiento T2 (10 % de sustitución con quinua) se encuentra dentro del mencionado rango. Respecto a la viscosidad todos los tratamientos presentaron valores que variaron entre 1 a 2 cP, lo cual según el The Institute of Brewing & Distilling corresponde a niveles normales que no ocasionarán problemas en la elaboración de cerveza.

El color del mosto depende del tipo de malta utilizada y no es mayormente influenciado por el proceso de fermentación. La densidad del mosto presentó un valor promedio de 1.04415 g/ml, que se enmarca dentro de los niveles normales para mostos provenientes de cebadas malteras.

**Tabla 2. Análisis físico-químico de mostos con diferentes niveles de inclusión de quinua**

Análisis	T1	10%-T2	20%-T3	30%-T4	40%-T5	T6
Densidad	1,023±0,033 <sup>a</sup>	1,031±0,001 <sup>a</sup>	1,024±0,001 <sup>a</sup>	1,017±0,016 <sup>a</sup>	1,020±0,002 <sup>a</sup>	1,091±0,100 <sup>b</sup>
Viscosidad	1,436±0,180 <sup>c</sup>	1,294±0,221 <sup>b</sup>	1,285±0,222 <sup>b</sup>	1,532±0,024 <sup>c</sup>	1,126±0,223 <sup>a</sup>	1,257±0,171 <sup>b</sup>
Color						
L	20,780±11,820 <sup>a</sup>	19,110±7,979 <sup>a</sup>	18,420±6,624 <sup>a</sup>	20,930±8,928 <sup>a</sup>	17,350±1,530 <sup>a</sup>	22,420±6,313 <sup>a</sup>
C	12,030±9,881 <sup>c</sup>	5,524±7,215 <sup>b</sup>	5,515±11,78 <sup>b</sup>	6,056±2,352 <sup>b</sup>	3,492±3,867 <sup>a</sup>	19,59±1,776 <sup>c</sup>
H	98,380±4,759 <sup>b</sup>	-14,400±215,8 <sup>b</sup>	-34,800±163,7 <sup>b</sup>	-73,5±12,68 <sup>a</sup>	-5,34±201,9 <sup>b</sup>	96,79±1,750 <sup>b</sup>
°Plato	5,802±8,262 <sup>a</sup>	7,935±0,305 <sup>a</sup>	6,291±0,389 <sup>a</sup>	4,564±4,129 <sup>a</sup>	5,126±0,637 <sup>a</sup>	22,47±24,55 <sup>b</sup>
% Extracto	54,02±80,85 <sup>a</sup>	74,52±3,117 <sup>a</sup>	58,04±3,839 <sup>a</sup>	41,53±38,91 <sup>a</sup>	46,72±6,122 <sup>a</sup>	262,5±345,1 <sup>b</sup>
Sólidos Solubles	9,066±0,286 <sup>c</sup>	8,866±0,143 <sup>c</sup>	8,566±0,143 <sup>b</sup>	8,433±0,143 <sup>b</sup>	8,500±0,430 <sup>b</sup>	5,433±0,286 <sup>a</sup>
pH	5,420±0,000	5,450±0,000	5,500±0,000	5,510±0,000	5,530±0,000	5,540±0,000
% Proteína soluble	0,879±0,048 <sup>b</sup>	0,660±0,460 <sup>b</sup>	0,400±0,043 <sup>a</sup>	0,843±0,151 <sup>b</sup>	0,926±0,127 <sup>b</sup>	1,334±0,319 <sup>c</sup>
Turbidez	22,660±7,171 <sup>b</sup>	25,660±5,171 <sup>b</sup>	24,000±0,000 <sup>b</sup>	16,000±2,484 <sup>a</sup>	18,000±4,302 <sup>a</sup>	31,660±1,434 <sup>c</sup>
Acidez	0,091±0,007 <sup>a</sup>	0,097±0,005 <sup>a</sup>	0,086±0,007 <sup>a</sup>	0,093±0,007 <sup>a</sup>	0,120±0,007 <sup>b</sup>	0,176±0,027 <sup>c</sup>
Aceptabilidad	2,150±0,1316 <sup>b</sup>	1,925±0,1316 <sup>c</sup>	2,168±0,1317 <sup>b</sup>	2,206±0,1316 <sup>a</sup>	2,1313±0,1317 <sup>b</sup>	1,793±0,1316 <sup>c</sup>
Densidad	1,021±0,016 <sup>b</sup>	1,000±0,001 <sup>a</sup>	1,003±0,001 <sup>a</sup>	0,999±0,007 <sup>a</sup>	1,003±0,001 <sup>a</sup>	1,005±0,010 <sup>a</sup>
Viscosidad	6,820±1,409 <sup>d</sup>	2,108±0,002 <sup>b</sup>	2,971±0,779 <sup>c</sup>	1,855±0,218 <sup>b</sup>	1,914±0,215 <sup>b</sup>	1,211±0,012 <sup>a</sup>

T1 cebada 100%, T2 10% de sustitución con quinua, T3 20% de quinua, T4 30 % quinua, T5 40 % quinua, T6 quinua 100 %. Valores marcados con diferentes letras indican diferencias significativas (P< 0,05). Media ± desviación estándar (n = 03).

La proteína soluble de los tratamientos T2 (10% de sustitución con quinua) y T3 (20% de sustitución con quinua) se enmarcó en la variación normal para mostos de cebada (0,35-0,60%), los demás tratamientos presentaron mayores valores de proteína soluble. Los sólidos solubles variaron entre 5,43 a 9,06 °Brix y se enmarcaron dentro del rango establecido para mostos de cebadas cerveceras (5 a 14°Brix). La turbidez varía entre 16 a 31.66 FAU. El menor valor correspondió al mosto con 30% de sustitución de quinua,

mientras que la mayor turbidez presentó el mosto elaborado con quinua al 100%, lo cual podría deberse al mayor contenido de proteínas, carbohidratos y ácidos grasos, en los mostos de quinua sin inclusión de cebada.

**Tabla 3: Análisis realizados en Cervezas Obtenidas de los mostos cebada-quinua**

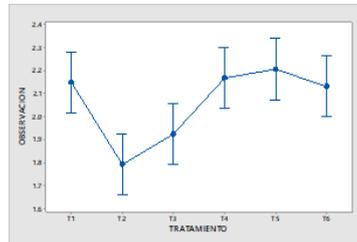
Análisis	T1	10%-T2	20%-T3	30%-T4	40%-T5	T6	
Densidad	1,021±0,016 <sup>b</sup>	1,000±0,001 <sup>a</sup>	1,003±0,001 <sup>a</sup>	0,999±0,007 <sup>a</sup>	1,003±0,001 <sup>a</sup>	1,005±0,010 <sup>a</sup>	
Viscosidad	6,820±1,409 <sup>d</sup>	2,108±0,002 <sup>b</sup>	2,971±0,779 <sup>c</sup>	1,855±0,218 <sup>b</sup>	1,914±0,215 <sup>b</sup>	1,211±0,012 <sup>a</sup>	
Color	L	14,64±7,583 <sup>a</sup>	19,58±2,450 <sup>b</sup>	17,53±1,093 <sup>b</sup>	18,48±4,770 <sup>b</sup>	16,32±0,448 <sup>b</sup>	
	C	4,206±3,947 <sup>a</sup>	3,208±2,012 <sup>a</sup>	4,284±3,981 <sup>a</sup>	4,951±8,143 <sup>a</sup>	3,413±4,955 <sup>a</sup>	6,518±3,513 <sup>a</sup>
	H	-41,7±46,17 <sup>b</sup>	-60,8±18,49 <sup>b</sup>	-70,4±19,33 <sup>a</sup>	-48,3±59,26 <sup>b</sup>	-11,3±66,23 <sup>b</sup>	-61,4±38,06 <sup>a</sup>
Sólidos Solubles °Brix	19,33±0,717 <sup>f</sup>	6,466±0,143 <sup>b</sup>	8,466±0,143 <sup>c</sup>	8,900±0,248 <sup>d</sup>	9,433±0,379 <sup>e</sup>	4,066±0,286 <sup>a</sup>	
pH	4,32±0,00	4,11±0	3,88±0,000	4,08±0,000	4,07±0,000	5,91±0,000	
Turbidez	228,6±1,434 <sup>f</sup>	101,6±1,434 <sup>a</sup>	34,000±0,000 <sup>a</sup>	51,33±1,434 <sup>b</sup>	141±0 <sup>e</sup>	120,6±2,868 <sup>d</sup>	
Acidez titulable (% ácido láctico)	0,465±0,016 <sup>a</sup>	0,476±0,004 <sup>a</sup>	0,313±0,337 <sup>b</sup>	0,473±0,024 <sup>b</sup>	0,546±0,015 <sup>b</sup>	0,549±0,000 <sup>b</sup>	
Grado Alcohólico	11,000±0,000 <sup>e</sup>	9,666±1,434 <sup>d</sup>	9,000±0,000 <sup>c</sup>	6,666±2,868 <sup>a</sup>	10,000±0,000 <sup>e</sup>	8,000±0,000 <sup>b</sup>	

T1 cebada 100%, T2 10% de sustitución con quinua, T3 20% de quinua, T4 30 % quinua, T5 40 % quinua, T6 quinua 100 %. Valores marcados con diferentes letras indican diferencias significativas (P < 0.05). Media ± desviación estándar (n = 3).

En la tabla 3 se muestra los análisis realizados a las cervezas obtenidos con la incorporación de quinua. El tratamiento T4 (30% de sustitución de quinua) presentó una viscosidad de 1,885 cP, que se enmarca en el rango normal de bebidas fermentadas (1,58 a 1,70 cP). Los valores de pH de la cerveza variaron entre 3,88 a 5,91 comparables a los citados para cervezas elaboradas en España y Bélgica (3,8 a 5,2). Respecto a la acidez titulable el tratamiento T4 (30% de sustitución con quinua), se enmarca en el rango de las cervezas normales (0,1 a 0,3%). Las cervezas elaboradas con los demás tratamientos presentaron valores mayores, correspondientes a bebidas ácidas. Respecto a la densidad los tratamientos T3 (20% de sustitución con quinua), T5 (40% de sustitución) y T7 (100% quinua) presentaron valores similares (1,006 g/ml) a los reportados por Figueroa, (1985). Este mismo autor reportó un promedio de 8,53 °Brix para los sólidos solubles de la cerveza. A este nivel se aproximaron las bebidas elaboradas con 20 y 30% de sustitución de malta por quinua.

En lo que respecta al grado alcohólico varios autores señalan un rango de variación de 6,66 a 11,0 °GL, a cuyo límite inferior se aproximó la cerveza elaborada con 30% de sustitución de quinua, que presentó un promedio de 6,4 °GL. La turbidez de la cerveza varió de 34 a 228,6 FAU, los cuales exceden al de las cervezas elaboradas con malta de cebada (4,7 FAU) podría deberse al mayor contenido de proteína proveniente de la quinua. El color de la cerveza puede ser afectado en varias etapas de la elaboración, una de estas es el fermentado debido a que se pueden producir compuestos fenólicos, otro de los factores que influyen es la calidad de la materia prima y el agua que interviene en la etapa de maceración (Bhargava, et al., 2006).

En lo que respecta a la aceptabilidad del producto final, los resultados se presentan en la Figura 1, observando que existen diferencias significativas entre los tratamientos; dado que no comparten percepciones iguales para la elaboración de la nueva cerveza artesanal, siendo la menos aceptada por los catadores el tratamiento T6 (100% Quinua) y la bebida con mayor aceptación correspondió al tratamiento T4 (30% quinua, 70% cebada).



**Figura 1. Intervalo de observaciones por tratamiento**

## CONCLUSIONES

- Con esta investigación se demostró la posibilidad de utilizar la quinua en un nuevo producto, lo que amplía las posibilidades de diversificación de la quinua. No fue posible elaborar cerveza con 100% quinua, pero si como adjunto, debido a sabores indeseables que se generan en el proceso de fermentación, posiblemente por el mayor contenido de aminoácidos azufrados (metionina, triptófano).
- La quinua fue sometida a un proceso de desaponificación previo a la germinación. Las dos especies de grano (cebada y quinua), cumplieron con los parámetros establecidos en la normatividad nacional para su uso industrial.
- Mediante pruebas estadísticas se determinó que el tratamiento T5 (30% quinua; 70% cebada) resultó apropiado para la elaboración de mostos con facilidad de filtración, menor viscosidad, buen color, baja acidez, turbidez y proteína.
- El tratamiento con 40% de sustitución con quinua (T5) presentó las características que definen una cerveza artesanal, expresada en los siguientes parámetros: densidad (0,999 g/mL), viscosidad (1,856cP), sólidos solubles (8,9°Brix), pH (4,08), turbidez (51,33 FAU), acidez (6,06%) y grado alcohólico (6,67% v/v).
- La cerveza elaborada con 30 % de sustitución de quinua por cebada, alcanzó la mayor aceptabilidad sensorial entre los catadores que probaron y calificaron el producto.
- Parámetros adicionales de calidad como contenido de hierro, cobre, zinc, arsénico y plomo permitieron verificar que la cerveza elaborada con la inclusión de 30 % de quinua cumple con los estándares establecidos en la Norma INEN 2262 para bebidas alcohólicas.
- Del análisis técnico-económico se desprende que el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), el Beneficio Costo (B/C) y el Periodo de Recuperación de Inversión (PRI) son positivos, lo que permite inferir que el proyecto es viable desde el punto de vista financiero.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarez-Jubete, L., Wijngaarda, H., Arendtb, E., & Gallagera, E. (2010). Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*, 119(2), 770-778.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.032>

- Arias, G. (1991). Calidad industrial de la cebada cervecera. [en línea]. Uruguay: INIA. 1991, pp. 20-22. [Consulta: 8 Marzo 2021]. ISBN 9974556171. Disponible en: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807120028.pdf>.
- Berghofer, E & Schoenlechner, R. (2002). Grain Amaranth. En: Pseudocereals and Less Common Cereals, Belton, P., & Taylor John, Eds. Springer Publisher, Berlin, Heidelberg; 219-260. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-662-09544-7\\_3](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-662-09544-7_3)
- Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2006). Chenopodium quinoa-An Indian perspective. *Industrial Crops and Products*, 23(1), 73-87. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.04.002>
- Hirosea, Y., Fujitab, T., Ishiic, T., & Uenoc, N. (2010). Antioxidative properties and flavonoid composition of Chenopodium quinoa seeds cultivated in Japan. *Food Chemistry*, 119(4), 1300-1306. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.008>
- Jacobsen, S. E., Mujica, A., & Ortiz, R. (2003). La Importancia de los Cultivos Andinos. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 13(36), 14-24. <https://doi.org/0798-3069>
- Jancurová, M., Minarovičová, L., & Dandár, A. (2009). Quinoa – a Review. *Czech J. Food Sci.*, 27(2), 71-79.
- Kuljanabhadgavad, T., Thongphasuk, P., Chamulitrat, W., & Wink, M. (2008). Saponinas triterpénicas de Chenopodium quinoa Willd. *Fitoquímica*, 69(9), 1919-1926. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.03.001>
- Miranda, M., Vega-Gálvez, A., Quispe-Fuentes, I., Rodríguez, M., Maureira, H. & Martínez, E.A. (2012). Nutritional aspects of six quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) ecotypes from three geographical areas of Chile. *Chilean journal of agricultural research*, 72 (2), 175.
- Padrón, C., Oropeza, R. & Montes, A. (2014). Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5 (2), 166-218.
- Taylor, J., & Parker, M. (2002). Quinoa. En *Pseudocereals and Less Common Cereals*. Belton, P., & Taylor John, Eds. Springer Publisher, Berlin, Heidelberg;93-122. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-662-09544-7\\_3](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-662-09544-7_3)
- Valencia, Z., Cámara, F., Ccapa, K., Catacora, P. & Quispe, F., “Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de semillas de quinua peruana (*Chenopodium quinoa* w.)”. *soc quim Perú*, vol. 83, no. 1 (2017), (Perú) pp. 16-29.
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2541-2547. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>
- Wijngaard, S., & Arendt, E. (2006). Alforfón. *Cereal Chemistry*, 83(4), 391-401. <https://doi.org/https://doi.org/10.1094/CC-83-0391>

## **ACTIVIDAD 2. Desarrollo de la tecnología de elaboración de un producto vegano, tipo queso fresco, enriquecido con chocho (*Lupinus mutabilis*)**

**RESPONSABLE:** Elena Villacrés DNYC.

**COLABORADORES:** María Belén Quelal (DNYC), Elisa Jaramillo (Tesisista UTC), Franklin Molina (UTC)

### **ANTECEDENTE**

Los productos de origen animal causan un mayor impacto ambiental debido a que se necesita mayores áreas de cultivo, cantidades de agua y son responsables de la emisión del 20-30% de gases de efecto invernadero, las dietas que reducen el consumo de carne y aumentan el consumo de vegetales son más sustentables y prestan mayores beneficios a la salud, teniendo en cuenta que se debe mantener un equilibrio ya que los productos basados en plantas proporcionan menor cantidad de proteína asimilable que un producto de origen animal (Graso et al., 2021). La predominancia de las alergias a las proteínas de la leche a nivel mundial es del 1,9-4,9% y en el Ecuador esta patología es de las más comunes en niños menores de 5 años y su prevalencia en adultos suele ser del 1-4% pero en el caso de la lactosa se estima que alrededor del 70% de los adultos son intolerantes en cierto grado. Por lo que se busca producir productos alternativos a los de origen animal, que no contengan lácteos para evitar problemas tales como cólicos, diarrea, gases o erupciones en la piel, (Jaimes et al., 2012).

El consumo de alimentos más nutritivos y sustentables es una tendencia que va en aumento, por lo que hoy en día se investiga en el desarrollo de alimentos vegetales nutritivos, de consumo habitual en la dieta, como el queso que es muy consumido mundialmente y normalmente se prepara con leche de vaca, sin embargo es posible reemplazar la leche por leguminosas aprovechando su composición química particular, rica en proteínas y con un aporte de almidón, componente necesario para alcanzar la textura deseada del queso y superar el valor nutritivo del queso elaborado con leche de vaca, a través de la adición de concentrados o aislados proteicos (Ulloa et al. 2012).

### **OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Desarrollar la tecnología de elaboración de un producto vegano, tipo queso enriquecido con chocho (*Lupinus mutabilis*)

#### **Objetivos específicos**

- Determinar las características físico-químicas de los granos de arveja, haba, fréjol y chocho, utilizadas como materia prima para la elaboración del producto vegano
- Obtener un aislado proteico de chocho y evaluar sus características físico-químicas
- Determinar la formulación y el proceso óptimo para la obtención del producto vegano, tipo queso fresco.
- Determinar el perfil nutricional y la aceptabilidad sensorial del queso obtenido.

## METODOLOGÍA

Esta actividad fue aprobada por el Comité Técnico de la EESC, según Memorando Nro. INIAP-EESC\_DIR-2021-2479-MEM de 28 de diciembre de 2021.

### Material Vegetal

Se trabajó con los siguientes granos: chocho (Andino 450), arveja amarilla (variedad esmeralda), haba (LH3) y fréjol blanco (variedad fanesquero). El desarrollo del producto y los análisis se efectuarán en los laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad, EESC-INIAP.

### Características del sitio experimental

El producto y los análisis se realizaron en la Estación Experimental Santa Catalina. La ubicación geográfica de los sitios mencionados se describe en la tabla 4.

**Tabla 4. Ubicación geográfica del sitio experimental**

Elaboración y análisis del producto	
<b>Provincia</b>	Pichincha
<b>Cantón</b>	Mejía
<b>Parroquia</b>	Cutuglahua
<b>Sitio</b>	EE. Santa Catalina
<b>Altitud</b>	3050 msnm
<b>Latitud</b>	00° 22 s
<b>Longitud</b>	78° 33

### Unidad experimental

Las unidades experimentales constituyeron 250 g de producto por cada tratamiento y se tendrán 54 unidades experimentales.

### Tratamientos

En la tabla 5 y 6, se describen los tratamientos considerados para determinar el efecto del grano, el porcentaje de proteína aislada y la temperatura de cocción, utilizados en la elaboración del producto vegano tipo queso fresco. Los factores y niveles se determinaron en base a pruebas previas realizadas en el laboratorio.

**Tabla 5. Factores en estudio para determinar el efecto del grano utilizado y el porcentaje de proteína aislada en la elaboración del producto vegano tipo queso fresco.**

Factores en estudio	Niveles de los factores	Descripción
Tipo de grano	G <sub>1</sub>	Arveja amarilla
	G <sub>2</sub>	Fréjol blanco
	G <sub>3</sub>	Haba
Porcentaje de proteína aislada	P <sub>1</sub>	0%
	P <sub>2</sub>	0,8%
	P <sub>3</sub>	1,6%
Temperatura de cocción	T <sub>1</sub>	75°C
	T <sub>2</sub>	85°C

**Tabla 6. Tratamientos para determinar el efecto del grano utilizado y el porcentaje de proteína aislada en la elaboración del producto vegano tipo queso fresco.**

Tratamientos	Códigos	Descripción
T1	G <sub>1</sub> P <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	Arveja amarilla; 0% de proteína; 75°C
T2	G <sub>1</sub> P <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	Arveja amarilla; 0% de proteína; 85°C
T3	G <sub>1</sub> P <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	Arveja amarilla; 0,8% de proteína; 75°C
T4	G <sub>1</sub> P <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	Arveja amarilla; 0,8% de proteína; 85°C
T5	G <sub>1</sub> P <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	Arveja amarilla; 1,6% de proteína; 75°C
T6	G <sub>1</sub> P <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	Arveja amarilla; 1,6% de proteína; 85°C
T7	G <sub>2</sub> P <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	Fréjol blanco; 0% de proteína; 75°C
T8	G <sub>2</sub> P <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	Fréjol blanco; 0% de proteína; 85°C
T9	G <sub>2</sub> P <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	Fréjol blanco; 0,8% de proteína; 75°C
T10	G <sub>2</sub> P <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	Fréjol blanco; 0,8% de proteína; 85°C
T11	G <sub>2</sub> P <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	Fréjol blanco; 1,6% de proteína; 75°C
T12	G <sub>2</sub> P <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	Fréjol blanco; 1,6% de proteína; 85°C
T13	G <sub>3</sub> P <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	Haba; 0% de proteína; 75°C
T14	G <sub>3</sub> P <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	Haba; 0% de proteína; 85°C
T15	G <sub>3</sub> P <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	Haba; 0,8% de proteína; 75°C
T16	G <sub>3</sub> P <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	Haba; 0,8% de proteína; 85°C
T17	G <sub>3</sub> P <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	Haba; 1,6% de proteína; 75°C
T18	G <sub>3</sub> P <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	Haba; 1,6% de proteína; 85°C

### Diseño experimental y análisis de datos

Se utilizó el software InfoStat para procesar los datos y se aplicó un diseño completamente al azar, en arreglo trifactorial GxPxR, el esquema se presenta en la Tabla 7. En los tratamientos significativos se aplicó la prueba de Tukey al 5 %.

Número de repeticiones: 3

Número de tratamientos: 18

Tamaño de la Unidad Experimental: 250 g de queso por cada tratamiento.

### Análisis estadístico

**Tabla 7. Esquema del análisis de varianza**

Fuente de Variación	Grados de libertad
Total	53
Tratamientos	17
Tipo de grano (G)	2
Concentración de proteína (P)	2
Temperatura de proceso	1
Interacción GxP	4
Interacción GxR	2
Interacción PxR	2
Interacción GxPxR	4
Error experimental	19

### Manejo específico del experimento

Se procedió a la obtención de harinas de los diferentes granos. Se evaluó las características físico, químicas de las harinas. El aislado proteico se obtuvo aplicando la metodología sugerida por Villacrés et al., (2006). Luego el producto vegano se elaboró a partir de la molienda húmeda de los granos con inclusión de proteína aislada de chocho y diferentes condimentos para mejorar el sabor. El slurry de granos se vertió en un biorreactor, provisto de agitación y control de temperatura. Se ensayaron procesos de

cocción en un biorreactor hasta alcanzar una textura semisólida, que se vertieron en moldes, que serán almacenados a 7 °C por 8 h.

### Métodos de evaluación

Con el fin de determinar las características físico-químicas de los granos de arveja, haba, fréjol y la bebida vegetal de chocho se evaluaron las siguientes variables:

**Fibra Cruda:** Cuyo principio se basa en la digestión de la muestra con una solución ácida y posteriormente con una solución alcalina, posteriormente los residuos se recogen en un crisol con filtro, se incinera la muestra y se determina la pérdida de peso. Método 985.29., AOAC, (1988).

**Grasa:** Cuyo fundamento se basa en la deshidratación de la muestra con hexano y posteriormente el secado del residual en la estufa y se determina la diferencia de peso. Método 920.39C., AOAC, (1990).

**Proteína:** El cual emplea digestión ácida con ácido sulfúrico el cual genera sulfato de amonio y posteriormente se destila para titular y para determinar el contenido de nitrógeno de la muestra. Método 2.062., AOAC, (1984).

**Ceniza:** Método que se basa en la incineración de las muestras y la diferencia del peso inicial de la muestra. Método 942.05., AOAC, (1990).

**Humedad:** Se basa en el principio del desecado de la muestra en la estufa a 105 °C y se determina la diferencia del peso inicial. Método 23.003., AOAC, (2003).

**Carbohidratos:** Se determinó mediante diferencia de los valores obtenidos anteriormente.

Para fréjol, arveja y haba se determinaron las siguientes variables adicionales:

**Almidón total:** El cual se basa en un procedimiento enzimático-colorimétrico. Método de Tovar et al. (1990).

**Amilosa:** Se basa en la facultad que tienen los componentes del almidón presente en los granos para acomplejar con un indicador de yodo. Método de Morrison y Laignelet (1983).

**Temperatura de gelificación:** Método que se basa en la absorción del yodo y el cambio de color que ocurre cuando las moléculas de almidón forman complejos al iniciar su proceso de gelatinización. Método de Cañizares et al. (1993).

**Propiedades funcionales del almidón presente:** Su principio se basa en la capacidad que tiene el gránulo de almidón para absorber agua y la exudación de fracciones de almidón conforme incrementa la temperatura del medio en el que se encuentra. Método de Anderson et al. (1969).

De la bebida vegetal de chocho se consideraron las siguientes variables adicionales:

**Densidad:** El cual se basa en el fundamento de determinar el peso de la muestra y del agua en un volumen constante. Método 962.37., AOAC, (2012).

**Rendimiento:** Se consideró la cantidad de bebida vegetal obtenida a partir de un kilogramo de chocho desamargado.

**Viscosidad:** El cual se basa en el tiempo en segundos en el que un fluido recorre el viscosímetro. Método 22.009, 22.010, 22.011., AOAC, (1984).

Para determinar las características físico-químicas del aislado proteico se consideraron las siguientes variables:

**Rendimiento:** Se consideró la cantidad de aislado proteico obtenido a partir de un kilogramo de chocho desengrasado.

**Proteína:** mediante el método 2.062., AOAC, (1984) anteriormente descrito.

**Capacidad de retención de agua y aceite:** Consiste en la capacidad de retención de agua o aceite de la muestra ante el efecto de una fuerza externa como puede ser la gravedad o la centrifugación. Método de Naczk (1985).

**Gelificación:** Se basa en la capacidad de la muestra de crear gel a diferentes concentraciones. Método de Coffman y García (1977).

Con el fin de analizar la formulación con mayor aceptabilidad y perfil nutricional del producto vegano obtenido se analizaron las siguientes variables:

Proteína, fibra cruda, grasa, humedad, ceniza y carbohidratos, cuyos métodos ya fueron anteriormente descritos.

**Dureza:** Se basa en el uso del texturómetro TA-XT-2i, sometiendo las muestras a pruebas de compresión. Método descrito por Zúñiga Hernández et al. (2007)

**Actividad de agua:** Siguiendo el método 978.19 de la AOAC.

## RESULTADOS

En la tabla 8 se indica la composición proximal de los diferentes tratamientos para la obtención del queso vegano. Los tratamientos T11 y T12 (fréjol blanco, 1,6% proteína aislada de chocho 75°C y 80°C respectivamente), resultaron con un mayor aporte de proteína (39,52 y 40,54%), grasa (8,10; 7,30%) y menor contenido de carbohidratos totales, con respecto a los demás tratamientos, lo que se correlacionó con la mayor aceptabilidad sensorial.

**Tabla 8. Composición proximal de los tratamientos para la obtención del queso vegano**

Tratamiento	Grasa	Proteína	Fibra	Ceniza	Carbohidratos	Sólidos	
						totales	aW
Porcentaje							
T1	8,30	24,94	6,45	5,47	54,85	16,10	0,94
T2	7,83	25,38	6,90	5,50	54,39	15,83	0,94
T3	8,33	25,81	6,30	5,77	53,79	15,67	0,95
T4	9,50	25,52	6,70	5,13	53,15	16,17	0,97
T5	7,87	27,85	6,15	5,50	52,63	14,83	0,95
T6	9,10	27,27	6,70	5,03	51,90	16,70	0,95
T7	7,67	28,73	3,25	5,57	54,79	15,43	0,95
T8	6,57	31,99	3,30	5,50	52,65	16,07	0,95
T9	7,63	28,88	3,10	5,30	44,45	15,17	0,95
T10	7,03	27,56	2,75	5,83	43,84	16,40	0,95
T11	8,10	39,52	3,45	5,77	43,16	15,63	0,96
T12	7,30	40,54	3,05	5,97	43,14	14,63	0,96
T13	7,93	32,67	3,10	5,93	50,37	14,30	0,96
T14	5,43	33,98	2,75	5,57	52,27	16,40	0,96
T15	8,63	32,76	2,90	5,07	50,64	14,33	0,97
T16	8,53	33,10	2,75	4,90	50,71	14,77	0,97
T17	8,93	32,81	3,60	5,07	49,59	14,50	0,98
T18	10,43	34,27	3,70	5,33	46,26	16,27	0,95

El perfil de textura instrumental se indica en la tabla 9. El análisis del perfil de textura comprime dos veces una porción de queso para ser mordida, simulando la acción de masticación con los dientes. La curva de fuerzas generada en función del tiempo se conoce como perfil de textura. Los picos de fuerza y las áreas bajo la curva se utilizan para determinar varias propiedades de los alimentos como la fracturabilidad, la dureza, la cohesividad, la adhesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad. No se determinó diferencias significativas en la cohesividad y elasticidad de los productos tipo queso, procesados con los diferentes granos y la inclusión de proteína aislada de chocho. La adhesividad varió en función del porcentaje de inclusión del aislado proteico de chocho, lo que evidencia las buenas propiedades gelificantes y adhesivas de la proteína vegetal.

**Tabla 9. Componentes de la textura instrumental de los tratamientos para la obtención de queso vegano**

Tratamiento	Dureza	Adhesividad	elasticidad Newton	Cohesividad	Masticabilidad
T1	2,27	7,54	1,00	1,00	2,27
T2	2,29	7,78	1,00	1,00	2,29
T3	2,47	4,93	1,00	1,00	2,47
T4	2,16	6,59	1,00	1,00	2,16
T5	2,31	5,51	1,00	1,00	2,31
T6	2,22	4,93	1,00	1,00	2,22
T7	2,12	8,63	1,00	1,00	2,12
T8	2,18	2,63	1,00	1,00	2,18
T9	2,23	6,35	1,00	1,00	2,23
T10	2,35	4,97	1,00	1,00	2,35
T11	2,27	8,86	1,00	1,00	2,27
T12	2,17	5,59	1,00	1,00	2,17
T13	2,17	2,39	1,00	1,00	2,17
T14	2,09	3,64	1,00	1,00	2,09
T15	2,19	2,83	1,00	1,00	2,19
T16	2,10	2,75	1,00	1,00	2,10
T17	2,11	3,87	1,00	1,00	2,11
T18	2,20	2,75	1,00	1,00	2,20

## CONCLUSIONES

- En este tipo de productos desempeñan un papel preponderante los almidones y las proteínas de los diferentes granos, cuyas propiedades funcionales contribuyen a la forma y textura de los productos veganos.
- Otro factor que influye en los componentes de la textura es la temperatura de gelificación de los almidones de los granos, la cual varió entre 75 a 85°C y contribuyó a mejorar las características sensoriales y la forma de los productos veganos.
- Los productos tipo queso presentaron bajos valores de dureza, lo que permite enmarcarlo en la categoría de quesos blandos o suaves.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson R., Conway B., & Peplinski B. (1969). Gelatinization of corn grifts by roll and extrusion cooking. *Cereal Science Today*.14, 4-12.

AOAC. (1984, 1988, 1990, 2003, 2012). Official Methods of Analysis. (16th ed). AOAC International. Gaithersburg, MD, USA.

Cañizares, H.E., López, P.R., León, A.J., Sánchez, Z.R., & Morales, T.R., (1993). Acetilación del almidón de maíz con ácido acético. *Revista de la Facultad de Ingeniería química*, 22, 43-47.

Coffman C.W., & García, V.V. (1977). Functional properties and amino acid content of protein isolate from mung bean flour. *International Journal of Food Science & Technology*, 12(5), 473-484.

Grasso, N., Roos, Y. H., Crowley, S. V., Arendt, E. K., & O'Mahony, J. A. (2021). Composition and physicochemical properties of commercial plant-based block-style products as

alternatives to cheese. *Future Foods*, 4, 100048.  
<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100048>

Jaimes, J.; Restrepo, D.; Acevedo, D. (2012). Propiedades funcionales de aislados proteicos de leguminosas. *ReCiTeIA*, 11(2), 21-32.

Morrison, W., & Laignelet, B. (1983). An improved colorimetric procedure for determining apparent amylose and total amylose in cereal and other starches. *Journal of Cereal Science*, 1(1), 9-20.

Naczki, M., Diosady, L., & Rubin, L. (1985). Functional properties of canola meals produced by two-phase solvent extraction system, *J. Food Sc.* 1 (50), 1685.

Tovar, J., Granfeldt Y., & Björck IM. (1992) Effect of processing on blood glucose and insulin responses to starch in legumes. *J. Agr. Food Chem*, 40(10), 1846-1851.

Ulloa, J. A., Rosas-Ulloa, P., Ramírez-Ramírez, J. C., & Rangel-Ulloa, B. E. (2012). Producción de aislados proteicos a partir de subproductos industriales. *Nueva Época*, 4(11).

Villacrés, E., Rubio, A., Egas, L., & Segovia, G. (2006). Usos alternativos del chocho: Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) alimento andino redescubierto. Departamento de Nutrición y Calidad de los Alimentos-INIAP. Quito, Ecuador. (Boletín Divulgativo N° 333).

Zuñiga, L., Ciro, H., & Osorio, A. (2007). Estudio de la dureza del queso Edam por medio de análisis de perfil de textura y penetrometría por esfera. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 60(1), 3797-3811.

### **ACTIVIDAD 3. Determinación de la capacidad de reventado de varios genotipos de maíz duro**

**RESPONSABLE:** Elena Villacrés DNYC.

**COLABORADORES:** María Belén Quelal (DNYC), José Luis Zambrano (Programa de Maíz)

#### **ANTECEDENTE**

El maíz ha desempeñado un papel primordial en el desarrollo de la humanidad, fue el sustento de las culturas incas. La importancia de este cereal va más allá de la alimentación porque forma parte de las ceremonias religiosas, del pensamiento, la literatura y poesía. Actualmente la industria utiliza el maíz como materia prima para la elaboración e balanceados y en la obtención de compuestos químicos para la producción de medicinas, cosméticos, jarabes, dextrosa, almidón o maicenas, aceites, colorantes, alcohol e infinidad de usos (De la O et al., 2015).

El maíz presenta una gran diversidad de formas, tamaños, colores, texturas y adaptaciones a diferentes ambientes, si bien todos los maíces pertenecen a la misma especie, los tipos o razas que los diferencian corresponden a una clasificación artificial, no botánica. Existe, además, una serie de genes que modifican la composición química del endospermo, que configura las características físicas que permiten establecer tipos comerciales bastantes claros. Desde el punto de vista comercial los maíces se clasifican de acuerdo con la dureza del grano: dentados, duros, harinosos, dulces, reventones, ornamentales y maíces para usos especiales (ILSI, 2006).

Canguil es el nombre que se emplea para maíces que tienen la capacidad de reventar para producir palomitas o rosetas de maíz. El canguil, también conocido como maíz “rosero”, ‘reventador’ o ‘revienta ollas’ presenta granos pequeños, su endospermo es muy duro y su pericarpio es grueso (Paliwal et al., 2001). El canguil se cultiva para consumo humano como rosetas de maíz o palomitas, galletas, dulces, pinole y también se puede usar para hacer tortillas (Mishra et al., 2014). La capacidad de reventar del canguil está condicionada a varios factores, tales como: tamaño, volumen y humedad del grano, genotipo, peso de 1 000 semillas, procedimiento de secado, cantidad de daño en el pericarpio y endospermo, entre otros (Karababa, 2006; Mishra et al., 2014). También son importantes los parámetros que incluyen el sabor, la textura, el color y la forma, para obtener unas palomitas de buena calidad, ya que, entre mayor volumen tenga el grano, proporcionará mejor textura una vez reventado. Los granos revientan cuando se calientan alrededor de 177 °C (Pajic, 2007).

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Establecer un protocolo estándar del método de reventado de palomitas de maíz, que permita realizar las evaluaciones de los genotipos en el programa de mejoramiento genético, mediante el manejo de los principales factores que inciden en el reventado.

## METODOLOGÍA

Esta actividad es continuación de la aprobada por el Comité Técnico de la EESC, según Memorando Nro. INIAP-DGCC-2020-0123-MEM.

### Material Vegetal

Se utilizaron seis genotipos de canguil y uno comercial, proporcionados por el Programa de maíz, EESC.

### Proceso de Reventado

Para las pruebas de reventado se utilizó un horno microondas marca LG, Modelo KOR-164H con las especificaciones que se señalan en la tabla 10, ajustando la potencia del horno a 70%.

**Tabla 10. Especificaciones técnicas del Horno Microondas**

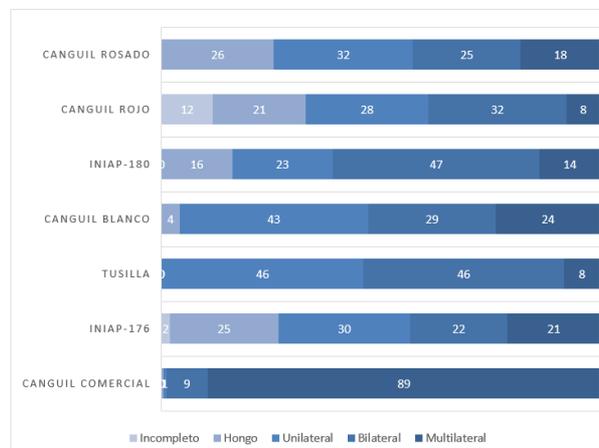
Microondas LG	Especificaciones
Fuente de alimentación	127 V, 60 HZ
Consumo	1400 W
Potencia de salida	1000 W
Frecuencia de microondas	2450 MHz
Dimensiones externas (ancho x Alto x fondo)	589 x 339 x 486 mm
Peso neto	18 kg
Niveles de potencia	10

Se evaluó la influencia de los siguientes factores de variación sobre las características de reventado: Genotipos, tiempo de exposición (2:30; 2:40 y 2:45 min), tamaño de la muestra (20 y 30 g).

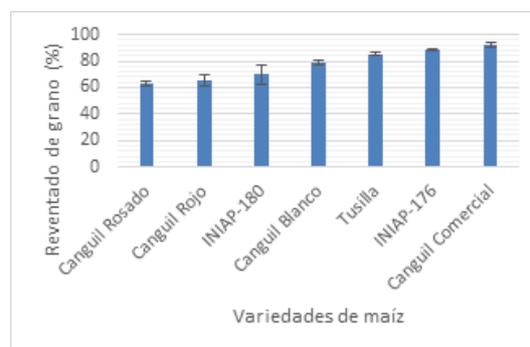
Con los factores de estudio se generaron 168 tratamientos, los cuales se analizaron bajo un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 7×3×2, con 4 repeticiones. El análisis estadístico se efectuó con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0 (SAS, 2002), mediante un análisis de varianza factorial ( $p \leq 0.05$ ) y se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ); (Steel y Torrie, 1996).

## RESULTADOS

Se determinó que el canguil comercial presentó una mayor capacidad de reventado (90%), seguido por INIAP-176. En cuanto al tipo de roseta, el genotipo comercial y la variedad Tusilla mostraron una forma de palomita tipo 'mariposa', mientras que el canguil blanco presentó una forma que se aproxima al tipo 'hongo' y en la variable pericarpio pulverizado, el genotipo comercial exhibió un pericarpio que se fragmentó, mientras que el canguil rosado presentó un pericarpio entero y pegado a la palomita como se indica en la figura 2. La mejor combinación para obtener un mayor volumen de expansión en el canguil comercial, INIAP-176 y canguil blanco, fue exponiendo los granos con 12% de humedad, a 2:45 min en el microondas y un tamaño de muestra de 30 g como se muestra en la figura 3.



**Figura 2. Distribución porcentual de las diversas formas de reventado de grano de siete variedades de maíz cultivado en Los Andes.**



**Figura 3. Reventado de canguil de variedades de maíz sembradas en los Andes. Barras representan error estándar de la media.**

Varios autores señalan que la capacidad de reventado depende de numerosos factores entre los más relevantes se menciona: Tamaño, volumen y contenido de humedad del grano, genotipo, peso de 1 000 semillas, procedimiento de secado, concentraciones de celulosa, arabinosilanos, proteínas estructurales, polímeros fenólicos y lignina, las cuales están relacionados con las características del pericarpio. El canguil presentó menor contenido de lignina y mayor contenido de amilosa con relación a los restantes materiales. La variedad INIAP-180 presentó mayor porcentaje de granos reventados, con rosetas de tamaño grande y capacidad de pulverización del pericarpio. Esta característica en el canguil comercial alcanzó un valor de 1, mientras que en los demás materiales varió entre 1.3 a 4.8.

## CONCLUSIONES

- El canguil comercial, presentó mayor volumen de expansión, una forma de palomita que se aproxima más al tipo 'mariposa' y menor porcentaje de grano no reventado, en comparación con los restantes materiales evaluados.
- El mayor volumen de expansión en el canguil comercial se alcanzó en un tiempo 2:45 min en el microondas, con una humedad 12%, mientras que los restantes materiales, resistieron menor tiempo (2-2.3 min).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

De la O, O. M., Sangerman- Jarquín. D. M., Gámez, V. A. J., Santacruz, V. A., López, S. H. &Hernández, C. J. M. (2015). Costumbres, usos y alternativas de usos de la raza criolla de maíz palomero toluqueño: caso Estado de México. *In: desarrollo y tecnología. Aportaciones a los problemas de la sociedad. Tepantlán, C. S.; Ayala, G. A. V. y Almaguer, V. G. (Eds.). Primera edición. Plaza y Valdés SA de CV Distrito Federal, México. 159-176 pp.*

ILSI (International Life Science Institute). (2006). Maíz y nutrición: informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. Serie de Informes Especiales de ILSI Argentina. Argentina. Volumen 2. 80p

Karababa, E. (2006). Physical properties of popcorn kernels. United States of America. J. Food Eng. 72:100-107.

Mishra, G., Joshi, D. C., & Panda, B. K. (2014). Popping and puffing of cereal grains: a review. India. J. Grain Proc. Storage. 2(1), 34-46.

Pajic, Z. (2007). Breeding of maize types with specific traits at the maize research institute, zemun polje. Russia. Genetika. 2(39), 167-180.

Paliwal, R. L., Granados, G., Lafitte, H. R., & Violic, A. D. (2001). El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO: Producción y protección vegetal. Roma, Italia. 376 p.

SAS Institute. (2002). SAS software release 9.0. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

Steel, R. G. D. & Torrie, J. H. (1996). Bioestadística: principios y procedimientos. Martínez, B. R. (Trad.). McGraw-Hill. Segunda edición. DF. México. 622 p.

## ACTIVIDAD 4. Evaluación de la fermentación sobre la capacidad antioxidante del extracto de sangorache

**RESPONSABLE:** Elena Villacrés DNYC.

**COLABORADORES:** María Belén Quelal (DNYC). Luz Sumba (UTC)

### ANTECEDENTE

El sangorache (*Amaranthus hybridus* L) pertenece a la familia de las *maranthaceas* y al género *Amaranthus*, estas especies fueron cultivadas por los Aztecas, Mayas e Incas junto a otras plantas como maíz, papa y quinoa. Los amarantos fueron consumidos sus hojas en todo América y otras partes del mundo como alimento por sus proteínas (Jacobsen & Mujica, 2003). Anteriormente había un cierto desconocimiento, nadie cultivaba como método de cosechar sus semillas para consumo humano. De forma ancestral se lo usaba como planta medicinal y colorante en bebidas y alimentos. En año 2004 se presentó una demanda del grano por parte de Estados Unidos. A partir del 2000, seleccionaron las variedades de mayor adaptabilidad y rendimiento. En el año 2013 se presentó la primera variedad de ataque INIAP-Rubí. (Enríquez M, 2005). La planta se adapta a diversas condiciones climáticas y sistemas de cultivo, tanto en pequeños como medianos agricultores y presenta las siguientes ventajas: Tiene un alto contenido de proteínas y balance de aminoácidos esenciales en sus semillas y hojas. Los principales aminoácidos son: Lisina, metionina y triptófano. Las harinas se utilizan en la alimentación humana como las galletas, dulces, tamales, bebidas refrescantes. Las hojas tienen ventajas nutritivas y económicas, para el consumo en estado tierno. El sangorache presenta pigmentos en sus hojas e inflorescencias, los que pueden ser utilizados en la industria alimenticia y textil. La abundancia de proteínas en sus hojas y semillas suele ser eficiente en la asimilación del nitrógeno.

Los pigmentos rojo y violeta constituyen las betalainas, compuestos solubles en agua, que contiene nitrógeno en su estructura. Es usado como pigmento en alimentos. El pigmento rojo no es digerible, pasa por el sistema digestivo sin sufrir cambios en el organismo, debido a la falta de enzimas apropiadas (Peralta et al., 2008). Los extractos de las panojas de sangorache sometidas a remojo presentan capacidad antioxidante, expresada en el poder reductor del ión férrico (FRAP) (EC50=2,99 mg/ml), resultado que puede atribuirse al mayor contenido de antocianinas, zinc, ácido ascórbico (Tanquina, 2013).

### OBJETIVOS

#### Objetivo general

Evaluar el efecto de la fermentación con el hongo Scoby (*Colonia simbiótica de bacterias y levaduras*) en el contenido de compuestos antioxidantes de un extracto de sangorache (*Amaranthus quintensis*) variedad INIAP-Rubí para la obtención de una bebida con bajo contenido alcohólico.

#### Objetivos Específicos

- Evaluar los parámetros físico químicos, los compuestos y la capacidad antioxidante del extracto acuoso del sangorache (*Amaranthus quintensis*) variedad INIAP-Rubí
- Realizar la caracterización microbiológica del hongo Scoby

- Determinar el efecto de la fermentación con el hongo Scoby (colonia simbiótica de bacterias y levaduras) sobre los compuestos y las propiedades antioxidantes del extracto acuoso del sangorache
- Determinar la presencia de bacterias probióticas y ácido láctico que permitan atribuir a la bebida fermentada propiedades saludables
- Evaluar el nivel de aceptabilidad de la bebida fermentada y gasificada como realzador de sabor

## METODOLOGÍA

Esta actividad fue aprobada por el Comité Técnico de la EESC, según memorándum No. INIAP-EESC\_DIR-2020-0800-MEM

### Material Vegetal

Se trabajó con la variedad INIAP-Rubí, cultivada en Tumbaco, provincia de Pichincha y proporcionada por el PRONALEG.

### Análisis de laboratorio

Medición de pH, Norma NMX-F-317-S-1978 (UNAN, 2015)

Determinación de acidez titulable, Norma NMX-F-317-S-1978 (UNAM, 2015)

Sólidos solubles totales con el método AOAC 981.12.

Grados de alcohol alcoholímetro Gay Lusac

Densidad- Picnómetro de vidrio

Viscosidad método de Gómez et al., (2011).

Color espectrofotómetro portátil (Lange Spectro-Color d / 8 ° modelo LZM 268, Chelmsford, Reino Unido).

Betalainas y polifenoles según López & Riera, (2009).

Flavonoides Quettier-Deleu et al., (2000).

Capacidad antioxidante por ABTS. Re et al., (1999).

El presente estudio se realizó bajo un diseño factorial completamente al azar A\*B (2\*3) lo que permitirá evaluar efectos combinados o interacciones entre los factores. El factor A con dos niveles, el factor B con tres niveles dando un total de 6 tratamientos.

### Modelo matemático

$$Y_{ij} = u + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

u=Media general

$Y_{ij}$  = Valor estimado de la variable

$\tau_i$  = efecto del  $T_1, T_2, T_{iavo}$

$\varepsilon_{ij}$  = residuo o error experimental

## RESULTADOS

En la tabla 11 se muestra los parámetros físicos-químicos y compuestos antioxidantes de los extractos de sangorache. En los extractos de sangorache cuya principal diferencia es la concentración de inflorescencias, se determinó variación significativa en los componentes del color, con mayores valores en la luminosidad, el croma y tono para el extracto F1 (0,25 g de inflorescencias/100 ml agua. Con respecto a los compuestos

antioxidantes, el tratamiento F2 (0,50 g inflorescencias/100 ml agua) presentó mayor contenido de betalinas (12,53 mg/100 g) polifenoles totales (2301 mg/100 g) y actividad antioxidante (138102,02 ug Trolox/g muestra)

**Tabla 11. Parámetros físico-químicos y compuestos antioxidantes de extractos de sangorache**

Análisis	Tratamientos		
	F1	F2	F3
pH	7,70	7,53	7,43
Sólidos solubles (°Brix)	0,31	0,30	0,30
Grados de alcohol %	0	0	0
Densidad (g/ml)	1,49	1,49	1,48
Acidez %	0	0	0,03
Viscosidad (cps)	2,23	1,76	1,57
Luminosidad	13,27	9,67	8,66
Croma	5,58	2,77	1,46
Tono	-1,30	-0,30	0,27
Capacidad Antioxidante µMol Trolox /g	128002,33	138102,02	137002,39
Betalinas	5,34	12,53	11,84
Flavonoides mg/100 g	247,70	290,40	300,33
Polifenoles mg/100 g	1100,90	2301,00	2401

\*F1: 0,25 g de inflorescencias de sangorache / 100 ml de agua

\*F2: 0,50 g de inflorescencias / 100 ml de agua

\*F3: 1,00 g de inflorescencias / 100 ml de agua

**Tabla 12. Morfología colonial, bacteriana y pruebas bioquímicas que caracterizan al hongo Scoby**

Microorganismo	Medio de cultivo	Morfología colonial	Visualización en el microscopio	Tinción Gram	Catalasa	Oxidasa	Identificación morfológica
Lev 1	SDA	Forma colonias y cepas gemación	Esféricas solas o en pares	+	-	-	<i>Zygosaccharomyces spp</i>
Lev 2	SDA	Puntiformes, cremosas y blancas	Ovoide semiramificada	+	-	-	<i>Brettanomyces spp</i>
Lev 3	SDA	Color crema	Forma ovoide en cadenas cortas	+	-	-	<i>Pichia spp</i>
Lev 4	YMA	Puntiformes, cremosas	Ovoide semiramificada	+	-	-	<i>Brettanomyces spp</i>
Lev 5	YMA	Puntiformes blancas	Ovoide semiramificada	+	-	-	<i>Brettanomyces spp</i>
Bac 1	MRS	Circular opaca y crema	Bacilos alargados	+	-	-	<i>Lactobacillus spp</i>
Bac 2	MRS	Circular, brillante, cremosa y beige	Bacilos cortos	-	+	-	<i>Gluconobacter spp color un</i>
Bac 3	MRS	Brillante, cremosa y color blanco	Colonia de forma circular Cocos ovoides	+	-	-	<i>Leuconostoc spp</i>
Bac 4	MRS	Circular, irregular de color crema	Ovoide	+	-	-	<i>Saccharomyces</i>
Bac 5	MRS	Colonia circular convexa de forma brillante y color beige	Bacilos curvilíneos	-	+	-	<i>Acetobacter spp</i>
Bac 6	MRS	Irregular opaca y crema	Bacilos alargados	+	-	-	<i>Lactobacillus spp</i>
Bac 7	MRS	Circular, brillante, cremosa y beige	Bacilos cortos	-	+	-	<i>Gluconobacter spp color un</i>
Bac 8	MRS	Colonia circular convexa de forma brillante y color beige	Bacilos curvilíneos	-	+	-	<i>Acetobacter spp</i>
Bac 9	MRS	Colonias irregulares color crema	Ovoide semiramificada	+	-	-	<i>Meyerozyma spp</i>

Mediante la observación microscópica fue notable la presencia de bacterias y levaduras, como se indica en la tabla 12, por tal motivo se realizó la caracterización microbiológica para determinar los géneros de bacterias y levaduras características de la kombucha. Este consorcio aparentemente es una colonia en forma de disco celulósico típica, denominada convencionalmente Scoby y cultivada en té azucarado (Dutta & Paul, 2019).

Para la identificación de levaduras se utilizó el medio de cultivo Sabouraud y Agar de extracto de levadura-manitol. Se seleccionaron diferentes colonias de las cajas Petri, en las cuales se identificaron 5 tipos de levaduras que poseían distintas características tanto microscópicas como macroscópicas. Se pudo determinar la presencia de 5 géneros de levaduras: *Bretanomyces* spp., *Zygosaccharomyces* spp., *Pichia* spp., *Meyerozyma* spp. y *Saccharomyces* spp.

**Tabla 13. Capacidad antioxidante y betalainas de extractos de sangorache fermentados**

Tiempo (h)	Capacidad antioxidante uM Trolox/g muestra			Tiempo (h)	Betalainas (mg/100 g muestra)		
	F1	F2	F3		F1	F2	F3
0	512.00±2,08 <sup>Q</sup>	552.41± 0,97 <sup>n</sup>	548.00±0,09 <sup>o</sup>	0	5,34±0,36 <sup>c</sup>	12,53± 0,05 <sup>bc</sup>	11,84±0,04 <sup>bc</sup>
12	542.00± 2,00 <sup>P</sup>	553.21± 2,10 <sup>m</sup>	559.07±0,42 <sup>l</sup>	12	10,20±0,21 <sup>bc</sup>	14,87± 0,59 <sup>bc</sup>	15,02±0,03 <sup>bc</sup>
24	574.54±0,13 <sup>l</sup>	599.69±3,33 <sup>h</sup>	571.47±0,28 <sup>k</sup>	24	13,10±0,10 <sup>bc</sup>	16,55±0,22 <sup>bc</sup>	17,66± 0,06 <sup>bc</sup>
36	644.48± 0,05 <sup>d</sup>	622.04± 0,43 <sup>f</sup>	586.32±0,30 <sup>l</sup>	36	15,25± 0,03 <sup>bc</sup>	20,10±0,17 <sup>a</sup>	20,10±0,10 <sup>b</sup>
48	680.82±0,60 <sup>b</sup>	636.55± 0,29 <sup>e</sup>	599.69± 0,27 <sup>h</sup>	48	17,17±0,06 <sup>bc</sup>	22,92± 0,25 <sup>b</sup>	21,54± 0,12 <sup>b</sup>
60	704.92±0,69 <sup>a</sup>	676.55± 0,52 <sup>c</sup>	599.72± 1,34 <sup>g</sup>	60	18,20±0,10 <sup>bc</sup>	23,45±0,22 <sup>b</sup>	21,88±0,09 <sup>b</sup>

p-valor , Tiempo <0,0001 , tratamientos <0,0001, tiempo vs tratamientos <0,0001

En el proceso fermentativo de los extractos de sangorache (0,25 g, 0,50 g y 1 g inflorescencias de sangorache / 100 ml de agua), se determinó influencia significativa del tiempo de fermentación ( $p < 0,05$ ) desde el inicio el proceso en relación a la capacidad antioxidante y contenido de betalainas en las que se determinó un aumento significativo de los antioxidantes de las bebidas fermentadas con bajo grado alcohólico, como se detalla en la tabla 13.

## CONCLUSIONES

- Los parámetros físico químicos del extracto de sangorache se observó que tiene compuestos antioxidantes como flavonoides, polifenoles, capacidad antioxidante, betalainas que fueron utilizados para elaborar el extracto acuoso de sangorache con las concentraciones 0,25, 0,50 y 1 g de inflorescencias de sangorache por cada 100 mL.
- La caracterización microbiológica del hongo Scoby requiere de técnicas microbiológicas para el aislamiento de bacterias y levaduras en medios de cultivos específicos como: Man, Rogosa y Sharpe, Agar de extracto de levadura-manitol y Agar dextrosa Sabouraud. En estos medios de cultivo es posible identificar morfológicamente cinco géneros de levaduras *Bretanomyces* spp., *Zygosaccharomyces* spp., *Pichia* spp., *Meyerozyma* spp., *Saccharomyces* spp. y 4 géneros de bacterias *Lactobacillus* sp., *Gluconobacter* spp., *Leuconostoc* spp., *Acetobacter* spp.

- En la fermentación por 60 horas del extracto acuoso de sangorache con el hongo Scoby hubo un aumento en el contenido de compuestos antioxidantes en la bebida fermentada de sangorache.
- La actividad probiótica de la bebida fermentada de sangorache con bajo contenido alcohólico del tratamiento F3 (1 g de inflorescencias/ 100 ml de agua) presentó la mayor cantidad de probióticos ( $3,2 \times 10^7$  UFC) a las 60 horas.
- Para la evaluación sensorial se gasificó para realzar el sabor obteniendo una bebida gasificada de sangorache con bajo grado alcohólico, con un alto contenido de antioxidantes y excelentes características sensoriales siendo el mejor tratamiento F3 correspondiente a la concentración de 1 g de inflorescencias de sangorache /100 ml de agua.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry) (1995, 2000, 2005) Official Methods of Analysis. AOAC International. Arlington, VA, USA.
- Enríquez M. (2005). Estudio de la extracción y estabilidad del colorante del Ataco (*Amaranthus Hybridus*) con potencial de aplicación como aditivo alimentario. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Gómez, A. M., Bazán, I. S., Osorio-Mirón, A., Zamora, L. L., Bazán, L. S., & Aguilar, E. H. A. (2011). Caracterización reológica de soluciones azucaradas para el proceso de evaporación-cristalización. *Nexo Revista Científica*, 24(1), 61-71.
- Jacobsen, S. E., & Mujica, A. (2003). The genetic resources of Andean grain amaranths (*Amaranthus caudatus* L., *A. cruentus* L. and *A. hypochondriacus* L.) in America. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 41-44.
- López y Riera. (2020). Extracción y microencapsulación de antocianinas a partir de la planta sangorache (*Amaranthus quitensis*). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Peralta, E., Villacrés, E., Mazón, N., Rivera, Marco., & Subía, Cristián (2008). El Ataco, Sangorache o Amaranto Negro en Ecuador. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, INIAP. Quito, Ecuador. (Publicación miscelánea no. 143).
- Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M. & Trotin, F. (2000). Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *Journal of ethnopharmacology*, 72(1-2), 35-42.
- Re, R.; Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med*, 26, 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).
- Tanquina, I. (2013). Efecto de la especie y el procesamiento sobre el contenido de compuestos y propiedades antioxidantes del maíz (*Zea mays* L.) Negro, fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) Negro, sangorache (*Amaranthus quitensis* L.) y variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum*). Ambato, Ecuador.

Universidad Nacional Autónoma de México. (2015). *Pruebas de análisis a bebidas fermentadas*. Fuente:

[http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com\\_content&view=article&id=92&Itemid=94#:~:text=Calidad%20a%20bebidas%20fermentadas.&text=La%20densidad%20nos%20sirve%20para,de%20carbono%20durante%20la%20fermentaci%C3%B3n](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=92&Itemid=94#:~:text=Calidad%20a%20bebidas%20fermentadas.&text=La%20densidad%20nos%20sirve%20para,de%20carbono%20durante%20la%20fermentaci%C3%B3n)

## **ACTIVIDAD 5. Obtención de chips de zapallo (*Cucurbita maxima*) y camote (*Ipomoea batatas* L.) aplicando la tecnología de fritura al vacío**

**RESPONSABLE:** María Belén Quelal, Elena Villacrés DNYC.

**COLABORADORES:** Gloria Cobeña (EEP), Miguel Tipán (CIP)

### **ANTECEDENTE**

La fritura convencional de los alimentos se caracteriza por ser un proceso de deshidratación, a través de aceite caliente permite lograr una rápida transferencia de calor por conducción y convección. La conducción ocurre en el interior del alimento y la convección entre el aceite y la superficie del alimento (Singh & Mermelstein, 1995).

Los alimentos absorben la grasa del medio; el aporte calórico aumenta; sin embargo, el uso de aceites y grasas re-utilizadas favorecen la aparición de ácidos grasos libres y colesterol, y otro tipo de sustancias tóxicas en el alimento, como la acrilamida, que es un compuesto cancerígeno formado por la reacción de Maillard a altas temperaturas de fritura (Hurtado, 2007). También, desde el punto de vista nutricional no es favorable para el consumidor, debido a que la ingesta excesiva de estos productos puede causar enfermedades cardiovasculares (Ramírez, Ovando, & Godínez, 2014).

Sin embargo, se han estudiado otras alternativas que ayuden preservar en mayor medida las características nutricionales del alimento. La fritura al vacío es una técnica que trabaja con presiones de vacío (6.65 kPa) en un sistema cerrado, esto facilita disminuir el punto de ebullición del agua contenido en el alimento y conseguir temperaturas más bajas de fritura y la mínima exposición de oxígeno (Bravo, Sanjuán, Clemente, & Mulet, 2011). El proceso de transferencia de calor es similar a la fritura convencional (mecanismos de conducción-convección; pero la diferencia radica en que la temperatura del aceite de fritura es baja (Coronel, 2014).

La aplicación de la fritura al vacío permite que ingrese en menor medida la cantidad de aceite y favorece a conservar sus nutrientes como vitaminas y minerales y características sensoriales; debido a que la temperatura del aceite de fritura es menor (condición subatmosférica) (Coronel, 2014). Los factores que afectan a los productos sometidos a fritura al vacío son la temperatura y el tiempo; los cuales determinan los atributos físicos del producto final (Diamante, Shi, Hellmann, & Busch, 2015).

Varias investigaciones han demostrado que los chips de diferentes frutas y hortalizas han presentado una disminución del 61% en grasa en comparación con la fritura convencional, además de una reducción del 90% en acrilamida, convirtiéndose en una nueva forma de consumo de chips más saludables (Coronel, 2014; Crosa & Elichat, 2014). En el Ecuador existe una gran diversidad de hortalizas, frutas y tubérculos que ofrecen una amplia aplicación agroindustrial. El zapallo pertenece a la familia de las cucurbitáceas, es una hortaliza originaria de los Andes; se caracteriza por su tamaño y alto contenido de beta caroteno y vitamina A, es usada dentro de la gastronomía nacional e internacional debido a sus características organolépticas que permite preparar una

infinidad de platos; y en la agroindustria, se utiliza en la elaboración de harinas, puré y sopas instantáneas (Merino & Otiniano, 2014).

También, el camote es un tubérculo que fue introducido en América con la conquista europea. En el Ecuador su producción se concentra en los sectores rurales de la costa, sierra y Amazonía (Cobeña, Cañarte, Mendoza, Cárdenas, & Guzmán, 2017). Es considerado un alimento energético por su contenido de azúcares, además posee vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes (Vidal, Zaucedo-Zuñiga, & Ramos-García, 2018). Aunque existen diferencias en su composición química debido a la variedad, estado de madurez y condiciones agronómicas (Cobeña et al., 2017).

Por otra parte, la industria de los alimentos, uno de los rubros representativos constituye la producción de snacks; sin embargo, pueden presentar un perfil nutricional poco adecuado dentro de una alimentación saludable (Coronel, 2014). La fritura al vacío puede constituirse en una alternativa para obtener snacks más saludables y fomentar el consumo de hortalizas, frutas y tubérculos en el país.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Obtener chips de zapallo (*Cucurbita maxima*) y camote (*Ipomoea batatas* L.) aplicando fritura al vacío y convencional

### Objetivos específicos

- Establecer las características físico-químicas del zapallo y camote
- Aplicar la técnica de fritura al vacío a las dos matrices alimentarias aplicando diferentes temperaturas y tiempos de fritura
- Evaluar las características físico-químicas y sensoriales de los chips de zapallo y camote

## METODOLOGÍA

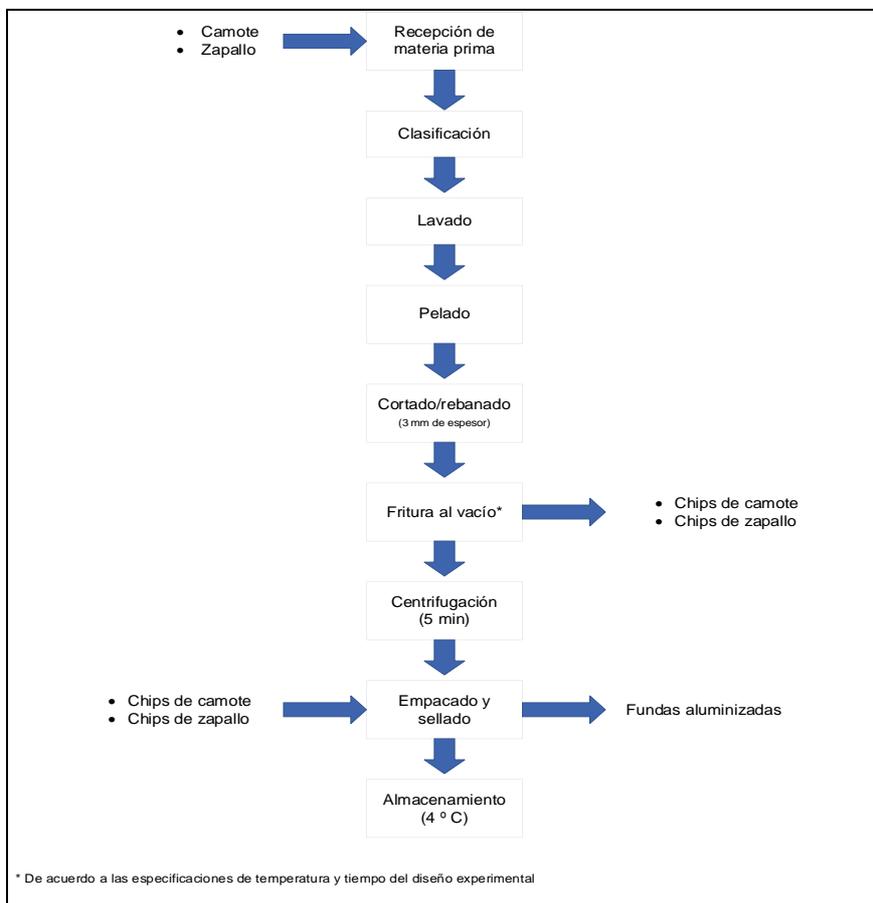
La actividad de investigación fue aprobada por el Comité Técnico de la Estación, mediante Memorando Nro. INIAP-EESC-DIR-2021-2480-MEM.

### Material Vegetal

Se trabajó con el zapallo (*Cucurbita maxima*) variedad Macre el cual fue adquirido en un supermercado local. En el caso del camote con la variedad Iniap-Toquecita proveniente de la Estación Experimental Portoviejo-Programa de Raíces y Tubérculos. Los análisis de laboratorio se desarrollaron en el Departamento de Nutrición y Calidad, de la Estación Experimental Santa Catalina, INIAP.

### Proceso de fritura

El proceso de selección, preparación de las muestras previo a la fritura se muestran en la figura 4. Los chips fueron almacenados en fundas aluminizadas, en congelación para su posterior caracterización físico-química.



**Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de obtención de chips de camote y zapallo**

### Diseño experimental

Los factores en estudio fueron la temperatura y el tiempo, para ello se aplicó un diseño de superficie de respuesta (Diseño Central Compuesto) con 4 puntos centrales tanto para el zapallo y el camote. Las combinaciones resultantes de la superficie de respuesta se muestran en las siguientes tablas. El análisis estadístico de los resultados se realizó en el software Design-Expert versión 8.0.6; también se aplicó un análisis de Pareto para determinar cómo los factores influyen sobre las variables de respuesta.

**Tabla 14. Combinaciones evaluadas en la investigación para la obtención de chips de zapallo**

Combinación	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
C1	115.00	10.17
C2	120.00	15.00
C3	115.00	13.00
C4	115.00	13.00
C5	115.00	15.83
C6	120.00	11.00
C7	108.00	13.00
C8	110.00	11.00
C9	115.00	13.00
C10	115.00	13.00
C11	110.00	15.00
C12	122.00	13.00

**Tabla 15. Combinaciones avaluadas en la investigación para la obtención de chips de camote**

Combinación	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
C1	122.00	30.00
C2	115.00	22.93
C3	110.00	35.00
C4	120.00	25.00
C5	115.00	30.00
C6	120.00	35.00
C7	115.00	30.00
C8	115.00	37.10
C9	110.00	25.00
C10	107.93	30.00
C11	115.00	30.00
C12	115.00	30.00

### Análisis de laboratorio

En la siguiente tabla se muestran los métodos de evaluación para la caracterización físico-química del zapallo y camote, tanto en estado crudo como en los chips sometidos a fritura al vacío.

**Tabla 16. Métodos de análisis para evaluar la calidad de los chips**

Parámetros	Método	
<b>Físicos</b>	Diámetro mayor y menor	Parquímetro digital (Mitotuyo)
	Dureza	Penetrómetro
	Color	Colorímetro en el sistema CIEIab. (marca DR LANGE espectro-color, modelo LZM 268).
	Humedad	Método AOAC 930.15 (AOAC, 2005)
<b>Químicos</b>	Ceniza	Método AOAC 942.05 (AOAC, 2005)
	Proteína	Método AOAC 2001.11 (AOAC, 2005)
	Extracto etéreo	Método AOAC 996.06. (AOAC, 2005)
	Fibra Bruta	Método AOAC 985.29, 993.21 (AOAC, 2005)
	Extracto libre de Nitrógeno	Por diferencia
	Almidón total	Espectrofotometría (Goñi, Garcia-Alonso, & Saura-Calixto, 1997)
	Azúcares totales	Espectrofotometría (Dubois, Gilles, Hamilton, Rebers, & Smith, 1956)
	Carotenoides	Espectrofotometría (Rodriguez-Amaya & Kimura, 2004)
	Vitamina C	Método reflectométrico (Reflectómetro Merck)
	Capacidad Antioxidante	Espectrofotometría, aplicando la metodología de ABTS (Re et al., 1999)

### RESULTADOS

En la tabla se muestra la caracterización físico-química del zapallo variedad *macre* y del camote INIAP –Toquecita en estado crudo. El color interno de la pulpa tanto del zapallo y del camote se localizaron en el primer cuadrante de coordenadas colorimétricas, correspondiente al color anaranjado. La variedad de zapallo *macre* presentó un contenido de superior de proteína (9.45%) en relación al camote (6.56%). La grasa es relativamente baja y el porcentaje de fibra cruda se encuentra entre 10.12% y 6.45% para zapallo y camote respectivamente.

Se registró un valor superior de vitamina C en el zapallo en relación al camote. El contenido de carotenoides en estado fresco resaltó de mejor manera en el zapallo, es aproximadamente 27 veces superior al camote. La importancia de estos compuestos radica que estos pigmentos liposolubles son responsables del color anaranjado de la pulpa y están asociados con el contenido de vitamina A. Además, factores como el manejo cultural, manejo integral de plagas y el tiempo de almacenamiento influyen en estos resultados (Lucas et al., 2013).

**Tabla 17. Caracterización físico química del zapallo y camote en estado crudo**

Análisis		Zapallo	Camote	
Físico	Color pulpa	L (Luminosidad)	41.66 ± 0.79	30.24±7.98
		a*	10.84 ± 0.41	14.55±3.30
		b*	38.92 ± 2.08	15.94±8.54
	Humedad (%)		91.59 ± 0.26	81.8 ± 0.13
	Ceniza (%)		6.68 ± 0.06	4.46±0.03
	Vitamina C (mg/100g) *		162.50 ± 5.84	22.86±0.61
Químico	Extracto etéreo (%)		1.8 ± 0.08	2.77±1.01
	Azúcares Totales (%)		48.85± 0.21	18.22±0.58
	Carotenoides (µg/g)		310.80 ± 1.10	85.50±4.83
	Proteína (%)		9.45 ± 0.18	6.56±0.73
	Almidón (%)		33.00 ± 1.65	54.83±1.68
	Fibra cruda (%)		10.12 ± 0.06	6.45±0.35
	Extracto libre de nitrógeno (%)		71.92 ± 0.30	79.76 ±0.53

Media ± 3 desviaciones estándar

El proceso de fritura al vacío permitió reducir el contenido de humedad de los chips. El contenido de humedad disminuyó de 11.36 a 5.07% a medida que aumentó la temperatura y el tiempo de fritura al vacío, como se muestra en la Tabla 18. En cuanto a la actividad se mantuvo entre 0.27-0.20.

**Tabla 18. Contenido de humedad y actividad de agua de los chips de zapallo**

Combinación	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Humedad (%)	Actividad de agua (aw)
C1	115.00	10.17	7.34 ± 0.66	0.27 ± 0.003
C2	120.00	15.00	5.07 ± 0.66	0.20 ± 0.003
C3	115.00	13.00	7.07 ± 0.66	0.27 ± 0.003
C4	115.00	13.00	8.07 ± 0.66	0.27 ± 0.003
C5	115.00	15.83	7.34 ± 0.66	0.27 ± 0.003
C6	120.00	11.00	5.45 ± 0.66	0.24 ± 0.003
C7	108.00	13.00	10.41±0.30	0.27 ± 0.002
C8	110.00	11.00	11.36±0.08	0.28 ± 0.005
C9	115.00	13.00	8.78 ± 0.66	0.27 ± 0.003
C10	115.00	13.00	8.97 ± 0.66	0.28 ± 0.003
C11	110.00	15.00	6.07 ± 0.66	0.28 ± 0.003
C12	122.00	13.00	5.07 ± 0.66	0.20 ± 0.003

Media ± desviación estándar (n=3)

En la tabla 19, se indica el contenido de humedad y actividad de agua de los chips de camote sometidos a fritura al vacío. A mayor temperatura y tiempo de fritura el contenido de humedad se reduce en los chips. La actividad de agua varío entre 0.30 a 0.12. Acorde a

varias investigaciones, niveles bajos de 0.5 aw son considerados adecuados y no puede existir proliferación microbiana y tampoco puede intervenir otras transformaciones bioquímicas en el alimento.

**Tabla 19. Contenido de humedad y actividad de agua de los chips de camote**

Combinación	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Humedad (%)	Actividad de agua (aw)
C1	122.00	30.00	1.78 ± 1.3	0.24 ± 0.002
C2	115.00	22.93	3.23 ± 1.2	0.29 ± 0.008
C3	110.00	35.00	4.29 ± 2.3	0.24 ± 0.007
C4	120.00	25.00	1.58±0.20	0.27 ± 0.007
C5	115.00	30.00	4.29±2.3	0.19 ± 0.008
C6	120.00	35.00	1.51±0.22	0.17 ± 0.002
C7	115.00	30.00	4.89 ± 1.3	0.15 ± 0.007
C8	115.00	37.10	4.02 ± 2.3	0.25 ± 0.007
C9	110.00	25.00	4.29 ± 2.7	0.27 ± 0.007
C10	107.93	30.00	4.29 ± 2.3	0.28 ± 0.008
C11	115.00	30.00	3.89 ± 0.3	0.15 ± 0.007
C12	115.00	30.00	4.69 ± 1.3	0.12 ± 0.003

Media ± desviación estándar (n=3)

## CONCLUSIONES

- El zapallo variedad *macre* se caracterizó por tener un importante contenido de vitamina C 162.50 mg/100g y carotenoides 310.80 µg/g en relación al camote variedad INIAP-Toquecita que presentó 22.86 mg/100g y 85.50 µg/g de vitamina C y carotenoides respectivamente.
- La aplicación de la técnica de fritura al vacío ayudó a conservar las características organolépticas de los chips de zapallo y camote, se obtuvieron chips con un contenido de humedad inferior al 11% y con valores de actividad de agua menores a 0.29. Los valores bajos de actividad de agua permiten inhibir la proliferación microbiana y alargar la vida útil del producto.
- Se está realizando la tabulación de los resultados (análisis estadístico), con esta información se elaborará un artículo científico, que será enviado a una revista científica para su publicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. (2005). *Official Method of Analysis of the Association of Analytical Chemists* (18th Ed). AOAC International. Washington DC, USA.
- Bravo, J., Sanjuán, N., Clemente, G., & Mulet, A. (2011). Pressure Effect on Deep Fat Frying of Apple Chips. *Drying Technology*, 29(4), 472–477. <https://doi.org/10.1080/07373937.2011.560801>
- Cobeña, G., Cañarte, E., Mendoza, A., Cárdenas, F., & Guzmán, A. (2017). Manual Técnico del Cultivo de Camote. Programa de Raíces y Tubérculos. Estación Experimental Portoviejo. Manabí, Ecuador.
- Coronel, M. (2014). Fritura al vacío: Un enfoque nutricional. *Enfoque UTE*, 5, 15–24. Retrieved from <http://scielo.senescyt.gob.ec>

- Crosa, M., & Elichat, M. (2014). Vista de Chips de papa, la fritura en vacío y beneficios para la salud. *Revista Del Laboratorio Tecnológico Del Uruguay*, 9, 70–74.
- Diamante, L. M., Shi, S., Hellmann, A., & Busch, J. (2015). Vacuum frying foods: products, process and optimization. *International Food Research Journal*, 22(1), 15–22.
- Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J., Rebers, P., & Smith, F. (1956). Colorometric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chemistry*, 28, 350–356. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>
- Goñi, I., Garcia-Alonso, A., & Saura-Calixto, F. (1997). A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition Research*, 17(3), 427–437. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(97\)00010-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0271-5317(97)00010-9)
- Hurtado, A. (2007). *La fritura de los alimentos: pérdida o ganancia de nutrientes en los alimentos fritos. Perspectivas en Nutrición Humana*, 10(1), 77-88.
- Lucas, J., Dumar, V., Vasco, J., & Mosquera, D. (2013). Evaluación de los parámetros de calidad de chips en relación con diferentes variedades de plátano (*Musa paradisiaca* L.). *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2), 65–74.
- Merino, M., & Otiniano, G. (2014). Estudio para instalar una planta procesadora de puré instantáneo de zapallo macre. *Ingeniería Industrial*, 32, 173–195.
- Ramírez, A. E., Ovando, A. C., & Godínez, J. R. (2014). Cambios químicos de los aceites comestibles durante el proceso de fritura. *Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingeniería*, 3.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).
- Rodriguez-Amaya, D., & Kimura, M. (2004). *Harvest Plus handbook for carotenoid analysis. Harvest Plus Technical Monograph 2*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Center for Tropical Agriculture (CIAT).
- Singh, R. P., & Mermelstein, N. H. (1995). Heat and mass transfer in foods during deep-fat frying: Engineering aspects of deep-fat frying of foods. *Food Technology (Chicago)*, 49(4), 134–137.
- Vidal, A. R., Zaucedo-Zuñiga, A. L., & Ramos-García, M. (2018). Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomoea batatas* L.) y sus beneficios en la salud humana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(2), 133–146.

## ACTIVIDAD 6. Microencapsulación del jugo de mandarina secado por aspersión

**RESPONSABLE:** María Belén Quelal DNYC.

**COLABORADORES:** Elena Villacrés (DNY), Jaime Encalada Aldaz (Tesis Maestría UTC)

### ANTECEDENTES

La mandarina (*Citrus x reticulata* var. Dancy) es un cítrico que pertenece a la familia Rutaceae, se originó en el sudeste asiático y su cultivo se ha expandido en el mundo

(Velasco y Licciardello, 2014). Sus frutos son hesperidios jugosos, se caracterizan por presentar ácido ascórbico, carotenoides, flavonoides y azúcares. La  $\beta$ -criptoxantina es el compuesto más abundante y responsable del color amarillo anaranjado; tiene propiedades antioxidantes beneficiosas para la salud; sin embargo, su estabilidad depende en gran medida de la temperatura. (Putnik et al., 2017).

En Ecuador, es cultivada en las regiones interandina, litoral y amazónica; de acuerdo con el INEC (2014), se destinan alrededor de 6664 ha a su producción, siendo las principales variedades la injerta, dancy, verde, manabita y patateña. Esta fruta se consume principalmente fresca, y apenas el 28% de su producción total se destina para la elaboración de zumos, mermeladas, jaleas (El Barnossi et al., 2021).

Este cítrico al consumirse en fresco, presenta problemas de desperdicio sobre todo durante los picos altos de producción (El Barnossi *et al.*, 2021). Además, el procesamiento térmico de los jugos y las condiciones ambientales durante el almacenamiento influyen en la estabilidad de compuestos bioactivos. Por ello, se han desarrollado técnicas como la microencapsulación, que permite encapsular componentes líquidos, sólidos o gaseosos en materiales que protegen de factores externos (temperatura, luz y oxígeno) a la matriz alimenticia (Karrar et al., 2021).

El secado por aspersión es una de las técnicas más usadas en la microencapsulación de alimentos debido a que el producto final presenta una adecuada estabilidad y permite prolongar su vida útil. Los materiales encapsulantes son económicos, siendo los más usados polímeros como la maltodextrina, goma arábica, almidones modificados, entre otros (Paulo y Santos, 2017).

Existen varios estudios donde han logrado estabilizar los antioxidantes del jugo de tomate de árbol durante su almacenamiento al microencapsularlo con goma arábica (Ramakrishnan et al. 2018). De manera similar, Borrmann et al. (2013), realizó un estudio donde retuvieron entre 77,1 y 77,5% de vitamina C en jugo de maracuyá microencapsulado con n-octenilsuccinato.

La microencapsulación del jugo de mandarina puede constituir una alternativa para evitar el desperdicio de la fruta fresca y puede ser usado como una mezcla base para elaborar jugos en polvo o como aditivo alimentario en la industria de alimentos.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Microencapsular jugo de mandarina mediante secado por aspersión.

### Objetivos específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas del jugo de mandarina mediante color, sólidos totales, pH, acidez, sólidos solubles y contenido de vitamina C.
- Optimizar el proceso de microencapsulación del jugo de mandarina en función al rendimiento, contenido de humedad y eficiencia del microencapsulado.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas del jugo de mandarina microencapsulado seleccionado mediante contenido de humedad, actividad de agua, color, pH, acidez,

sólidos solubles, contenido de vitamina C, actividad antioxidante, solubilidad e higroscopicidad.

## METODOLOGÍA

La actividad de investigación fue aprobada por el Comité Técnico de la Estación, mediante Memorando Nro. INIAP-EESC-DIR-2021-2480-MEM.

### Material Vegetal

Se trabajó con mandarinas de la variedad Dancy adquiridas en el mercado de Sangolquí, ubicado en el cantón Mejía, provincia de Pichincha. La encapsulación del jugo y los análisis de laboratorio se desarrollaron en el Departamento de Nutrición y Calidad, de la Estación Experimental Santa Catalina, INIAP.

### Proceso de extracción de jugo y microencapsulación

Para la extracción del jugo, las mandarinas fueron clasificadas, lavadas y cortadas; luego, se extrajo el jugo usando un extractor de jugo manual. El jugo se filtró en un tamiz de malla número 60; posteriormente se almacenó en botellas plásticas en congelación. Previo al proceso de encapsulación, el jugo fue sometido a descongelación y se añadió las concentraciones de maltodextrina de acuerdo a las combinaciones resultantes de la superficie de respuesta, se utilizó un agitador magnético para homogeneizar las soluciones (5 min) y se procedió a microencapsular el jugo usando un mini spray dryer marca BÜCHI modelo B-290. Finalmente, el polvo atomizado de mandarina fue almacenado en frascos ámbar, colocados en fundas aluminizadas y sellados al vacío. Las muestras fueron puestas en refrigeración.

### Diseño experimental

Los factores en estudio fueron los rangos de concentraciones de maltodextrina, temperaturas de secado y flujos de alimentación del jugo; para determinar el efecto de estas variables, se aplicó un diseño de superficie de respuesta de optimización. Las combinaciones resultantes se indica en la tabla 20. Se utilizará un diseño central compuesto de segundo orden. El análisis estadístico de los resultados se realizó en el software Design-Expert versión 8.0.6; también se aplicó un análisis de Pareto para determinar cómo los factores influyen sobre las variables de respuesta.

**Tabla 20. Combinaciones evaluadas en la investigación para la encapsulación del jugo de mandarina**

Combinación	Temperatura °C	Concentración maltodextrina (%)	Flujo de alimentación (mL·min <sup>-1</sup> )
C1	138	6,41	4
C2	139	3,12	4
C3	125	9,00	5
C4	155	9,00	6
C5	125	5,10	5
C6	155	3,00	3
C7	150	3,96	5
C8	125	5,25	3
C9	138	6,41	4
C10	155	3,00	6
C11	139	6,30	6
C12	125	9,00	3
C13	144	9,00	3
C14	154	6,30	4
C15	144	9,00	3
C16	134	9,00	6
C17	139	3,12	4
C18	154	6,30	4
C19	139	6,30	6
C20	125	3,00	6

## Análisis de laboratorio

En la siguiente tabla, se muestran los métodos de evaluación que se aplicaron a la caracterización físico-química de la mandarina.

**Tabla 21. Caracterización físico-química de la mandarina**

	Caracterización	Método
Físicos	Diámetro (mayor y menor)	Paquímetro digital (Mitotuyo)
	Peso	Método gravimétrico
	Color	Colorímetro marca DR LANGE espectro-color, modelo LZM 268, con el sistema CIElab (Ibraheem <i>et al.</i> , 2012)
Químicos	Sólidos Totales	Método 930.15 de la AOAC (AOAC, 1996)
	pH	Medidor de pH (inoLab)
	Acidez	Método de acidez titulable 942.15 (AOAC, 1996)
	Sólidos solubles	Método del refractómetro (Brixómetro Atago)
	Vitamina C	Método reflectométrico (Reflectómetro Merck)

Para la caracterización físico-química de los microencapsulados del jugo de mandarina, se aplicó la metodología que se detalla a continuación.

**Tabla 22. Caracterización físico-química de los encapsulados de jugo de mandarina**

	Caracterización	Método
Físicos	Humedad	Método 930.15 de la AOAC (AOAC, 1996).
	Actividad de agua	Medidor de actividad de agua, marca TESTO modelo 650
	Color	Colorímetro marca DR LANGE espectro-color, modelo LZM 268, con el sistema CIElab (Ibraheem <i>et al.</i> , 2012)
Químicos	pH	Medidor de pH (inoLab)
	Acidez	Método de acidez titulable 942.15 (AOAC, 1996)
	Sólidos solubles	Método del refractómetro (Brixómetro Atago)
	Vitamina C	Método reflectométrico (Reflectómetro Merck)
	Actividad antioxidante	Aplicando la metodología de ABTS con una curva patrón de Trolox estándar (Ramakrishnan <i>et al.</i> 2018)

\* En el caso de los análisis químicos las muestras se hidratarán previamente en una relación 1g de polvo con 9 ml de agua destilada.

## RESULTADOS

El sistema de color CIE es un espacio conformado por coordenadas rectangulares ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), junto con coordenadas cilíndricas ( $L^*$ ,  $H^*$ ,  $C^*$ ), que forman un sistema tridimensional esférico (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014). En la siguiente tabla se indica el color interno de la mandarina; de acuerdo a estas coordenadas, se localizó en el primer cuadrante correspondiente a las coordenadas de color +a (rojo) y +b (amarillo) con un ángulo de tono de 82.75° respecto al origen. El contenido de vitamina C en el jugo de mandarina fue 12.11 mg/100g. Los procesos mecánicos de extracción del jugo y la exposición de la luz pudieron influir en el resultado, debido a que la vitamina C es hidrosoluble y sensible a diversos factores ambientales.

**Tabla 23. Color interno y contenido de vitamina C de la mandarina**

	Parámetros	Valor
Color	Luminosidad (L)	36.31 ± 1.50
	Croma (C)	8.67 ± 0.85
	Ángulo de tono (H)	82,75 ± 1.25
	Vitamina C (mg/100g)	12.11 ± 0.48
Media ± desviación estándar (n=3)		

La concentración de agente encapsulante (maltodextrina), la temperatura de entrada del aire y el flujo de alimentación determinaron el contenido de humedad y actividad de agua del polvo atomizado. Al aumentar la cantidad de sólidos totales (concentración de maltodextrina) disminuye la cantidad de agua evaporada; por tanto, influye directamente en el porcentaje de humedad (Oberoi & Sogi, 2015). La actividad de agua de los polvos se situó en un rango 0.17-0.30 como se observa en la tabla 24; conforme aumentó la concentración de maltodextrina disminuyó el contenido de actividad de agua y además favoreció a la preservación de compuestos bioactivos como la vitamina C (Laokuldilok & Kanha, 2015).

**Tabla 24. Contenido de humedad y actividad de agua de los encapsulados de jugo de mandarina**

Combinación	Temperatura	Concentración de maltodextrina (%)	Flujo de alimentación (mL·min <sup>-1</sup> )	Humedad (%)	Actividad de agua (aw)
C1	138	6,41	4	4,81	0,18
C2	139	3,12	4	6,08	0,19
C3	125	9	5	4,55	0,22
C4	155	9	6	3,39	0,20
C5	125	5,1	5	7,22	0,25
C6	155	3	3	5,84	0,20
C7	150	3,96	5	7,65	0,20
C8	125	5,25	3	6,14	0,19
C9	138	6,41	4	5,10	0,20
C10	155	3	6	7,82	0,22
C11	139	6,3	6	6,05	0,24
C12	125	9	3	3,81	0,18
C13	144	9	3	5,36	0,17
C14	154	6,3	4	4,66	0,19
C15	144	9	3	3,20	0,17
C16	134	9	6	4,44	0,22
C17	139	3,12	4	6,72	0,21
C18	154	6,3	4	3,98	0,17
C19	139	6,3	6	6,79	0,25
C20	125	3	6	9,55	0,30

## CONCLUSIONES

- La aplicación de la tecnología de secado por aspersion permitió encapsulados de mandarina con un contenido de humedad inferior al 9.55% y valores menores a 0.30 de actividad de agua. La concentración de maltodextrina, la temperatura y el flujo de alimentación influyeron en estos resultados. El polvo de jugo de mandarina puede tener una importante aplicación en la agroindustria como colorante natural o jugo instantáneo.
- Se está realizando la tabulación de los resultados (análisis estadístico), con esta información se elaborará la tesis de maestría del Sr. Jaime Encalada, y el artículo científico, que será enviado a una revista científica para su publicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. (1996). Official Methods of Analysis. Method 930.15 - 942.15 (16th ed). Gaithersburg, MD., USA.

Borrmann, D., Pierucci, A. P. T. R., Leite, S. G. F., & Leão, M. H. M. D. R. (2013). Microencapsulation of passion fruit (Passiflora) juice with n-octenylsuccinate-

derivatised starch using spray-drying. Food and Bioproducts Processing, 91(1), 23–27. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.08.001>

El Barnossi, A., Moussaid, F., & Iraqi Housseini, A. (2021). Tangerine, banana and pomegranate peels valorisation for sustainable environment: A review. Biotechnology Reports, 29, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00574>.

INEC. (2014). Resultados nacionales sobre el III censo nacional agropecuario de la república del Ecuador. Censo Nacional Agropecuario. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>.

Karrar, E., Mahdi, A. A., Sheth, S., Mohamed Ahmed, I. A., Manzoor, M. F., Wei, W., & Wang, X. (2021). Effect of maltodextrin combination with gum arabic and whey protein isolate on the microencapsulation of gorum seed oil using a spray-drying method. International Journal of Biological Macromolecules, 171, 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.12.045>

Laokuldilok, T., & Kanha, N. (2015). Effects of processing conditions on powder properties of black glutinous rice (*Oryza sativa* L.) bran anthocyanins produced by spray drying and freeze drying. LWT-Food Science and Technology, 64(1), 405–411.

Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. Agro Sur, 42(2), 57–66.

Oberoi, D. P. S., & Sogi, D. S. (2015). Effect of drying methods and maltodextrin concentration on pigment content of watermelon juice powder. Journal of Food Engineering, 165, 172–178.

Paulo, F., & Santos, L. (2017). Design of experiments for microencapsulation applications: A review. Materials Science and Engineering C, 77, 1327–1340. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.03.219>

Putnik, P., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Gabrić, D., Shpigelman, A., Cravotto, G., & Bursać Kovačević, D. (2017). An Integrated Approach to Mandarin Processing: Food Safety and Nutritional Quality, Consumer Preference, and Nutrient Bioaccessibility. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 16(6), 1345–1358. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12310>.

Ramakrishnan, Y., Adzahan, N. M., Yusof, Y. A., & Muhammad, K. (2018). Effect of wall materials on the spray drying efficiency, powder properties and stability of bioactive compounds in tamarillo juice microencapsulation. Powder Technology, 328, 406–414. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2017.12.018>

Velasco, R., & Licciardello, C. (2014). A genealogy of the citrus family. Nature Biotechnology, 32(7), 640–642. <https://doi.org/10.1038/nbt.2954>

**ACTIVIDAD 7. Caracterización de la calidad (física, química, bioquímica y nutricional) e inocuidad alimentaria (glicoalcaloides) en los frutos de 21 materiales avanzados de naranjilla (*Solanum quitoense* L.)**

**RESPONSABLE:** Dr. Iván Samaniego DNYC.

**COLABORADORES:** Javier Álvarez (Técnico contratado proyecto AECID), Joseph Salazar (Tesisista Universidad Central)

## ANTECEDENTE

La producción actual de naranjilla en las zonas tradicionales, se encuentra limitada por el ataque de plagas producto de condiciones ambientales favorables y susceptibilidad de las variedades e híbridos cultivados que, inciden de manera importante en la baja productividad y calidad de la fruta, debido al uso de prácticas agronómicas que afectan el ambiente y la salud de productores y consumidores, que influye en la baja competitividad de este frutal. La generación de híbridos interespecíficas de naranjilla, en que uno de los progenitores se adapta a mayores alturas y menores temperaturas, han abierto la posibilidad de ampliar el cultivo de la naranjilla a nuevas zonas, como los valles interandinos de la Sierra (INIAP,2019).

El propósito general del estudio fue evaluar la fenología, potencial de rendimiento y calidad de fruta de las líneas mejoradas de naranjilla con resistencia a *F. oxysporum* f. sp *quitoense*. Complementariamente están estudiando los niveles de resistencia al nematodo del nudo, tizón tardío y antracnosis. Con la información del potencial agronómico y la calidad de la fruta, se seleccionará la línea(s) más promisorio(s), información que contribuirá para que diseñen paquetes de manejo integrado para las enfermedades más importantes. El desarrollo de variedades resistentes a la marchitez vascular de la naranjilla, con buena calidad física, química, nutricional e inocuidad del fruto; así como el manejo racional del nematodo del nudo, tizón tardío y antracnosis permitirán mejorar la productividad y sustentabilidad de la fruta en el país.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Caracterizar la calidad física, química y funcional de una población de 21 materiales de la colección de trabajo de naranjilla (*Solanum tomatifolium* L.) para su selección por calidad.

### Objetivos específicos

- Determinar las características fisicoquímicas (peso, diámetro polar y ecuatorial, firmeza, consistencia de la pulpa, sólidos solubles, pH, acidez titulable, índice de madurez y vitamina C) en 21 materiales de la colección de trabajo de naranjilla.
- Evaluar el contenido de los compuestos antioxidantes (polifenoles totales, carotenoides, antocianinas, flavonoides) y capacidad antioxidante en 21 líneas de la colección de trabajo de naranjilla
- Cuantificar el contenido de glicoalcaloides (solanina y chaconina) en 21 líneas de la colección de trabajo de naranjilla.

## METODOLOGÍA

Este estudio se desarrolló como parte de las actividades aprobadas dentro del proyecto de investigación: “Fortalecimiento de la Investigación para mejorar la Productividad y Calidad de la naranjilla y tomate de árbol en Ecuador”.

### Material Vegetal

Para este estudio, con el equipo interdisciplinario del proyecto; se seleccionó los materiales avanzados de naranjilla con resistencia a plagas y enfermedades, que están

evaluándose en los ensayos experimentales en las localidades de Tumbaco y Tandapi en la provincia de Pichincha.

La unidad experimental estuvo constituida por 500 g de fruta de cada material avanzado de naranjilla, cosechadas directamente de los árboles de acuerdo a la codificación de los frutales en la zona de recolección, que fueron los tratamientos en estudio. En la tabla 25 se presentan los materiales analizados.

**Tabla 25. Tratamientos de 21 materiales de la colección de trabajo de naranjilla**

Tratamiento	Identificación
T1	Tumbaco T4
T2	Tumbaco T12
T3	Tumbaco T18
T4	Tumbaco T20
T5	Tumbaco T22
T6	Tumbaco T24
T7	Tandapi TC2-67
T8	Tandapi T16
T9	Tandapi Puyo
T10	Sh.3.89
T11	M1P2R1p3Pta13
T12	M2P4R1p3 Pta28
T13	M1P3R3p2 Pta37
T14	M1P6R3p3 Pta28
T15	M1P7R2p2 Pta17
T16	M1P7R2p3 Pta18
TT17	M1P3R3p5 Pta40
18	M1P3R3p4 Pta39
T19	M1P4R3p1 Pta29
T20	M1P4R3p5 Pta25
T21	M1P5R1p5 Pta30

Las muestras cosechadas se colocaron en fundas de papel, se etiquetaron y se trasladaron inmediatamente al laboratorio de Nutrición y Calidad. En el laboratorio las muestras fueron separadas en dos porciones, una porción se utilizó para los análisis fisicoquímicos y en la otra porción se procedió a lavar, separar la cáscara y licuar la pulpa, la misma que se colocó en bandejas y se congeló a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente las muestras congeladas se sometieron a un proceso de secado por liofilización a  $-70^{\circ}\text{C}$  y 1 Pascal de presión. Las muestras secas fueron molidas hasta obtener un polvo fino de tamaño de partícula  $< 1$  mm. Finalmente estas muestras se almacenaron en frascos herméticos de polipropileno protegidos de la luz hasta la fecha de realización de los análisis.

### Métodos de Análisis

En cada uno de los 21 materiales de naranjilla se evaluó el peso, diámetro polar y ecuatorial, rendimiento de la pulpa, firmeza y consistencia de la pulpa, acidez titulable, sólidos solubles e índice de madurez. En las muestras secas se evaluó el perfil de compuestos funcionales: polifenoles totales, carotenoides totales, vitamina C, flavonoides totales, capacidad antioxidante y el contenido de glicoalcaloides, utilizando las metodologías vigentes en el laboratorio de Nutrición y Calidad.

## RESULTADOS

### Evaluación de los parámetros fisicoquímicos de calidad

En la tabla 26, se presentan los resultados de la determinación del peso, largo, ancho, diámetro, firmeza y consistencia de la pulpa en los 21 materiales de naranjilla de los ensayos experimentales en las diferentes localidades.

**Tabla 26. Resultados de la determinación del peso, diámetro, firmeza y consistencia en 21 materiales avanzados de naranjilla**

Identificación	Peso*	Diámetro*	Diámetro*	Firmeza**	Consistencia
	g	Polar cm	Ecuatorial cm	Newton	Pulpa** cm.min <sup>-1</sup>
Tumbaco T4	101,23±12,63	52,38±3,63	58,02±2,41	33,31±4,42	9,50±0,00
Tumbaco T12	78,64±10,66	48,16±2,52	52,43±2,47	4,48±1,10	7,00±0,00
Tumbaco T18	75,08±11,09	48,45±2,63	51,29±1,92	50,98±7,33	4,50±0,00
Tumbaco T20	79,38±8,72	47,54±2,02	52,91±2,32	4,27±0,53	3,50±0,00
Tumbaco T22	99,92±14,64	52,47±3,51	57,06±2,46	10,86±6,06	9,00±0,00
Tumbaco T24	58,52±9,62	44,19±3,40	47,64±2,59	4,90±0,17	5,50±0,00
Tandapi TC2-67	113,13±26,54	54,92±4,33	59,77±4,89	31,52±7,08	0,00±0,00
Tandapi T16	115,43±17,87	54,97±2,94	60,71±3,34	17,49±4,34	9,50±0,00
Tandapi Puyo	90,92±12,96	49,92±2,66	56,62±2,91	33,61±5,11	0,00±0,00
Sh.3.89	42,45±5,71	37,04±1,71	43,02±1,84	4,00±0,29	4,50±0,00
M1P2R1p3Pta13	34,18±5,85	35,99±2,16	39,29±2,42	1,04±0,35	6,00±0,00
M2P4R1p3 Pta28	53,88±10,47	41,98±3,30	46,66±3,31	2,23±0,36	7,00±0,00
M1P3R3p2 Pta37	60,20±10,96	44,62±2,87	49,29±2,68	1,78±0,72	5,00±0,00
M1P6R3p3 Pta28	58,56±12,03	41,65±2,92	48,42±3,46	2,38±0,83	6,50±0,00
M1P7R2p2 Pta17	74,21±8,73	47,25±1,72	52,43±2,44	4,64±1,10	3,50±0,00
M1P7R2p3 Pta18	54,54±11,33	41,96±2,42	46,26±3,11	1,78±0,62	7,50±0,00
M1P3R3p5 Pta40	50,06±8,02	41,59±2,72	45,51±2,10	3,48±0,24	5,50±0,00
M1P3R3p4 Pta39	58,20±9,10	43,64±2,84	49,11±2,51	2,71±0,53	4,00±0,00
M1P4R3p1 Pta29	58,31±11,50	43,28±2,98	49,15±3,32	2,48±1,00	4,50±0,00
M1P4R3p5 Pta25	58,59±11,42	44,27±2,99	48,30±3,03	2,25±0,75	6,00±0,00
M1P5R1p5 Pta30	65,40±10,62	45,16±3,33	51,45±3,58	3,16±0,88	5,00±0,00

\* Resultados promedio de 20 repeticiones, \*\* 3 repeticiones (Base fresca)

Los resultados presentados en la tabla 26, permitieron establecer que el material Tandapi T16 sobresale por su mayor peso y diámetro ecuatorial, el material Tumbaco T18 presenta la firmeza de pulpa más dura y una consistencia de la pulpa más espesa. Por el contrario, se determinó que los materiales M1P2R1p3Pta13 y Sh.3.89 son de menor peso y más pequeñas, con una firmeza suave y de consistencia media.

El análisis de frecuencia de los resultados determinó que el 67% de las muestras pesan entre 50 a 80 g (materiales Tumbaco T24, M2P4R1p3 Pta28, M1P6R3p3 Pta28, M1P7R2p3 Pta18, M1P3R3p5 Pta40, M1P3R3p4 Pta39, M1P4R3p1 Pta29, M1P4R3p5 Pta25, M1P3R3p2 Pta37, M1P5R1p5 Pta30, Tumbaco T12, Tumbaco T18, Tumbaco T20, M1P7R2p2 Pta17), mientras que el 25% de las muestras presentan pesos entre 90 a 120g (materiales Tumbaco T22, Tandapi Puyo, Tumbaco T4, Tandapi TC2-67, Tandapi T16). El material Tandapi T16 presenta el mayor peso (115,43±17,87). Para el caso del diámetro polar, se estableció que la mayor frecuencia de observaciones (72%), se encuentra en el rango de 40 a 50 cm (materiales M2P4R1p3 Pta28, M1P6R3p3 Pta28, M1P7R2p3 Pta18, M1P3R3p5 Pta40, M1P3R3p4 Pta39, M1P4R3p1 Pta29, Tumbaco T24, M1P3R3p2 Pta37, M1P4R3p5 Pta25, M1P5R1p5 Pta30, Tumbaco T20, M1P7R2p2 Pta17, Tumbaco T12, Tumbaco T18, Tandapi Puyo), el material que presentó el menor diámetro polar fue el M1P2R1p3Pta13 (35,99±2,16m). Con respecto al diámetro ecuatorial, los materiales que presentaron la mayor frecuencia (72%) fueron: Sh.3.89, M1P3R3p5 Pta40, Tumbaco T24, M2P4R1p3 Pta28, M1P7R2p3 Pta18, M1P3R3p2 Pta37, M1P6R3p3 Pta28, M1P3R3p4 Pta39, M1P4R3p1 Pta29, M1P4R3p5 Pta25, Tumbaco T18, M1P5R1p5 Pta30, Tumbaco T20, Tumbaco T12, M1P7R2p2 Pta17 con un diámetro entre 42 a 54 cm.

Para el caso de la firmeza, los materiales que presentaron la mayor frecuencia (71%) fueron: Tumbaco T12, Tumbaco T20, Tumbaco T24, Sh.3.89, M1P2R1p3Pta13, M2P4R1p3 Pta28, M1P3R3p2 Pta37, M1P6R3p3 Pta28, M1P7R2p2 Pta17, M1P7R2p3 Pta18, M1P3R3p5 Pta40, M1P3R3p4 Pta39, M1P4R3p1 Pta29, M1P4R3p5 Pta25, M1P5R1p5 Pta30 con 0-5 N, el segregante que presentó la mayor firmeza fue el Tumbaco T18 con 50,98±7,33N. De igual manera, el 71% de los materiales presentaron una

consistencia entre 3 a 7 cm/min, Los segregantes Tumbaco T4, Tumbaco T22 y Tandapi T16 presentaron la mayor consistencia (9,0 a 9,5 cm/min).

En la tabla 27, se presentan los resultados de la determinación de pH, acidez titulable, °Brix y el contenido de Vitamina C en la pulpa de los 21 materiales de naranjilla de los ensayos experimentales en las diferentes localidades.

**Tabla 27. Resultados promedio de la determinación del pH, acidez titulable, °Brix y Vitamina C, en 21 materiales de naranjilla**

Identificación	pH*	Acidez Titulable*	Sólidos Solubles*	Índice de madurez*	Vitamina* C
	adimensional	% ácido cítrico	° Brix	(SS/AT)	mg.100g-1
Tumbaco T4	3,34±0,00	2,75±0,02	10,00±0,00	3,64±0,02	19,39±0,38
Tumbaco T12	3,30±0,00	2,77±0,01	10,00±0,00	3,61±0,01	30,47±0,00
Tumbaco T18	3,24±0,00	2,19±0,04	7,00±0,00	3,19±0,06	18,28±0,00
Tumbaco T20	3,42±0,00	2,01±0,02	9,00±0,00	4,49±0,04	41,71±0,76
Tumbaco T22	3,40±0,00	2,66±0,01	10,00±0,00	3,77±0,02	20,89±0,77
Tumbaco T24	3,43±0,00	1,74±0,01	11,50±0,50	6,61±0,27	22,10±0,77
Tandapi TC2-67	3,03±0,00	2,85±0,03	7,83±0,29	2,75±0,10	25,67±0,00
Tandapi T16	3,22±0,00	2,79±0,01	8,50±0,00	3,05±0,01	20,05±0,76
Tandapi Puyo	3,02±0,00	2,77±0,02	8,33±0,58	3,01±0,19	28,85±0,77
Sh.3.89	3,54±0,08	2,38±0,02	13,00±0,00	5,46±0,04	40,35±0,77
M1P2R1p3Pta13	3,42±0,07	3,14±0,02	12,83±0,29	4,08±0,10	52,24±0,38
M2P4R1p3 Pta28	3,29±0,07	3,37±0,02	11,33±0,58	3,36±0,19	49,31±1,01
M1P3R3p2 Pta37	3,34±0,08	2,74±0,01	10,00±0,00	3,64±0,01	54,43±2,39
M1P6R3p3 Pta28	3,39±0,09	2,84±0,01	12,00±0,00	4,23±0,01	50,67±0,00
M1P7R2p2 Pta17	3,36±0,05	2,92±0,01	10,00±0,00	3,43±0,01	55,31±1,15
M1P7R2p3 Pta18	3,31±0,08	2,64±0,01	10,00±0,00	3,79±0,02	56,88±1,32
M1P3R3p5 Pta40	3,42±0,08	2,69±0,01	11,33±0,58	4,22±0,24	79,11±0,38
M1P3R3p4 Pta39	3,39±0,08	2,94±0,00	10,00±0,00	3,40±0,01	42,65±0,67
M1P4R3p1 Pta29	3,38±0,08	2,89±0,00	10,00±0,00	3,46±0,01	27,73±1,75
M1P4R3p5 Pta25	3,42±0,07	2,75±0,01	12,33±0,58	4,49±0,23	41,72±0,66
M1P5R1p5 Pta30	3,24±0,11	3,08±0,01	9,67±0,58	3,14±0,19	50,11±1,02

\* Resultados promedio de tres repeticiones ± desviación estándar (Base fresca)

Con base a los resultados de la tabla 27, se estableció que los 21 materiales de naranjilla presentan un pH que varía en el rango de 3,02±0,00 a 3,54±0,08, el material Sh.3.89 presentan el valor de pH más alto. Para el caso de la acidez titulable, el rango varía entre 1,74±0,01 a 3,74±0,02% de ácido cítrico, los sólidos solubles variaron entre 7,00±0,00 a 13,00±0,00°Brix. Con estos dos parámetros se determinó el índice de madurez de los materiales en estudio, estableciéndose un rango de 2,75±0,10 a 6,61±0,27. Con respecto a la determinación de vitamina C, los contenidos variaron entre 18,28±0,00 a 79,11±0,38 mg/100 g de fruta fresca.

Los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica de los materiales en estudio, están dentro de los requisitos de la normativa NTE INEN 2 3003:2009 para naranjilla híbrido Puyo en estado de madurez comestible, donde se establece que la acidez titulable debe tener un valor máximo de 2,4% como ácido cítrico, sólidos solubles mínimo de 6°Brix y el índice de madurez mínimo de 2,5 (INEN, 2009).

## Cuantificación de los compuestos funcionales y capacidad antioxidante

### Contenido de Polifenoles totales

En la tabla 28, se presentan los resultados de la determinación de contenido de polifenoles totales en los 21 materiales de naranjilla de los ensayos experimentales en las diferentes localidades.

**Tabla 28. Resultados promedio del contenido de polifenoles totales en 21 materiales de naranjilla**

Identificación	Polifenoles T. mg ácido gálico/g
Tumbaco T4	8,98±0,20
Tumbaco T12	7,46±0,14
Tumbaco T18	6,65±0,06
Tumbaco T20	13,99±0,04
Tumbaco T22	11,39±0,39
Tumbaco T24	6,73±0,25
Tandapi TC2-67	9,71±0,06
Tandapi T16	9,86±0,15
Tandapi Puyo	9,26±0,09
Sh.3.89	8,56±0,12
M2P4R1p3 Pta28	12,70±0,11
M1P3R3p2 Pta37	16,26±0,08
M1P6R3p3 Pta28	9,51±0,05
M1P7R2p2 Pta17	11,83±0,13
M1P7R2p3 Pta18	12,17±0,11
M1P3R3p5 Pta40	28,03±0,18
M1P3R3p4 Pta39	13,15±0,22
M1P4R3p1 Pta29	8,92±0,35
M1P4R3p5 Pta25	9,28±0,02
M1P5R1p5 Pta30	16,71±0,07

\* Resultados promedio de dos repeticiones ± desviación estándar (Base seca)

Según los resultados de la tabla 28, se estableció que el contenido de polifenoles totales varía en un rango de 6,73±0,25 a 28,03±0,18 mg ácido gálico/g, que concuerdan con los obtenidos por Llerena et al., (2014), quien reporto contenidos promedio de 8,98±2,28 mg de ácido gálico/g para la variedad INIAP Quitoense 2009. Los materiales que presentaron el menor contenido (mg/g) fueron Tumbaco T18 (6,65±0,06) y Tumbaco T24 (6,73±0,25) y el que presentó el mayor contenido fue el material M1P3R3p5 Pta40 (28,03±0,18).

### Contenido de Flavonoides totales

En la tabla 29, se presentan los resultados de la determinación de contenido de flavonoides totales en los 21 materiales de naranjilla de los ensayos experimentales en las diferentes localidades.

**Tabla 29. Resultados promedio del contenido de flavonoides totales en 21 materiales de naranjilla**

Identificación	Flavonoides T. mg catequina/g
Tumbaco T4	7,34±0,10
Tumbaco T12	4,01±0,00
Tumbaco T18	4,94±0,15
Tumbaco T20	8,94±0,16
Tumbaco T22	7,73±0,00
Tumbaco T24	3,50±0,16
Tandapi TC2-67	7,56±0,05
Tandapi T16	6,60±0,09
Tandapi Puyo	6,61±0,06
Sh.3.89	4,85±0,10
M2P4R1p3 Pta28	9,71±0,10
M1P3R3p2 Pta37	14,07±0,16
M1P6R3p3 Pta28	8,50±0,00
M1P7R2p2 Pta17	11,35±0,21
M1P7R2p3 Pta18	11,69±0,36
M1P3R3p5 Pta40	32,41±0,31
M1P3R3p4 Pta39	12,93±0,05
M1P4R3p1 Pta29	6,45±0,20
M1P4R3p5 Pta25	7,85±0,10
M1P5R1p5 Pta30	18,85±0,16

\* Resultados promedio de dos repeticiones ± desviación estándar (Base seca)

De los resultados de la tabla 29, se estableció que el contenido de flavonoides totales varía en un rango de  $3,50 \pm 0,16$  a  $32,41 \pm 0,31$  mg catequina/g. El análisis de frecuencia de los resultados determinó que el 75% de las muestras presentaron un contenido de 5 a 20 mg de catequina/g (materiales Tumbaco T4, Tumbaco T20, Tumbaco T22, Tandapi TC2-67, Tandapi T16, Tandapi Puyo, M2P4R1p3 Pta28, M1P6R3p3 Pta28, M1P4R3p1 Pta29, M1P4R3p5 Pta25, M1P3R3p2 Pta37, M1P7R2p2 Pta17, M1P7R2p3 Pta18, M1P3R3p4 Pta39, M1P5R1p5 Pta30). Los materiales que presentaron el mayor contenido de flavonoides totales (mg/g) fueron M1P3R3p5 Pta40 ( $32,41 \pm 0,31$ ) y M1P5R1 Pta30 ( $18,85 \pm 0,16$ ).

### Contenido de Carotenoides totales

En la tabla 30, se presentan los resultados de la determinación de contenido de carotenoides totales en los 21 materiales de naranjilla de los ensayos experimentales en las diferentes localidades.

**Tabla 30. Resultados promedio del contenido de carotenoides totales en 21 materiales de naranjilla**

Identificación	Carotenoides T. $\mu\text{g } \beta\text{-caroteno/g}$
Tumbaco T4	$53,94 \pm 0,91$
Tumbaco T12	$65,23 \pm 0,34$
Tumbaco T18	$94,30 \pm 2,32$
Tumbaco T20	$69,40 \pm 1,49$
Tumbaco T22	$68,75 \pm 1,26$
Tumbaco T24	$82,10 \pm 0,49$
Tandapi TC2-67	$49,78 \pm 0,02$
Tandapi T16	$73,16 \pm 1,33$
Tandapi Puyo	$61,98 \pm 0,41$
Sh.3.89	$50,98 \pm 0,99$
M2P4R1p3 Pta28	$58,47 \pm 0,44$
M1P3R3p2 Pta37	$62,98 \pm 1,61$
M1P6R3p3 Pta28	$46,40 \pm 0,48$
M1P7R2p2 Pta17	$55,76 \pm 1,53$
M1P7R2p3 Pta18	$64,93 \pm 1,85$
M1P3R3p5 Pta40	$66,83 \pm 0,47$
M1P3R3p4 Pta39	$50,28 \pm 1,98$
M1P4R3p1 Pta29	$48,38 \pm 1,83$
M1P4R3p5 Pta25	$55,20 \pm 0,65$
M1P5R1p5 Pta30	$62,34 \pm 0,71$

\* Resultados promedio de dos repeticiones  $\pm$  desviación estándar (Base seca)

Los resultados de la tabla 30, establecen que los carotenoides totales ( $\mu\text{g } \beta\text{-caroteno/g}$ ) varían entre  $46,40 \pm 0,48$  a  $94,30 \pm 2,32$ , los cuales concuerdan con los obtenidos por Llerena et al., (2014) para la variedad INIAP Quitoense 2009 ( $57,93 \pm 4,28$ ). Los materiales que presentaron mayor contenido de carotenoides en  $\mu\text{g } \beta\text{-caroteno/g}$  fueron: Tumbaco T18 ( $94,30 \pm 2,32$ ), Tumbaco T24 ( $82,10 \pm 0,49$ ).

### Capacidad antioxidante (método ABTS)

En la tabla 31, se presentan los resultados de la determinación de la capacidad antioxidante en los 21 materiales de naranjilla de los ensayos experimentales en las diferentes localidades.

**Tabla 31. Resultados promedio de la evaluación de la capacidad antioxidante por el método ABTS en 21 materiales de naranjilla.**

Identificación	Capacidad A. ABTS μmol trolox/g
Tumbaco T4	131,83±1,52
Tumbaco T12	107,15±0,27
Tumbaco T18	108,62±2,18
Tumbaco T20	166,80±4,72
Tumbaco T22	158,94±2,25
Tumbaco T24	107,82±2,12
Tandapi TC2-67	102,34±0,73
Tandapi T16	109,79±0,96
Tandapi Puyo	104,05±1,67
Sh.3.89	94,36±0,21
M2P4R1p3 Pta28	178,16±5,69
M1P3R3p2 Pta37	230,70±2,06
M1P6R3p3 Pta28	117,77±2,55
M1P7R2p2 Pta17	144,16±0,84
M1P7R2p3 Pta18	147,57±1,10
M1P3R3p5 Pta40	287,83±1,58
M1P3R3p4 Pta39	140,33±0,30
M1P4R3p1 Pta29	86,75±0,89
M1P4R3p5 Pta25	102,13±3,21
M1P5R1p5 Pta30	180,02±1,61

\* Resultados promedio de dos repeticiones ± desviación estándar (Base seca)

Los resultados de la tabla 31 establecen que la capacidad antioxidante por el método ABTS varía en un rango de 86,75±0,89 a 287,83±1,58 μmol trolox/g. El análisis de frecuencia de los resultados determinó que el 50% de las muestras presentaron un contenido de 80 a 120 μmol trolox/g (materiales Sh.3.89, M1P4R3p1 Pta29, Tumbaco T12, Tumbaco T18, Tumbaco T24, Tandapi TC2-67, Tandapi T16, Tandapi Puyo, M1P6R3p3 Pta28, M1P4R3p5 Pta25). Los segregantes que presentaron el menor nivel de capacidad antioxidante (μmol/g) fueron: M1P4R3p1 Pta29 (86,75±0,89), Sh.3.89(94,36±0,21) y los que presentaron el mayor nivel fueron M1P3R3p5 Pta40 (287,83±1,58) y M1P3R3p2 Pta37 (230,70 ±2,06).

### Capacidad antioxidante (método FRAP)

En la tabla 32, se presentan los resultados de la determinación de la capacidad antioxidante en los 21 materiales de naranjilla de los ensayos experimentales en las diferentes localidades.

**Tabla 32. Resultados promedio de la evaluación de la capacidad antioxidante por el método FRAP en 21 materiales de naranjilla.**

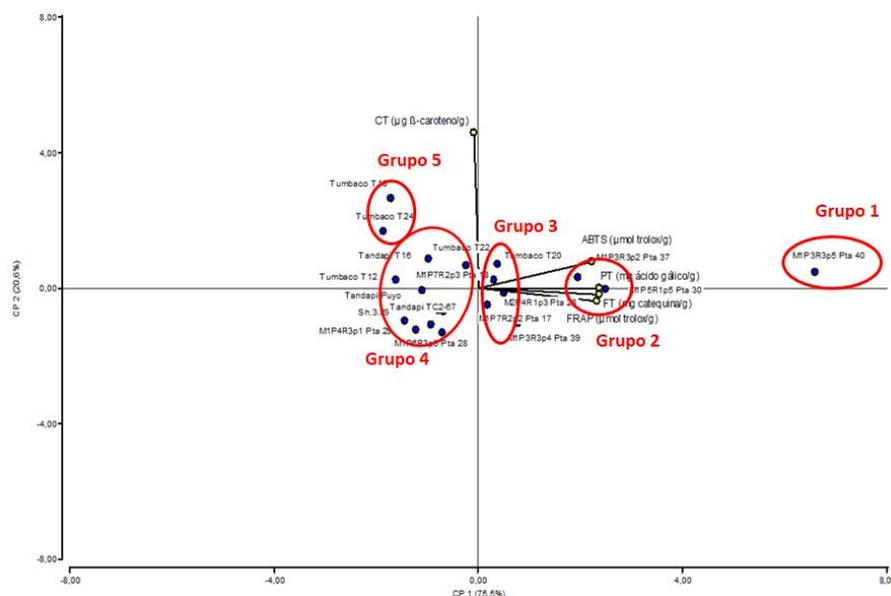
Identificación	Capacidad A. FRAP μmol trolox/g
Tumbaco T4	149,93±2,99
Tumbaco T12	113,19±1,69
Tumbaco T18	106,60±2,22
Tumbaco T20	188,01±2,24
Tumbaco T22	154,06±1,47
Tumbaco T24	95,74±2,18
Tandapi TC2-67	154,36±1,13
Tandapi T16	152,92±1,44
Tandapi Puyo	147,98±0,28
Sh.3.89	131,57±1,34
M2P4R1p3 Pta28	201,68±2,27
M1P3R3p2 Pta37	256,28±0,68
M1P6R3p3 Pta28	160,26±6,92
M1P7R2p2 Pta17	198,42±1,99
M1P7R2p3 Pta18	207,42±2,65
M1P3R3p5 Pta40	552,77±14,70
M1P3R3p4 Pta39	269,34±2,56
M1P4R3p1 Pta29	161,31±7,23
M1P4R3p5 Pta25	212,75±5,38
M1P5R1p5 Pta30	378,50±5,52

\* Resultados promedio de dos repeticiones ± desviación estándar (Base seca)

Los resultados de la tabla 32, establecen que la capacidad antioxidante por el método FRAP ( $\mu\text{mol trolox/g}$ ) varía en un rango de  $95,74 \pm 2,18$  a  $552,77 \pm 14,70$ . El análisis de frecuencia de los resultados determinó que el 85% de las muestras presentaron un contenido de 100 a 300  $\mu\text{mol trolox/g}$  (materiales Tumbaco T4, Tumbaco T12, Tumbaco T18, Tandapi Puyo, Sh.3.89, Tumbaco T20, Tumbaco T22, Tandapi TC2-67, Tandapi T16, M1P6R3p3 Pta28, M1P7R2p2 Pta17, M1P4R3p1 Pta29, M2P4R1p3 Pta28, M1P7R2p3 Pta18, M1P4R3p5 Pta25, M1P3R3p2 Pta37, M1P3R3p4 Pta39). Los materiales que presentaron el menor nivel de capacidad antioxidante ( $\mu\text{mol trolox/g}$ ) fueron: Tumbaco T24 ( $95,74 \pm 2,18$ ), Tumbaco T18 ( $106,60 \pm 2,22$ ) y los que presentaron el mayor nivel fueron M1P3R3p5 Pta40 ( $552,77 \pm 14,70$ ) y M1P5R1p5 Pta30 ( $378,50 \pm 5,52$ ).

### Comparación del perfil de antioxidantes mediante análisis de componentes principales (ACP)

En la figura 5, se presenta los resultados de la proyección de las variables (compuestos antioxidantes y capacidad antioxidante) y los individuos (21 materiales de naranjilla) en el plano bidimensional X, Y, de acuerdo al análisis de componentes principales (ACP).



**Figura 5. Proyección de variables (compuestos bioactivos y capacidad antioxidante) y 21 materiales de naranjilla**

Observando los resultados del análisis multivariado, se estableció que las dos primeras componentes principales explican el 96,30 % de la varianza total. La variable carotenoides totales se proyectan con cargas positivas sobre el componente 2 (F2), la misma que está relacionada con el color de la pulpa de los materiales, así los carotenoides totales son responsables del color amarillo. De igual manera, se observa la proyección de las variables polifenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante por los métodos ABTS y FRAP con carga positiva sobre la componente principal 1 (F1), demostrándose que existe una alta correlación entre el contenido de antioxidantes y la capacidad antioxidante de los segregantes.

En la figura 5, se observa la proyección de los individuos en el plano bidimensional, que corresponden a los 21 materiales de naranjilla, de acuerdo a la correlación con las variables estudiadas. Mediante este análisis se estableció que los materiales de naranjilla forman 5 grupos en el plano, de acuerdo a la correlación de las variables estudiadas. En el

grupo 1 y 2 se encuentran los materiales M1P3r3p5 Pta40, M1P3r3p2 Pta37 y M1P5r1p5 Pta30, que se caracterizan por presentar un alto contenido de polifenoles totales, flavonoides totales y elevada actividad antioxidante. De igual manera, se observó que los materiales que están en el grupo 3 y 4 presentan contenidos intermedios y bajos de antioxidantes. En el grupo 5, se encuentran los materiales Tumbaco T16 y Tumbaco T24 que presentan un alto contenido de carotenoides totales, puesto que se relaciona con el color amarillo de su pulpa.

### Contenido de glicoalcaloides

En la tabla 33, se presentan los resultados de la determinación del contenido de glicoalcaloides (Solanina y Chaconina) por Cromatografía Líquida (HPLC), en 21 materiales de naranjilla de los ensayos experimentales en las diferentes localidades.

**Tabla 33. Resultados promedio del contenido de solanina y chaconina en 21 materiales naranjilla**

Identificación	Solanina (mg/100g)	Chaconina (mg/100g)
Tumbaco T4	1,04±0,03	3,54±0,04
Tumbaco T12	1,70±0,07	5,27±0,15
Tumbaco T18	1,31±0,00	3,65±0,06
Tumbaco T20	1,21±0,04	4,74±0,02
Tumbaco T22	0,93±0,08	4,03±0,09
Tumbaco T24	1,17±0,01	2,31±0,06
Tandapi TC2-67	1,65±0,03	2,56±0,01
Tandapi T16	1,91±0,03	5,25±0,00
Tandapi Puyo	1,13±0,02	19,60±0,03
Sh.3.89	1,64±0,01	5,97±0,00
M2P4R1p3 Pta28	1,33±0,02	4,63±0,01
M1P3R3p2 Pta37	2,06±0,01	2,93±0,00
M1P6R3p3 Pta28	1,52±0,01	2,30±0,01
M1P7R2p2 Pta17	4,35±0,01	5,27±0,01
M1P7R2p3 Pta18	0,73±0,00	4,07±0,00
M1P3R3p5 Pta40	0,47±0,00	2,70±0,01
M1P3R3p4 Pta39	0,41±0,01	4,07±0,02
M1P4R3p1 Pta29	0,16±0,00	2,21±0,00
M1P4R3p5 Pta25	0,15±0,00	4,10±0,01
M1P5R1p5 Pta30	0,21±0,01	5,26±0,02

\* Resultados promedio de dos repeticiones ± desviación estándar (Base seca)

Los resultados de la tabla 33, establecen que el contenido de solanina y chaconina (mg/100g) varía en un rango de 0,15±0,00 a 4,35±0,01 y de 2,21± 0.00 a 19,60±0,03 respectivamente. Los materiales que presentaron el menor contenido de chaconina fueron el M1P4R3p1 Pta29 y M1P6R3p3 Pta28, mientras que para el caso de solanina los que presentaron el menor contenido fueron los materiales M1P4R3p5 Pta25 y M1P4R3p1 Pta29. Cabe indicar que los glicoalcaloides son sustancias tóxicas para el ser humano, la ingesta de 1mg/kg de estos metabolitos produce severos síntomas gastrointestinales como vómitos, diarrea y dolor abdominal. Por lo cual, para mejoramiento genético se debe seleccionar los materiales con el menor contenido de glicoalcaloides.

### CONCLUSIONES

- La caracterización física, química y funcional de la población de 21 materiales avanzados de naranjilla, permitió elaborar una base de datos, que se desglosa y analizan con los principales resultados. Es un aporte para el programa de mejoramiento, en el desarrollo de variedades con características de calidad.

- Los materiales de naranjilla estudiados presentaron un contenido en base seca de polifenoles entre  $6,73 \pm 0,25$  (Tumbaco T24) a  $28,03 \pm 0,18$  (M1P3R3p5 Pta40) mg ácido gálico/g, flavonoides de  $3,50 \pm 0,16$  (Tumbaco T24) a  $32,41 \pm 0,31$  (M1P3R3p5 Pta40) mg catequina/g, carotenoides de  $46,40 \pm 0,48$  (M1P6R3p3 Pta28) a  $94,30 \pm 2,32$  (Tumbaco T18)  $\mu\text{g}$   $\beta$ -caroteno/g, vitamina C entre  $18,28 \pm 0,00$  a  $79,11 \pm 0,38$  mg ácido ascórbico/100g en base fresca y la capacidad antioxidante FRAP y ABTS de  $95,74 \pm 2,18$  (Tumbaco T24) a  $552,77 \pm 14,70$  (M1P3R3p5 Pta40) y  $86,75 \pm 0,89$  (M1P4R3p1 Pta29) a  $287,83 \pm 1,58$  (M1P3R3p5 Pta 40)  $\mu\text{mol}$  trolox/g, respectivamente.
- Los materiales que presentaron el menor contenido de glicoalcaloides fueron para solanina el M1P4R3p5 Pta25 y M1P4R3p1 Pta29 y para la chaconina el M1P4R3p1 Pta29 y M1P6R3p3 Pta28. Estos materiales son promisorios para generar nuevas variedades de naranjilla con menor contenido de sustancias tóxicas, que en cierto grado de ingesta pueden afectar a la salud de los consumidores
- De la población de materiales de naranjilla analizadas, se destaca el material M1P3R3p5 Pta40, por su alto contenido de compuestos funcionales (flavonoides totales y polifenoles totales) y su elevada capacidad antioxidante, así como un menor contenido de solanina, mientras que el material Tumbaco T18 se destaca por un mayor contenido de carotenoides totales.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar el estudio del contenido de glicoalcaloides en los materiales de naranjilla, que permita conocer el perfil de estas sustancias que producen efectos nocivos para la salud, con la finalidad de obtener nuevas variedades que no presenten estos problemas de inocuidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

INEN. (2009). NTE INEN 2 303: Frutas frescas. Naranjilla. Requisitos. Recuperado de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2303.pdf>

INIAP. (2019). Fortalecimiento de la investigación para mejorar la productividad y calidad de la naranjilla y tomate de árbol, en el Ecuador. INIAP. [https://www.iniap.gob.ec/pruebav3/wp-content/uploads/2020/02/Proyecto Solanaceas AECID.pdf](https://www.iniap.gob.ec/pruebav3/wp-content/uploads/2020/02/Proyecto_Solanaceas_AECID.pdf)

Llerena, W. (2014). Estudio de la relación entre el color y el contenido de antioxidantes de seis frutas tropicales y andinas (Tesis pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

**ACTIVIDAD 8. Caracterización de la calidad (física, química, bioquímica y nutricional) e inocuidad alimentaria (glicoalcaloides) en los frutos de 13 líneas avanzadas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav).**

**RESPONSABLE:** Dr. Iván Samaniego.

**COLABORADORES:** Javier Álvarez (Técnico contratado proyecto AECID), Joseph Salazar (Tesisista Universidad Central)

## ANTECEDENTE

La población de la colección de trabajo de tomate de árbol del Programa de Fruticultura proporciona una amplia gama de plantas y frutos, con formas, tamaños y colores, que no han sido evaluadas sus características fisicoquímicas, así como los compuestos funcionales y la capacidad antioxidante. Esta población proviene de cruzamientos interespecíficos y retrocruzamientos  $[[[S. unilobum \times S. betaceum] \times S. betaceum] \times S. betaceum]$ . Actualmente, la progenie se encuentra en la Filial 3 proveniente de la segunda retrocruza hacia *S. betaceum* (Viera et al., 2016).

Esta actividad está inmersa en el estudio para identificar los agentes causales de las enfermedades emergentes y evaluar en campo e invernadero la resistencia de las líneas de tomate de árbol; complementariamente se evalúa las características agronómicas y se podrá seleccionar líneas con potencial agronómico y de calidad, que podrían ser liberadas posteriormente como cultivares o variedades mejoradas de tomate de árbol. Los parámetros de componentes de la calidad e inocuidad, se ha considerado en los procesos finales de selección, ocasionando que materiales con potencial en este aspecto sean descartados en las etapas intermedias de selección.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Caracterizar física, química y funcional de una población de 13 materiales de la colección de trabajo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) para su selección por calidad.

### Objetivos específicos

- Determinar las características fisicoquímicas (peso, diámetro polar y ecuatorial, firmeza, consistencia de la pulpa, sólidos solubles, pH, acidez titulable, índice de madurez y vitamina C) en 13 líneas de la colección de trabajo de tomate de árbol.
- Evaluar el contenido de los compuestos antioxidantes (polifenoles totales, carotenoides, antocianinas, flavonoides) y capacidad antioxidante en 13 líneas de la colección de trabajo de tomate de árbol.
- Cuantificar el contenido de glicoalcaloides (solanina y chaconina) en 13 líneas de la colección de trabajo de tomate de árbol.

## METODOLOGÍA

Este estudio se desarrolló como parte de las actividades aprobadas dentro del proyecto de investigación: "Fortalecimiento de la Investigación para mejorar la Productividad y Calidad de la naranjilla y tomate de árbol en Ecuador".

### Material Vegetal

Para este estudio, con el equipo interdisciplinario del proyecto; se seleccionó las líneas promisorias de tomate de árbol con resistencia a virosis, antracnosis, *Phytophthora infestans* y *Colletotrichum acutatum*, que se están evaluando en los ensayos experimentales en las localidades de Pillaro en la provincia Tungurahua y Cuenca en la provincia del Azuay.

La unidad experimental estuvo constituida por 500 g de fruta de cada línea promisorio de tomate de árbol, cosechadas directamente de los árboles de acuerdo a la codificación de los frutales en la zona de recolección, que fueron los tratamientos en estudio. En la tabla 34 se presentan los materiales analizados.

**Tabla 34. Tratamientos, de 13 materiales de la colección de trabajo de tomate de árbol**

<b>Localidad</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Identificación</b>
Provincia del Azuay	T1	T1F2-P4P6P7
Provincia del Azuay	T2	T1F1-P8
Provincia del Azuay	T3	T2F3-P1P9
Provincia del Azuay	T4	T2F4-P1P2
Provincia del Azuay	T5	T3F5-P6P9
Provincia del Azuay	T6	T3F6-P7
Provincia del Azuay	T7	T4F7-P2P5
Provincia del Azuay	T8	T4F8-P3P5
Provincia de Tungurahua	T9	P3F4
Provincia de Tungurahua	T10	P9F2
Provincia de Tungurahua	T11	P9F1
Provincia de Tungurahua	T12	P10F3
Provincia de Tungurahua	T13	P12F7

Las muestras cosechadas se colocaron en fundas de papel, se etiquetaron y se trasladaron inmediatamente al laboratorio de Nutrición y Calidad. En el laboratorio las muestras fueron separadas en dos porciones, una porción se utilizó para los análisis fisicoquímicos y en la otra porción se procedió a lavar, separar la cáscara y licuar la pulpa, la misma que se colocó en bandejas y se congeló a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente las muestras congeladas se sometieron a un proceso de secado por liofilización a  $-70^{\circ}\text{C}$  y 1 Pascal de presión. Las muestras secas fueron molidas hasta obtener un polvo fino de tamaño de partícula  $< 1$  mm. Finalmente estas muestras se almacenaron en frascos herméticos de polipropileno protegidos de la luz hasta la fecha de realización de los análisis.

### **Métodos de Análisis**

En cada uno de los 13 materiales de tomate de árbol se evaluó el peso, diámetro polar y ecuatorial, rendimiento de la pulpa, firmeza y consistencia de la pulpa, acidez titulable, sólidos solubles e índice de madurez. En las muestras secas se evaluó el perfil de compuestos funcionales: polifenoles totales, carotenoides totales, vitamina C, flavonoides totales, antocianinas totales, capacidad antioxidante y el contenido de glicoalcaloides, utilizando las metodologías vigentes en el laboratorio de Nutrición y Calidad.

## **RESULTADOS**

### **Evaluación de los parámetros fisicoquímicos de calidad**

En la tabla 35, se presentan los resultados de la determinación del peso, largo, ancho, diámetro, firmeza y consistencia de la pulpa en los 13 materiales de tomate de árbol de los ensayos de la provincia del Azuay y Tungurahua

**Tabla 35. Resultados de la determinación del peso, diámetro, firmeza y consistencia en 13 líneas promisorias de tomate de árbol**

Identificación	Peso* g	Diámetro* Polar cm	Diámetro* Ecuatorial cm	Firmeza** Newton	Consistencia Pulpa** cm.min <sup>-1</sup>
T1F2-P4P6P7	86,96±8,18	76,03±4,54	48,16±1,96	18,33±0,38	2,50±0,00
T1F1-P8	127,07±23,44	79,20±2,59	54,51±1,45	17,56±1,87	2,50±0,00
T2F3-P1P9	123,45±13,22	78,97±3,36	55,69±2,06	18,34±0,05	2,50±0,00
T2F4-P1P2	143,63±17,35	80,73±2,13	57,84±2,84	16,60±0,13	3,00±0,00
T3F5-P6P9	94,29±14,97	83,72±6,04	47,06±1,93	13,70±1,07	5,00±0,00
T3F6-P7	84,80±14,37	73,77±2,88	47,10±3,57	10,27±0,04	5,50±0,00
T4F7-P2P5	125,81±17,84	76,00±4,41	55,91±3,99	18,65±0,15	3,50±0,00
T4F8-P3P5	126,67±14,51	73,44±1,86	57,65±2,53	14,45±0,42	2,50±0,00
P3F4	76,41±8,00	57,98±2,91	47,63±1,69	9,36±3,18	3,50±0,00
P9F2	84,58±12,29	70,33±3,58	48,32±2,42	13,69±5,99	1,00±0,00
P9F1	121,97±23,02	71,74±6,43	56,72±3,73	12,96±6,18	1,83±0,29
P10F3	116,76±19,23	73,12±6,27	55,26±3,03	23,24±12,74	2,00±0,00
P12F7	75,37±10,39	64,95±4,45	45,85±2,27	8,11±2,74	3,33±0,29

\* Resultados promedio de 10 repeticiones, \*\* 3 repeticiones (Base fresca).

Los resultados presentados en la tabla 35, permitieron establecer que la línea T2F4-P1P2 sobresale por su mayor peso y diámetro ecuatorial, la línea P10F3 presenta la firmeza de la pulpa más dura y una consistencia de la pulpa más espesa. Por el contrario, se determinó que las líneas T3F5-P6P9, T3F6-P, P9F2, T1F2-P4P6P7, P12F7, P3F4 son de menor peso y más pequeñas, con una firmeza suave y de consistencia blanda o muy líquida.

El análisis de frecuencia de los resultados determinó que el 46% de las muestras pesan entre 70 y 100 g (segregantes P3F4, P12F3, T1F2-P4P6P7, T3F6-P7, P9F2, T3F5-P6P9), mientras que el otro 46% de las muestras presentan pesos entre 110 a 130g (segregantes P10F3, T1F1-P8, T2F3-P1P9, T4F7-P2P5, T4F8-P3P5, P9F1). El segregante T2F4-P1P2 presenta el mayor peso (140 a 150g). Para el caso del diámetro ecuatorial, se estableció que la mayor frecuencia de observaciones (54%), se encuentra en el rango de 54 a 58 cm (segregantes T1F1-P8, T2F3-P1P9, T4F7-P2P5, P10F3, P9F1, T2F4-P1P2, T4F8-P3P5), el segregante que presentó el menor diámetro ecuatorial fue el P12F7 (45 a 46 cm). Con respecto al diámetro polar, los segregantes que presentaron la mayor frecuencia (69%) fueron: T3F6-P7, T4F8-P3P5, P9F2, P9F1, P10F3, T1F2-P4P6P7, T1F1-P8, T2F3-P1P9, T4F7-P2P5 con un diámetro entre 70 a 80 cm.

Para el caso de la firmeza, los segregantes que presentaron la mayor frecuencia (68%) fueron: P3F4, P12F7, T3F6-P7, T3F5-P6P9, P9F2, P9F1, T4F8-P3P5 con 8-16 N, el segregante que presentó la mayor firmeza fue el P10F3 con 22 a 24 N. De igual manera, el 77% de los segregantes presentaron una consistencia entre 1,5 a 3,5 cm/min, Los segregantes T3F5-P6P9, T3F6-P7 presentaron la mayor consistencia (4,5 a 5,5 cm/min).

En la tabla 36, se presentan los resultados de la determinación de pH, acidez titulable, °Brix y el contenido de Vitamina C en la pulpa de los 13 materiales de tomate de árbol de los ensayos de la provincia del Azuay y Tungurahua.

**Tabla 36. Resultados promedio de la determinación del pH, acidez titulable, °Brix y Vitamina C, en 13 líneas promisorias de tomate de árbol**

Identificación	pH adimensional	(AT)* % ácido cítrico	(SS)* ° Brix	Índice de madurez* (SS/AT)	Vitamina C mg.100g-1
T1F2-P4P6P7	3,55±0,01	1,89±0,06	11,33±0,58	5,99±0,40	20,62±2,28
T1F1-P8	3,60±0,02	1,71±0,09	11,93±0,12	6,99±0,33	9,53±0,21
T2F3-P1P9	3,67±0,02	1,58±0,04	12,87±0,23	8,17±0,36	8,75±0,20
T2F4-P1P2	3,69±0,04	1,76±0,03	12,00±0,00	6,82±0,11	11,27±0,94
T3F5-P6P9	3,59±0,04	1,74±0,04	10,27±0,23	5,90±0,02	22,38±0,80
T3F6-P7	3,52±0,05	1,88±0,01	12,00±0,00	6,40±0,02	20,20±2,32
T4F7-P2P5	3,56±0,03	1,53±0,02	12,00±0,00	7,86±0,13	10,27±0,90
T4F8-P3P5	3,48±0,01	1,56±0,04	12,33±0,58	7,94±0,57	10,09±0,84
P3F4	4,10±0,01	1,41±0,17	7,93±0,59	5,63±0,35	19,53±0,52
P9F2	4,13±0,04	1,32±0,06	11,77±0,46	8,94±0,55	12,18±1,35
P9F1	4,12±0,08	1,30±0,07	10,13±0,06	7,82±0,44	10,97±2,10
P10F3	4,08±0,03	1,20±0,01	9,27±0,06	7,73±0,05	14,04±3,51
P12F7	4,00±0,02	1,36±0,05	11,33±0,31	8,36±0,13	52,05±11,64

\* Resultados promedio de tres repeticiones ± desviación estándar (Base fresca)

Con base a los resultados de la tabla 36, se estableció que las 13 líneas promisorias de tomate de árbol presentan un pH que varía en el rango de 3,52±0,05 a 4,13±0,04, los materiales P9F1 y P9F2 presentan los valores de pH más altos. Para el caso de la acidez titulable, el rango varía entre 1,20±0,01 a 1,89±0,06% de ácido cítrico, los sólidos solubles variaron entre 7,93±0,59 a 12,87±0,23 °Brix. Con estos dos parámetros se determinó el índice de madurez de los segregantes en estudio, estableciéndose un rango de 5,63±0,35 a 8,94±0,55. Con respecto a la determinación de vitamina C, los contenidos variaron entre 8,75±0,20 a 52,05±11,64 mg/100 g de fruta fresca.

Los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica de los materiales en estudio, están dentro de los requisitos de la normativa NTE INEN 1909 para tomate de árbol de las variedades Anaranjado Puntón, Anaranjado Redondo, Morado Neozelandés y Morado Gigante en estado de madurez comestible, donde se establece que la acidez titulable debe tener un valor máximo de 2,0% como ácido cítrico, sólidos solubles mínimo de 9 °Brix y el índice de madurez mínimo de 4,5. (INEN, 2016).

## Cuantificación de los compuestos funcionales y capacidad antioxidante

### Contenido de Polifenoles totales

En la tabla 37, se presentan los resultados de la determinación de contenido de polifenoles totales en los 13 materiales de tomate de árbol de los ensayos de la provincia del Azuay y Tungurahua.

**Tabla 37. Resultados promedio del contenido de polifenoles totales en 13 líneas promisorias de tomate de árbol**

Identificación	Polifenoles mg ácido gálico/g
T1F2-P4P6P7	7,89±0,14
T1F1-P8	8,09±0,00
T2F3-P1P9	7,33±0,06
T2F4-P1P2	8,00±0,54
T3F5-P6P9	9,10±0,21
T3F6-P7	8,59±0,26
T4F7-P2P5	7,52±0,18
T4F8P3P5	8,80±0,18
P3F4	9,29±0,22
P9F2	9,45±0,26
P9F1	12,35±0,16
P10F3	9,57±0,15
P12F7	8,63±0,12

\* Resultados promedio de dos repeticiones ± desviación estándar (Base seca)

Según los resultados de la tabla 37, se estableció que el contenido de polifenoles totales varía en un rango de  $7,33 \pm 0,06$  a  $12,35 \pm 0,16$  mg ácido gálico/g, que concuerdan con los obtenidos por Vasco et al. (2009) donde la variedad Amarilla y Morada presentan contenidos de polifenoles totales de  $5,57 \pm 0,14$  y  $14,13 \pm 0,50$  mg ácido gálico/g pulpa, respectivamente. En los trabajos realizados por Llerena et al. (2014), Rojas, Repo de Carrasco y Encina (2017), reportaron contenidos entre  $10,63 \pm 0,58$  y  $8,91 \pm 0,11$  mg de ácido gálico/g para las variedades Anaranjado Gigante y Amarilla del Perú, respectivamente. Los segregantes que presentaron el menor contenido (mg/g) fueron el T2F3-P1P9 ( $7,331 \pm 0,06$ ) y el T4F7-P2P5 ( $7,52 \pm 0,18$ ) y el que presentó el mayor contenido fue el segregante P9F1 ( $12,35 \pm 0,16$ ).

### Contenido de Flavonoides totales

En la tabla 38, se presentan los resultados de la determinación de contenido de flavonoides totales en los 13 materiales de tomate de árbol de los ensayos de la provincia del Azuay y Tungurahua.

**Tabla 38. Resultados promedio del contenido de flavonoides totales en 13 líneas promisorias de tomate de árbol**

Identificación	Flavonoides T. mg catequina/g
T1F2-P4P6P7	$2,54 \pm 0,05$
T1F1-P8	$3,73 \pm 0,01$
T2F3-P1P9	$2,37 \pm 0,04$
T2F4-P1P2	$2,93 \pm 0,04$
T3F5-P6P9	$2,27 \pm 0,03$
T3F6-P7	$2,20 \pm 0,06$
T4F7-P2P5	$2,70 \pm 0,02$
T4F8P3P5	$3,28 \pm 0,06$
P3F4	$3,37 \pm 0,06$
P9F2	$3,34 \pm 0,02$
P9F1	$4,73 \pm 0,12$
P10F3	$5,05 \pm 0,13$
P12F7	$2,12 \pm 0,04$

\* Resultados promedio de dos repeticiones  $\pm$  desviación estándar (Base seca)

De los resultados de la tabla 38, se estableció que el contenido de flavonoides totales varía en un rango de  $2,12 \pm 0,04$  a  $5,05 \pm 0,13$  mg catequina/g, que concuerdan con los obtenidos por Lara Rosas, (2016) en donde se indica que la variedad Anaranjado Gigante presenta  $1,04 \pm 0,01$  mg catequina/g en base seca. Para la variedad originaria de Malasia, según lo reportado por Noor Atiqah, Maisarah y Asmah, (2014), obtuvieron  $6,44 \pm 0,16$  mg catequina/g por porción comestible en base seca; estas concentraciones son similares a las obtenidos en este estudio. Los segregantes que presentaron el mayor contenido de flavonoides totales (mg/g) fueron: P10F3( $5,05 \pm 0,13$ ) y P9F1( $4,73 \pm 0,12$ ).

### Contenido de Antocianinas totales

En la tabla 39, se presentan los resultados de la determinación de contenido de antocianinas totales en los 13 materiales de tomate de árbol de los ensayos de la provincia del Azuay y Tungurahua.

**Tabla 39. Resultados promedio del contenido de antocianinas totales en 13 líneas promisorias de tomate de árbol**

Identificación	Antocianinas T. mg cianidina-3-glucósido/100g
T1F2-P4P6P7	20,18±0,70
T1F1-P8	43,06±1,65
T2F3-P1P9	7,19±0,20
T2F4-P1P2	25,04±0,75
T3F5-P6P9	32,76±1,16
T3F6-P7	22,13±0,29
T4F7-P2P5	14,92±0,66
T4F8P3P5	43,98±0,24
P3F4	56,45±1,07
P9F2	11,98±0,36
P9F1	59,01±1,29
P10F3	11,19±0,01
P12F7	52,07±1,79

\* Resultados promedio de dos repeticiones ± desviación estándar (Base seca)

Según los resultados de la tabla 39, se estableció que las antocianinas totales (mg cianidina-3-glucósido/100g) varía entre 11,19±0,01 a 59,01±1,29. Los resultados experimentales son menores a los obtenidos por Espin et al. (2016), en donde se indica que el contenido de antocianinas totales en tomate de árbol de la variedad Morado Gigante y Morada de Nueva Zelanda presentan 102,35±1,469 y 168,88±2,658, respectivamente. Para el caso de variedades de tomate de árbol de pulpa amarilla no se reporta resultados cuantificados, ya que en estas variedades no se detectan antocianinas según lo señalado por Mertz et al. (2009). Los segregantes que presentaron el mayor contenido de antocianinas totales fueron: P9F1 (59,01±1,29), P3F4 (56,45±1,07) y P12F7 (52,07±1,79).

### Contenido de Carotenoides totales

En la tabla 40, se presentan los resultados de la determinación de contenido de carotenoides totales en los 13 materiales de tomate de árbol de los ensayos de la provincia del Azuay y Tungurahua.

**Tabla 40. Resultados promedio del contenido de carotenoides totales en 13 líneas promisorias de tomate de árbol**

Identificación	Carotenoides T. µg β-caroteno/g
T1F2-P4P6P7	103,86±1,47
T1F1-P8	106,44±1,75
T2F3-P1P9	102,28±0,84
T2F4-P1P2	114,80±3,14
T3F5-P6P9	104,76±2,30
T3F6-P7	93,97±1,09
T4F7-P2P5	91,66±0,60
T4F8P3P5	118,96±2,89
P3F4	151,19±1,64
P9F2	118,69±3,55
P9F1	107,85±3,56
P10F3	101,13±3,60
P12F7	94,71±2,61

\* Resultados promedio de tres repeticiones ± desviación estándar (Base seca)

Los resultados de la tabla 40, establecen que los carotenoides totales ( $\mu\text{g } \beta\text{-caroteno/g}$ ) varían entre  $91,66 \pm 0,60$  a  $151,19 \pm 1,64$ , los cuales concuerdan con los obtenidos por Llerena et al. (2014) para la variedad Anaranjado Gigante ( $123,18 \pm 16,61$ ). Vasco et al. (2009) hallaron una concentración para la variedad Amarilla ( $242,86 \pm 21,43$ ) y para la variedad Morada ( $650 \pm 62,5$ ). Los segregantes que presentaron mayor contenido de carotenoides en  $\mu\text{g } \beta\text{-caroteno/g}$  fueron: P3F4 ( $151,19 \pm 1,64$ ), P9F2 ( $118,69 \pm 3,55$ ), T4F8P3P5 ( $118,96 \pm 2,89$ ).

### Capacidad antioxidante (método ABTS)

En la tabla 41, se presentan los resultados de la determinación de la capacidad antioxidante en los 13 materiales de tomate de árbol de los ensayos de la provincia del Azuay y Tungurahua.

**Tabla 41. Resultados promedio de la evaluación de la capacidad antioxidante por el método ABTS en 13 líneas promisorias de tomate de árbol**

Identificación	Capacidad Antioxidante ABTS $\mu\text{mol trolox/g}$
T1F2-P4P6P7	$79,50 \pm 0,61$
T1F1-P8	$107,14 \pm 1,03$
T2F3-P1P9	$132,65 \pm 0,07$
T2F4-P1P2	$115,60 \pm 2,06$
T3F5-P6P9	$93,10 \pm 1,95$
T3F6-P7	$79,09 \pm 0,87$
T4F7-P2P5	$120,31 \pm 1,78$
T4F8P3P5	$98,25 \pm 1,10$
P3F4	$120,08 \pm 0,43$
P9F2	$103,53 \pm 2,42$
P9F1	$199,47 \pm 1,56$
P10F3	$121,65 \pm 1,28$
P12F7	$120,45 \pm 0,64$

\* Resultados promedio de tres repeticiones  $\pm$  desviación estándar (Base seca)

Los resultados de la tabla 41 establecen que la capacidad antioxidante por el método ABTS varía en un rango de  $79,09 \pm 0,87$  a  $199,47 \pm 1,56$   $\mu\text{mol trolox/g}$ , resultados superiores a los obtenidos por Espin et al. (2016) que indican la variedad Amarilla Gigante presenta entre  $22 \pm 0,4$  y  $45 \pm 0,6$ ; la Morado Gigante  $70 \pm 0,8$  y la Morada de Nueva Zelanda  $89 \pm 1,2$   $\mu\text{mol trolox/g}$ . Este incremento de la capacidad antioxidante puede ser por la variabilidad genética de los segregantes. Los segregantes que presentaron el menor nivel de capacidad antioxidante ( $\mu\text{mol/g}$ ) fueron: T3F6-P7 ( $79,09 \pm 0,87$ ), T1F2-P4P6P7 ( $79,50 \pm 0,61$ ) y los que presentaron el mayor nivel fueron P9F1 ( $199,47 \pm 1,56$ ) y T2F3-P1P9 ( $132,65 \pm 0,07$ ).

### Capacidad antioxidante (método FRAP)

En la tabla 42, se presentan los resultados de la determinación de la capacidad antioxidante por el método FRAP en los 13 materiales de tomate de árbol de los ensayos de la provincia del Azuay y Tungurahua.

**Tabla 42. Resultados promedio de la evaluación de la capacidad antioxidante por el método FRAP en 13 líneas promisorias de tomate de árbol**

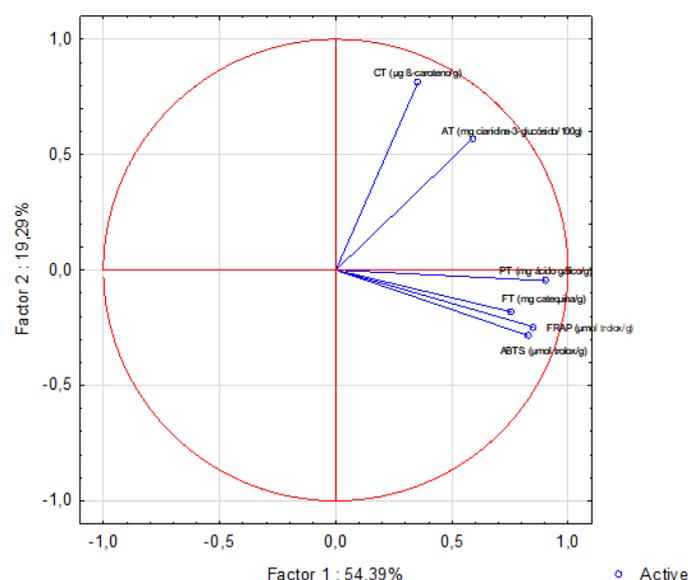
Identificación	Capacidad Antioxidante. FRAP $\mu\text{mol trolox/g}$
T1F2-P4P6P7	160,71 $\pm$ 3,80
T1F1-P8	128,07 $\pm$ 0,30
T2F3-P1P9	156,39 $\pm$ 3,16
T2F4-P1P2	158,35 $\pm$ 2,36
T3F5-P6P9	120,87 $\pm$ 3,27
T3F6-P7	144,49 $\pm$ 3,17
T4F7-P2P5	137,35 $\pm$ 3,62
T4F8P3P5	171,24 $\pm$ 1,37
P3F4	155,54 $\pm$ 4,23
P9F2	172,13 $\pm$ 0,05
P9F1	229,43 $\pm$ 3,51
P10F3	166,04 $\pm$ 2,79
P12F7	165,79 $\pm$ 1,48

\* Resultados promedio de tres repeticiones  $\pm$  desviación estándar (Base seca)

Los resultados de la tabla 42, establecen que la capacidad antioxidante por el método FRAP ( $\mu\text{mol trolox/g}$ ) varía en un rango de  $120,87\pm 3,27$  a  $229,43\pm 3,51$ . Estos valores son superiores a los presentados por Espin *et al.* (2016), que indican que la capacidad antioxidante en tomate de árbol para la variedad Amarilla Gigante está entre  $10\pm 0,4$  y  $17\pm 0,5$ ; la variedad Morado Gigante  $15\pm 0,2$  y la variedad Morada de Nueva Zelanda  $50\pm 0,8$ . Este incremento en los segregantes analizados, puede atribuirse a que los compuestos bioactivos responden a una expresión genética inducida por factores ambientales como la luz, nutrición y situaciones de estrés como infecciones (antracnosis). La producción de antioxidantes es el mecanismo de defensa de las plantas (Carvajal *et al.*, 2012).

### Comparación del perfil de antioxidantes mediante análisis de componentes principales (ACP)

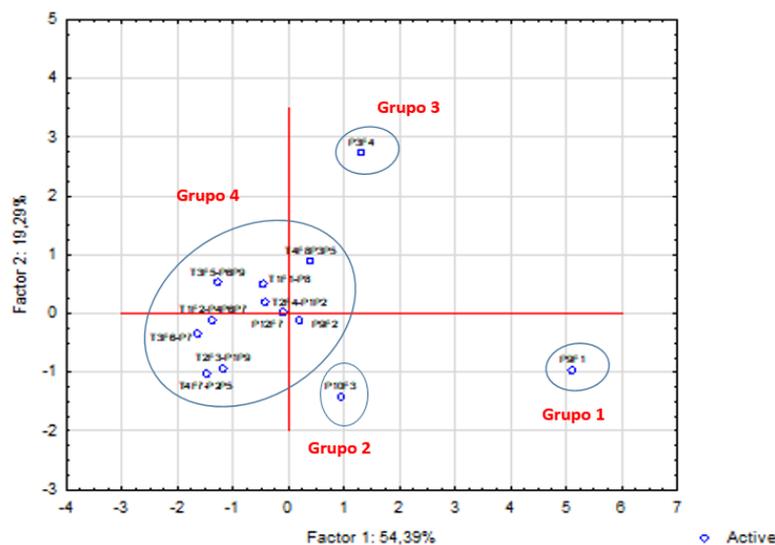
En la figura 6, se presenta los resultados de la proyección de las variables (compuestos antioxidantes y capacidad antioxidante) en el plano bidimensional X, Y, de acuerdo al análisis de componentes principales (ACP).



**Figura 6. Proyección de variables (compuestos bioactivos y capacidad antioxidante) en el plano.**

Observando los resultados del análisis multivariado, se estableció que las dos primeras componentes principales explican el 73,68% de la varianza total. Las variables Carotenoides totales y antocianinas totales se proyectan con cargas positivas sobre el componente 2 (F2), las mismas que están relacionadas con el color de la pulpa de los materiales de tomate de árbol, así los carotenoides totales son responsables del color amarillo y las antocianinas son responsables del color rojo a violeta. De igual manera, se observa la proyección de las variables polifenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante por los métodos ABTS y FRAP con carga positiva sobre la componente principal 1 (F1), demostrándose que existe una alta correlación entre el contenido de antioxidantes y la capacidad antioxidante de los segregantes.

En la figura 7, se presenta la proyección de los individuos en el plano bidimensional, que corresponden a los 13 segregantes de tomate de árbol (T1F2-P4P6P7, T1F1-P8, T2F3-P1P9, T2F3-P1P9, T2F4-P1P2, T3F5-P6P9, T3F6-P7, T4F7-P2P5, T4F8P3P5, P3F4, P9F2, P9F1, P10F3, P12, F7), de acuerdo a la correlación con las variables estudiadas.



**Figura 7. Proyección de los 13 segregantes de tomate de árbol en el plano.**

En la figura 7, se establece que mediante el análisis multivariado los materiales de tomate de árbol forman cuatro grupos en el plano, de acuerdo a la correlación entre las variables. En el grupo 1 y 2, están los segregante P9F1y P10F3 respectivamente, que se caracteriza por presentar un alto contenido de polifenoles totales, flavonoides totales y elevada actividad antioxidante. De igual manera, se observó en el grupo 3 el material P3F4, el mismo que se caracteriza por presentar un mayor contenido de carotenoides totales, puesto que se relaciona con el color amarillo de su pulpa. Los demás materiales presentan contenidos medios y bajos de antioxidantes (grupo 4). En función de este análisis se estableció que los materiales P10F3 y P9F1, son promisorios para ser utilizado en procesos de mejoramiento genético para obtener variedades con alto contenido de compuestos bioactivos.

### Contenido de glicoalcaloides

En la tabla 43, se presentan los resultados de la determinación del contenido de glicoalcaloides (Solanina y Chaconina) por Cromatografía Líquida (HPLC), en 13 materiales de tomate de árbol de los ensayos de la provincia del Azuay y Tungurahua.

**Tabla 43. Resultados promedio del contenido de solanina y chaconina en 13 líneas promisorias de tomate de árbol**

Identificación	Chaconina (mg/100g)	Solanina (mg/100g)
T1F2-P4P6P7	7,59±0,02	1,46±0,02
T1F1-P8	8,50±0,02	0,92±0,02
T2F3-P1P9	4,73±0,04	1,04±0,02
T2F4-P1P2	8,06±0,00	0,94±0,02
T3F5-P6P9	4,83±0,01	0,97±0,00
T3F6-P7	2,84±0,02	1,00±0,00
T4F7-P2P5	1,36±0,02	0,92±0,00
T4F8P3P5	2,56±0,01	1,40±0,01
P3F4	13,31±0,00	2,04±0,00
P9F2	14,86±0,01	1,40±0,01
P9F1	13,09±0,03	1,24±0,01
P10F3	3,74±0,01	1,34±0,01
P12F7	7,88±0,01	2,42±0,03

\* Resultados promedio de tres repeticiones ± desviación estándar (Base seca)

Los resultados de la tabla 43, establecen que el contenido de solanina y chaconina (mg/100g) varía en un rango de 0,92±0,00 a 2,42±0,03 y de 1,36± 0,02 a 14,86±0,01 respectivamente. Los segregantes que presentaron el menor contenido de chaconina fueron el T4F7-P2P5 y T4F8P3P5, mientras que para el caso de solanina los que presentaron el menor contenido fueron los segregantes T1F1-P8, T2F4-P1P2 y T3F5-P6P9. Cabe indicar que los glicoalcaloides son sustancias tóxicas para el ser humano, la ingesta de 1mg/kg de estos metabolitos produce severos síntomas gastrointestinales como vómitos, diarrea y dolor abdominal. Por lo cual, para mejoramiento genético se debe escoger los materiales con el menor contenido de glicoalcaloides.

## CONCLUSIONES

- La caracterización física, química y funcional de la población de 13 líneas de tomate de árbol, permitió elaborar una base de datos, que se desglosa y analizan con los principales resultados. Es un aporte para el programa de mejoramiento, en el desarrollo de variedades con características de calidad.
- Los segregantes estudiados presentaron un contenido en base seca de polifenoles entre 7,33±0,06 (T2F3-P1P9) a 12,35±0,16 (P9F1) mg ácido gálico/g, flavonoides de 2,12±0,04 (P12F7) a 5,05±0,13 (P10F3) mg catequina/g, antocianinas de 11,19±0,01 (P10F3) a 59,01±1,29 (P9F1) mg cianidina-3-glucósido/100g, carotenoides de 91,66±0,60 (T4F7-P2P5) a 151,19±1,64 (P3F4) µg β-caroteno/g, vitamina C entre 8,75±0,20 a 52,05±11,64 mg ácido ascórbico/100g en base fresca y la capacidad antioxidante FRAP y ABTS de 120,87±3,27 (T3F5-P6P9) a 229,43±3,51 (P9F1) y 79,09±0,87 (T3F6-P7) a 199,47±1,56 (P9F1) µmol trolox/g, respectivamente.
- Los segregantes que presentaron el menor contenido de glicoalcaloides fueron para solanina el T1F1-P8 y el P12F7 y para la chaconina el T4F7-P2P5 y P9F2. Estos materiales son promisorios para generar variedades con menor contenido de sustancias tóxicas, que en cierto grado de ingesta pueden afectar a la salud de los consumidores.
- De las líneas promisorias provenientes de la provincia de Tungurahua, se destaca los materiales P9F1 y P10F3, puesto que presentan alto contenido de compuestos funcionales (flavonoides totales y polifenoles totales) y mayor capacidad

antioxidante (ABTS y FRAP), mientras que la línea P3F4 se destaca por la presencia de un mayor contenido de carotenoides totales y antocianinas.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar el estudio del contenido de glicoalcaloides en los materiales de tomate de árbol, que permita conocer el perfil de estas sustancias que producen efectos nocivos para la salud, con la finalidad de obtener nuevas variedades que no presenten estos problemas de inocuidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carvajal, L., El Hadi, C., Cartagena, R., Peláez, C., Gaviria, C., y Rojano, A. (2012). Capacidad antioxidante de dos variedades de *Fragaria x ananassa* (Weston) Duchesne (fresa) sometidas a variaciones en la nutrición vegetal. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 17(1), 37-53. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v17n1/pla05112.pdf>

Espin, S., González, S., Taco, V., Poveda, C., Ayuda, B., Gonzales, A., and Santos, C. (2016). Phenolic composition and antioxidant capacity of yellow and purple-red Ecuadorian cultivars of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.). *Food Chemistry*, 194, 1073-1080. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.07.131

INEN. (2016). NTE INEN 1909: Frutas frescas- Tomate de árbol- Requisitos. Recuperado de [http://181.112.149.204/buzon/normas/nte\\_inen\\_1909-2.pdf](http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_1909-2.pdf)

Lara Rosas, C. (2016). Caracterización y microencapsulación de compuestos bioactivos de tomate de árbol variedad gigante anaranjado. Universidad de las Américas. Recuperado de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/6159/3/UDLA-EC-TIAG-2016-20.pdf>

Llerena, W. (2014). Estudio de la relación entre el color y el contenido de antioxidantes de seis frutas tropicales y andinas (Tesis pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Mertz, C., Gancel, A. L., Gunata, Z., Alter, P., Dhuique-Mayer, C., Vaillant, F., Brat, P. (2009). Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(5), 381-387. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.06.008>

Noor Atiqah, A., Maisarah, A., and Asmah, R. (2014). Comparison of antioxidant properties of tamarillo, cherry tomato and tomato. *International Food Research Journal*, 21(6), 2355-2362. Recuperado de <http://www.ifrj.upm.edu.my>

Repo, R., y Encina, C. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista Sociedad Química del Perú*, 74(2), 108-124. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/356642099/Determinacion-de-la-capacidad-antioxidante-y-compuestos-bioactivos-de-frutas-nativas-peruanas>

Rojas, D., Repo, R., y Encina, C. (2017). Determinación de la máxima retención de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el néctar de Tomate de árbol. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(2), 175-186.

Vasco, C., Avila, J., Ruales, J., Svanberg, U., and Kamal-Eldin, A. (2009). Physical and chemical characteristics of golden-yellow and purple-red varieties of tamarillo fruit. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(7), 278–288. <https://doi.org/10.1080/09637480903099618>

## **ACTIVIDAD 9. Caracterización del contenido de cannabinoides y compuestos antioxidantes en cáñamo de uso medicinal (*Cannabis sativa* L)**

**RESPONSABLE:** Dr. Iván Samaniego (DNyC), Dr. Jorge Merino

**COLABORADORES:** Bladimir Ortiz, Verónica Arias (DNyC), Denisse Aulestia (Tesisista Universidad Central)

### **ANTECEDENTE**

A pesar de que el cáñamo (*Cannabis sativa* L.) fue una de las plantas más cultivadas en la antigüedad por su excelente historial en el uso médico (Thomas & ElSohly, 2016), lamentablemente hoy en día se encuentra limitado por la falta de evidencia y estudios científicos. Estudios realizados por Sedan et al., (2020), sobre la caracterización del contenido de cannabinoides en inflorescencias y preparaciones herbarias artesanales de cannabis, utilizados terapéuticamente en Argentina, demostraron que la identificación y uso de los materiales está directamente relacionado con la concentración de los cannabinoides presentes, específicamente en la relación THC/CBD.

En el estudio “Técnicas de extracción y caracterización de cannabinoides a partir de la planta *Cannabis sativa* L.”, realizado por Sandiego, (2020) se analizó los aspectos principales de la misma y en particular los diferentes métodos analíticos utilizados para la extracción, identificación y cuantificación de los compuestos cannabinoides, donde se determinó que tanto la cromatografía de gases (GC), como la cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) son las que actualmente, han demostrado ser los más eficaces para el análisis cuali-cuantitativo de los cannabinoides presentes en la planta *Cannabis sativa* L.

De acuerdo a Pincay, (2019) en su investigación sobre el “Uso alternativo de marihuana (*Cannabis*) en la gastronomía tradicional con fines medicinales y responsabilidad social”, se realizó el análisis sensorial y nutricional de la planta donde se obtuvo que el 2,10% corresponde a cenizas; 3,04% proteínas; 80,4% humedad; 0,46% grasa; 12,9% fibra dietética y 1,10% de carbohidratos, demostrando que el uso de la planta de cannabis como ingrediente en la preparación de alimentos, no desnivela las características organolépticas de las comidas, ya que no reduce, ni realza los sabores, olores y visualmente no se distingue, pero tiene un aporte nutricional importante para mantener una dieta adecuada.

En el Ecuador no existe información generada sobre la caracterización nutricional, funcional y contenido de cannabinoides en plantas de cáñamo, que demuestren de manera objetiva los posibles usos medicinales e industriales de este cultivo, por lo cual este trabajo de investigación pretende aportar con información científica que oriente el uso y genere nuevas alternativas para los productores a nivel nacional.

### **OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Caracterización del contenido de cannabinoides y compuestos antioxidantes en cáñamo de uso medicinal (*Cannabis sativa* L).

### Objetivos específicos

- Evaluar el contenido de THC y CBD y compuestos antioxidantes en las diferentes partes de la planta de cáñamo (hojas, tallos e inflorescencias)
- Evaluar el contenido de antioxidantes (polifenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante) en las inflorescencias de plantas producidas en diferentes tipos de sustratos.

### METODOLOGÍA

Este estudio se desarrolló como parte de las actividades aprobadas dentro del protocolo de investigación: “Determinación del volumen de maceta y fotoperiodo inicial escalonado óptimo para el cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa L.*) cultivar Cherry Oregon, en dos localidades de la serranía ecuatoriana”.

### Material Vegetal

Para la caracterización de cannabinoides y compuestos bioactivos de las diferentes partes de la planta se utilizó una planta de cáñamo (*Cannabis sativa L.*), de la variedad Cherry Oregon con cuatro repeticiones.

Para el caso del estudio en las inflorescencias se utilizó muestras de cáñamo (*Cannabis sativa L.*), de la variedad Cherry Oregon Producidas en 5 sustratos diferentes con cuatro repeticiones (N=20) (tabla 44).

**Tabla 44. Sustratos utilizados para la producción de plantas de cáñamo variedad Cherry Oregon Hemp.**

Parte de la planta	Sustrato	Descripción
Inflorescencias	S1	100% Turba
	S2	100% Fibra de coco
	S3	80% Pomina+15% Fibra de coco+5% Turba
	S4	50% Fibra + 50% Pomina
	S5	50% Turba + 50% Pomina

Las muestras fueron cosechas directamente de los ensayos implementados en el invernadero automatizado de la EESC, posteriormente se secaron naturalmente al sol y se colocaron en funda de papel para ser enviadas al laboratorio de Nutrición y Calidad. En el laboratorio las muestras fueron sometidas a un proceso de secado en estufa de aire forzado (T<65°C) y molidas hasta obtener un tamaño de partícula < 1 mm, se almacenaron en recipientes plásticos en oscuridad hasta la fecha de los análisis.

### Métodos de Análisis

#### Proceso de extracción de compuestos antioxidantes

Para la extracción de los compuestos antioxidantes: polifenoles y flavonoides, se pesó 0,3g de muestra seca en tubos de centrifuga de polietileno de 15 mL, se adicionó 5mL de la solución de extracción (metanol/agua/ácido fórmico 70/30/0,1 v/v/v.) y se homogenizó mediante agitación en un equipo vórtex Mistral 4600 (USA, Illinois) por 5min. Posteriormente, se sometió por 10min en un baño ultrasonido Cole-Parmer 8892-MTH (USA, Illinois) y finalmente se centrifugó a 5000 rpm por 10min. El sobrenadante (extracto) se colocó en un balón ámbar aforado de 25mL.

### **Determinación de polifenoles totales**

Para la cuantificación de polifenoles totales, se tomó en un tubo de ensayo de 15mL una alícuota de 1mL de extracto diluido, se adicionó 6mL de agua destilada, 1mL de reactivo Folin & Ciocalteu's y se dejó en reposo por 3min. Posteriormente, se adicionó 2mL de carbonato de sodio al 20 % y se calentó a 40° C por 2min. Esta reacción forma un cromóforo color azul, el mismo que fue analizado en un espectrofotómetro UV/VIS Shimadzu 2600 a una longitud de onda de 760nm. Los resultados se expresaron como miligramos de ácido gálico equivalentes por cada gramo de muestra seca.

### **Determinación de flavonoides totales**

Para el análisis se tomó una alícuota de 1mL del extracto diluido en un tubo de 15mL, se adicionó 4mL de agua destilada y se homogenizó. A continuación, se adicionó 0,3mL de nitrito de sodio al 5%, tras 5min de espera se adicionó 0,3mL de cloruro de aluminio al 10% y se dejó reposar otros 5min. Consecutivamente, se añadió 2mL de NaOH 1N, obteniendo un cromóforo color rosado. Finalmente, se aforó a 10mL con agua destilada y se analizó en un espectrofotómetro UV/VIS Shimadzu 2600 a una longitud de onda de 490nm. Los resultados se expresaron como miligramos de catequina equivalentes por cada gramo de muestra seca.

### **Determinación de la capacidad antioxidante por el método ABTS**

Para la cuantificación del poder antioxidante por este método se mezcló en un frasco ámbar una solución de ABTS<sup>•+</sup> (7mM) con una solución de persulfato de potasio (2,45mM) en una proporción 1:1 y se dejó reposar 16 horas. Al día siguiente, se midió la absorbancia de la solución de trabajo ABTS previamente preparada y se diluyó con buffer fosfato hasta obtener una absorbancia de  $1,1 \pm 0,01$  a 734nm. Posteriormente, se colocó 200µL del extracto diluido en un tubo de ensayo de 15mL y se adicionó 3,8mL de la solución de trabajo ABTS<sup>•+</sup>, se dejó en reposo por 45 min y finalmente se determinó la absorbancia de las reacciones obtenidas en un espectrofotómetro UV/VIS Shimadzu 2600 a una longitud de onda de 734nm. Los resultados se expresaron como µmol trolox equivalente por cada gramo de muestra seca.

### **Determinación del contenido de cannabinoides THC y CBD**

Para la determinación del contenido de cannabinoides se pesó 0,5 gramos de muestra en un tubo de centrifuga de 15 mL, se añadió 10 mL de etanol, se homogeneizó en un equipo Fast Prep a velocidad de 6,5 m/s por 1 minuto y se colocó en un baño ultrasonido por 15 minutos, posteriormente la muestra fue centrifugada a 4000 rpm por 15 minutos y se recuperó el sobrenadante en un balón ámbar de 50 mL, este proceso se repitió por cuatro veces. Para la cuantificación se inyectó 20 µL del extracto en un equipo HPLC Agilent 1100/1200 acoplado a detector de arreglo de diodos (DAD) a 240 nm. Los resultados se expresaron como g de THC/CBD por cada 100 gramos de muestra seca.

## **RESULTADOS**

### **Contenido de compuestos bioactivos y cannabinoides en cáñamo variedad Cherry Oregon**

En la tabla 45, se presenta los resultados promedio (4 repeticiones) del contenido de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante en cada una de las partes de la planta de cáñamo variedad Cherry Oregon.

**Tabla 45. Contenido promedio de antioxidantes en las diferentes partes de la planta de cáñamo (*Cannabis sativa* L.), variedad Cherry Oregon**

Partes de la planta	Polifenoles	Flavonoides	Capacidad antioxidante
	Totales mg/g	Totales mg/g	(ABTS) $\mu$ moles trolox/g
Inflorescencias	35,29 $\pm$ 0,42	28,58 $\pm$ 1,35	1025,31 $\pm$ 11,55
Hojas	12,85 $\pm$ 0,11	11,65 $\pm$ 0,07	269,02 $\pm$ 0,98
Tallo	5,28 $\pm$ 0,07	3,41 $\pm$ 0,06	95,76 $\pm$ 0,89

Observando los resultados de la tabla 45, se estableció que las inflorescencias de la planta presentan el mayor contenido de compuestos bioactivos y de capacidad antioxidante con relación a las hojas, los tallos presentaron el menor contenido de sustancias bioactivas. El análisis estadístico de los resultados, demostró que existe un efecto de la parte de la planta sobre el contenido de compuestos bioactivos ( $p < 0,05$ ). Estos resultados confirman estudios reportados por Sedan et al., (2020), que indican que esta planta a pesar de la controversia que genera, ha adquirido una notable importancia debido a su potencial farmacológico.

En la tabla 46, se presenta los resultados promedio del contenido de cannabinoides THC y CBD en cada una de las partes de la planta de cáñamo variedad Cherry Oregon.

**Tabla 46. Contenido promedio de cannabinoides en las diferentes partes de la planta de cáñamo (*Cannabis sativa* L.), variedad Cherry Oregon**

Parte de planta	THC (%)	CBD (%)
Inflorescencias	0,31 $\pm$ 0,055	5,17 $\pm$ 0,95
Hojas	0,28 $\pm$ 0,008	1,17 $\pm$ 0,27
Tallos	0,012 $\pm$ 0,003	0,19 $\pm$ 0,07

El contenido de  $\Delta$  9-Tetrahidrocannabinol (THC) varía en el rango de 0,012 a 0,31% y de Cannabidiol (CBD) de 0,19 a 5,17%, estos resultados permitieron establecer que las inflorescencias de la planta presentan el mayor contenido de cannabinoides (THC y CBD), seguido de las hojas y menor contenido se observó en los tallos. El análisis estadístico de los resultados determinó que existe un efecto de la parte de la planta sobre el contenido de cannabinoides ( $p < 0,05$ ). Los resultados obtenidos demostraron que la planta de cannabis variedad Cherry Oregon Hemp, presenta bajos contenidos de THC y altos contenidos de CBD, lo cual confirma que esta variedad es de uso medicinal y no psicoactivo, puesto que de acuerdo al **“Reglamento: para la importación, siembra, cultivo, cosecha, post cosecha, almacenamiento, transporte, procesamiento, comercialización y exportación de cannabis no psicoactivo o cáñamo, y cáñamo para uso industrial”**, emitido por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, se establece que todas las plantas que presenten un contenido de  $\Delta$ 9-tetrahidrocannabinol (THC) < 1% son consideradas como cáñamo de uso industrial o medicinal. Los altos contenidos de CBD presentes en esta planta confirmaron su efecto medicinal, puesto que a este cannabinoide se le atribuye una elevada actividad antioxidante y antiinflamatoria, además de exhibir propiedades antibióticas, ansiolíticas y antiépilépticas.

#### **Efecto del sustrato sobre el contenido de compuestos bioactivos y cannabinoides en inflorescencias de cáñamo, variedad Chery Oregon**

En la tabla 47, se presenta los resultados promedio (4 repeticiones) de la evaluación del contenido de compuestos bioactivos en inflorescencias de plantas de cáñamo, variedad Cherry Oregon.

**Tabla 47. Contenido de compuestos bioactivos en inflorescencias de plantas de cáñamo, variedad Cherry Oregon**

Parte de la planta	Sustrato	Polifenoles Totales (mg Ac. gálico/g)	Flavonoides Totales (mg catequina/g)	Capacidad Antioxidante ABTS (µmol Trolox/g)
Inflorescencias	100% Fibra de coco	29,79±2,04	26,90±2,65	968,68±86,24
	100% Turba	32,39±1,18	30,13±1,72	1184,62±61,38
	50% Fibra + 50% Pomina	33,01±3,08	32,12±5,05	1324,48±137,39
	50% Turba + 50% Pomina	32,23±3,56	30,59±4,18	1239,46±124,81
	80% Pomina+15% Fibra de coco+5% Turba	32,92±3,01	30,02±5,18	1311,56±191,04

Los resultados obtenidos demostraron que en las inflorescencias que constituyen la parte de la planta que se comercializa para la obtención de estos metabolitos secundarios con fines medicinales, presentan un contenido de polifenoles totales en el rango de 29,79±2.04 a 33,01±3.08 mg de ácido gálico/gramo de muestra seca. Las plantas producidas en el sustrato constituido por 100% fibra de coco, presentaron el menor contenido de polifenoles totales, mientras que las producidas en el sustrato 50% fibra +50% pomina el mayor contenido. El análisis estadístico de los resultados indicó que existe un efecto del tipo de sustrato utilizado en la producción de la planta sobre el contenido de polifenoles totales ( $p < 0,05$ ).

De igual manera, las inflorescencias de esta planta presentan contenidos de flavonoides totales en el rango de 26.90±2.65 a 32.12±5.05 mg de catequina equivalente por cada gramo de muestra seca, el análisis estadístico de los resultados demostró que existe un efecto del tipo de sustrato utilizado sobre el contenido de flavonoides totales ( $p < 0,05$ ). Las inflorescencias obtenidas de plantas producidas en el sustrato 50% fibra + 50% pomina, presentaron el mayor contenido de flavonoides.

En el caso de la capacidad antioxidante los contenidos variaron en el rango de 968.68±86.24 a 1324.48±137,39 µmoles de trolox equivalente por cada gramo de muestra seca, confirmando que esta planta presenta propiedades antioxidantes y efectos benéficos para la salud, por lo cual es muy demandada en el mercado internacional. De igual manera, el análisis estadístico de los resultados demostró que existe un efecto del sustrato sobre la capacidad antioxidante de las inflorescencias ( $p < 0,05$ ). Este estudio definió que el sustrato que contribuye para obtener plantas con mayor contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante, es el constituido por 50% fibra + 50% pomina.

En la tabla 48, se presenta los resultados promedio (4 repeticiones) de la evaluación del contenido de cannabinoides THC y CBD en inflorescencias de plantas de cannabis sativa variedad Cherry Oregon.

**Tabla 48. Contenido de THC y CBD en inflorescencias de plantas de cáñamo variedad Cherry Oregon**

Parte de la planta	Sustrato	THC (%)	CBD (%)
Inflorescencia	100% Fibra de coco	0,29±0,05	5,38±0,70
	100% Turba	0,33±0,05	5,28±0,61
	50% Fibra + 50% Pomina	0,27±0,02	5,60±1,08
	50% Turba + 50% Pomina	0,32±0,03	5,53±0,72
	80% Pomina+15% Fibra de coco+5% Turba	0,31±0,04	5,11±0,75

Los resultados obtenidos permitieron establecer que las inflorescencias de las plantas de cannabis variedad Cherry Oregon, presentan un contenido de THC ( $\Delta^9$ -Tetrahidroxicannabinol) que varía en el rango de  $0,27 \pm 0,02$  a  $0,33 \pm 0,05$  g de THC por cada 100g de muestra seca, demostrando que en todos los sustratos utilizados el contenido de THC fue inferior al 1%, por lo cual se confirmó que esta variedad es de uso medicinal. El sustrato constituido por 50% fibra + 50% pomina contribuyó a obtener el menor contenido de THC en las plantas de esta variedad, mientras que en el sustrato formado por 100% Turba se obtuvo el mayor contenido de este cannabioide. El análisis estadístico de los resultados demostró que existe un efecto del tipo de sustrato utilizado sobre el contenido de THC ( $p < 0,05$ ).

Para el caso del CBD (Cannabidiol), los contenidos variaron en el rango de  $5,11 \pm 0,75$  al  $5,60 \pm 1,08$ g de CBD por cada 100g de muestra seca, demostrándose que las inflorescencias de esta variedad presentan altos contenidos de este cannabioide, el mismo que es el responsable de la mayoría de propiedades farmacológicas, por lo cual; mientras mayor contenido presenten las inflorescencias mejor será su precio en el mercado internacional. El análisis estadístico de los resultados demostró que existe un efecto del tipo de sustrato utilizado para la producción de la planta sobre el contenido de CBD ( $p < 0,05$ ), siendo el sustrato constituido por 50% turba + 50% pomina el que contribuye a obtener el mayor contenido de este cannabioide.

## CONCLUSIONES

- Las plantas de cáñamo variedad Cherry Oregon presentan contenidos de THC  $< 1\%$  y altos contenidos de CBD  $> 5\%$ , demostrando que esta variedad es de uso medicinal y no psicoactivo, lo cual permite recomendar a los productores a nivel nacional el uso de este material para fines comerciales.
- Las plantas de esta variedad presentan alto contenido de compuestos bioactivos y elevada capacidad antioxidante, lo cual confirma los diversos efectos farmacológicos que se le atribuyen. Demostrándose que las inflorescencias es la parte de la planta que mayor contenido de compuestos bioactivos presenta.
- Desde el punto de vista de manejo agronómico, se ha demostrado que existe un efecto del sustrato sobre el contenido de compuestos bioactivos y cannabinoides en esta variedad de cáñamo, demostrándose que el sustrato formado por 50% fibra + 50% pomina contribuye a obtener el mayor contenido de este tipo moléculas de importancia funcional.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con estudios para extraer compuestos bioactivos de esta variedad de cáñamo, con la finalidad de generar tecnologías para que los productores a nivel nacional puedan obtener mayores réditos económicos de este cultivo, que ha generada amplia expectativa a nivel nacional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Pincay, V. (2019). Uso alternativo de marihuana (*Cannabis*) en la gastronomía tradicional con fines medicinales y responsabilidad social. Universidad Regional autónoma de los Andes "UNIANDES."

Sedan, D. Y., Vaccarini, C. A., Morante, M., Demetrio, P. M., Montiel, R., Sauri, A., &

Andrinolo, D. (2020). Caracterización del contenido de cannabinoides en inflorescencias y preparaciones herbarias artesanales de cannabis, utilizados terapéuticamente en Argentina. SEDICI. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/102936>.

Sandiego, P. (2020). Técnicas de extracción y caracterización de cannabinoides a partir de la planta de cannabis sativa L. Universitat de les Illes Balears. <http://hdl.handle.net/11201/154558>

Thomas, B. F., & ElSohly, M. A. (2016). The Botany of Cannabis sativa L. In The Analytical Chemistry of Cannabis (pp. 1–26). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804646-3.00001-1>.

## **ACTIVIDAD 10. Caracterización de componentes químicos volátiles y no volátiles asociados a la calidad del cacao Centenario de la colección de la Estación Litoral Sur**

**RESPONSABLE:** Dr. Iván Samaniego

**COLABORADORES:** Verónica Arias (DNyC), James Quiroz (Programa de Cacao y Café de la EELS)

### **ANTECEDENTE**

El cacao, *Theobroma cacao L.*, es una planta originaria de los trópicos húmedos de América del sur. Su centro de origen está situado en el noroeste de América del Sur, en la zona alta amazónica del Ecuador, lo demuestran restos arqueológicos encontrados en la Provincia de Zamora Chinchipe, Cantón Palanda. Por otra parte, el cacao ecuatoriano tiene gran demanda en el mercado internacional por su aroma y sabor, motivo por el cual, el país aporta el 60% de la producción mundial (ICCO, 2016).

Hasta inicios de 1900 en el Ecuador se cultivaba exclusivamente el cacao denominado “Nacional” y a partir de 1914 con el apareamiento de las enfermedades criptogámicas se inicia un proceso de introducción de materiales de cacao foráneos mal llamados “Variedad Venezolano Amarillo y Morado”, cuyo origen era Trinidad, Surinam e Isla Granada (ICCO, 2016).

Las características físicas, químicas y organolépticas del cacao Nacional son puntos importantes en la selección de nuevos clones de cacao para determinar su utilidad y obtener ganancias genéticas mediante procesos de mejoramiento e identificar cultivares que posean atributos especiales (Quiroz, 2002). En este contexto mediante proyectos realizados con el MAG se ha logrado recoger más 150 materiales de cacao con más de 100 años de antigüedad, conocidos como cacaos centenarios, los mismos que han sido reproducidos en la Estación Litoral Sur del INIAP, estos materiales serán sometidos a un proceso de caracterización molecular y bioquímica con la finalidad de seleccionarlos por calidad y rendimiento y apuntar a generar una nueva variedad de cacao con características del famoso cacao “Nacional” y de alto rendimiento.

### **OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Evaluar los principales componentes químicos en clones de Cacao Nacional Centenario que permitan mantener la característica intrínseca del cacao Nacional Ecuatoriano.

### Objetivos específicos

- Determinar las características bioquímicas que poseen los clones de la colección de cacao nacional centenario en Ecuador.
- Seleccionar materiales provenientes de la colección de Cacao Nacional Centenario con características genéticas y bioquímicas asociados a la calidad intrínseca.

### METODOLOGÍA

La metodología utilizada en el estudio, se encuentra descrita en el protocolo I+D aprobado por el Comité Técnico de la EELS bajo el tema: “Estudio de la expresión y diversidad genética para la determinación de la calidad en clones de Cacao Nacional Centenario del INIAP”.

### Material vegetal

La metodología utilizada en el estudio, se encuentra descrita en el protocolo I+D aprobado por el Comité Técnico de la EELS bajo el tema: “Estudio de la expresión y diversidad genética para la determinación de la calidad en clones de Cacao Nacional Centenario del INIAP”.

Para la caracterización bioquímica se aplicó lo indicado por (Samaniego *et al.*,2020), para lo cual se utilizó muestras de mazorcas maduras y sanas obtenidas de la colección de cacao Nacional Centenario en campo, ubicada en la Estación Experimental Litoral Sur. Se recolectó un total de 100 muestras, para lo cual; se seleccionó accesiones que presentaron características deseables (alto nivel de homocigocis, alta productividad entre otras características), cada muestra estuvo constituida de 10 mazorcas por accesión.

### Toma de muestras.

Con el apoyo de los técnicos del Programa de Café y Cacao de la EELS se procedió a la toma de muestras directamente en el campo, tomando 10 mazorcas maduras y sanas de las accesiones seleccionadas en base a la información técnica obtenida previamente.

El proceso de fermentación se realizó en cajones de madera en volúmenes de 80 Kg de cacao fresco, donde se colocó las muestras provenientes de todas las accesiones. Se efectuó dos remociones a la masa de cacao, la primera a las 48 horas y otra transcurrida 24 horas más (72 horas). La masa de fermentación fue cubierta con hojas de plátano y sacos de yute. La fermentación se condujo en un área cerrada a fin de evitar la influencia de la temperatura exterior, misma que tiene influencia sobre el proceso de elevación de la temperatura de la masa y por ende en la estandarización del porcentaje de fermentación obtenido en las muestras.

Las muestras se secaron al sol (marquesinas y/o tendales de madera), donde permanecieron por el espacio de ocho a diez días, tiempo en el cual se realizó remociones al menos tres o cuatro veces al día a fin de homogenizar el secado de las almendras. A partir del día ocho se realizó determinación de la humedad de los granos a fin de identificar el momento que estas alcancen el 7% (INEN, 2006).

Las muestras fermentadas y secas fueron colocadas en fundas de papel y se trasladaron al laboratorio de alimentos de la EESC, en donde se sometieron a un proceso de pelado manual, molienda y tamizado hasta obtener un polvo fino de tamaño de partícula <1mm,

finalmente se almacenaron en congelación (-20 °C) hasta el momento de realizar los análisis.

### **Métodos de análisis**

#### **Perfil de polifenoles (Catequina, Epicatequina y procianidinas B2, y C1).**

Los polifenoles fueron extraídos del polvo de cacao desengrasado utilizando una solución de Acetona/Agua/Ácido Fórmico 70/30/0,1 (v/v/v), mediante agitación en vortex y baño ultrasonido, el extracto fue separado por centrifugación y se aforó con la solución de extracción a 25 mL, una alícuota del extracto se purifica en una membrana Millipore de 0,22 µm y se inyectó 20 µL en un sistema de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC). Los polifenoles se separaron en el equipo utilizando una columna C18 y se cuantificó en un detector de arreglo de diodos DAD a 280 nm (Samaniego *et al.*, 2020).

#### **Análisis Estadísticos.**

Con los resultados obtenidos se realizó un análisis de componentes principales (PCA), con la finalidad de identificar las diferencias en las características bioquímicas de las 90 accesiones evaluadas durante el año 2020 (Contenido de grasa, polifenoles totales y alcaloides teobromina y cafeína) y en el año 2021 (Perfil de polifenoles).

### **RESULTADOS**

Durante el año 2021 se completó los análisis en 90 muestras de cacao nacional centenario de la EELS. En el laboratorio se realizó la preparación de las muestras y el análisis de perfil de polifenoles por cromatografía Líquida HPLC (Contenido de catequina, epicatequina y procianidinas B2 y C1) (tabla 49).

Observando los resultados de la tabla 49, se estableció que el perfil de polifenoles del cacao Nacional Centenario está compuesto por altos contenidos de epicatequina y procianidinas B2 y C1 y menores contenidos de catequina. El contenido de epicatequina varía de 0,94 a 20,81 mg/g de cacao en base seca, demostrándose que este polifenol es el más abundante en este tipo de cacao. De igual manera se demostró que el cacao Nacional ecuatoriano es rico en polifenoles del tipo flavan-3-ols (catequina y epicatequina) y presenta cantidades importantes de procianidinas que son polímeros de epicatequina, siendo la procianidina B2 un dímero y la procianidina C1 un trímero.

Estos resultados confirman que el cacao ecuatoriano es rico en compuestos bioactivos, lo cual constituye un nuevo nicho de mercado para su comercialización debido al efecto benéfico para la salud. De igual manera, el contenido de estos compuestos bioquímicos está relacionado con el color violeta en las almendras y la astringencia, este atributo constituye un biomarcador muy importante para definir la calidad del cacao y certificar su origen.

**Tabla 49. Perfil de polifenoles (Contenido de catequina, epicatequina y procianidinas B2 y C1) de 90 accesiones de cacao Centenario de la Colección de la Estación Experimental Litoral Sur (Parte 1).**

Código	Epicatequina	Catequina	Procianidina B2	Procianidina C1
	(mg/g)	mg/g	mg/g	mg/g
CCN 03 L	8,43	1,60	5,33	6,71
CCN 03 M	1,64	1,11	0,94	2,82
CCN 05 L	1,82	1,18	1,04	2,24
CCN 05 M	6,45	2,32	2,72	5,35
CCN 06 M	5,11	1,23	1,64	5,17
CCN 06 L	5,27	1,28	3,07	4,03
CCN 07 L	2,87	1,22	0,23	2,17
CCN 08 L	1,98	1,27	3,01	3,17
CCN 09 L	9,69	3,08	5,40	7,99
CCN 010 M	1,57	1,69	1,69	3,34
CCN 013 M	2,30	1,13	1,40	3,50
CCN 020 L	2,79	2,88	2,52	3,71
CCN 021 M	8,17	2,84	4,63	6,57
CCN 022 M	3,21	1,61	1,56	1,94
CCN 025 M	7,45	4,30	4,12	6,19
CCN 028 M	10,96	0,12	0,88	1,10
CCN 037 M	3,43	2,19	0,89	3,90
CCN 022 L	4,96	5,47	0,98	5,31
CCN 026 L	6,57	5,81	0,61	6,23
CCN 027 L	3,46	4,50	2,06	4,53
CCN 030 L	4,88	5,84	2,73	4,72
CCN 036 L	1,57	5,81	2,15	3,88
CCN 037 L	3,83	3,74	1,86	4,24
CCN 059 M	1,73	2,11	0,89	3,68
CCN 064 M	20,81	15,56	8,50	10,35
CCN 067 M	9,69	9,02	3,30	8,66
CCN 092 M	8,83	8,20	3,00	6,88
CCN 094 M	8,99	6,71	4,75	6,89
CCN 097 M	10,65	6,77	4,25	6,47
CCN 0100 M	3,26	4,56	2,04	3,14
CCN 0103 M	3,19	2,78	0,26	2,80
CCN 0105 M	8,03	5,24	4,64	6,32
CCN 0132M	8,34	7,68	3,24	6,81
CCN 0133 M	5,27	4,71	3,27	6,48
CCN 0134 M	1,57	3,78	1,18	2,49
CCN 0138 M	2,50	2,92	3,87	2,35
CCN 0137 M	2,59	5,74	0,78	3,37
CCN 0139 M	1,52	2,82	0,70	3,01
CCN 0140 M	1,50	3,33	2,16	2,00
CCN 0218 M	1,46	2,23	3,26	3,26
CCN 0241 M	6,22	2,21	0,53	2,92
CCN 0243 M	3,06	8,65	1,62	4,56
CCN 0244 M	1,45	2,12	3,19	2,50
CCN 0247 M	6,58	6,22	3,67	8,36

**Tabla 49. Perfil de polifenoles (Contenido de catequina, epicatequina y procianidinas B2 y C1) de 90 accesiones de cacao Centenario de la Colección de la Estación Experimental Litoral Sur (Parte 2).**

Código	Epicatequina	Catequina	Procianidina B2	Procianidina C1
	(mg/g)	mg/g	mg/g	mg/g
CCN 0250 M	1,49	1,53	0,60	3,26
CCN 0254 M	1,62	2,13	4,03	2,19
CCN 0261 M	1,63	2,25	0,81	4,16
CCN 0262 M	14,23	7,57	6,21	10,89
CCN 0263 M	5,12	5,64	2,87	7,01
CCN 0264 M	7,31	6,67	3,90	8,25
CCN 0265 M	5,53	6,78	2,99	7,90
CCN 0267 M	9,78	8,52	4,50	8,85
CCN 0269 M	0,94	1,63	4,81	2,95
CCN 0271 M	1,85	1,78	0,92	4,65
CCN 0277 M	7,63	6,32	4,54	9,10
CCN 0286 M	2,71	6,95	1,76	5,12
CCN 0288 M	3,74	3,26	2,52	5,72
CCN 0292 M	2,17	2,23	2,59	3,17
CCN 0293 M	3,10	4,98	2,26	5,60
CCN 0299 M	1,65	3,67	0,00	3,13
CCN 0142 M	1,84	3,81	2,80	2,41
CCN 0144 M	1,47	1,24	1,59	1,71
CCN 0146 M	1,86	1,99	1,51	2,33
CCN 0148 M	11,11	8,94	6,67	9,02
CCN 0201 M	3,18	4,79	2,89	3,68
CCN 0203 M	6,15	6,36	2,97	5,49
CCN 0208 M	4,39	6,51	2,14	6,59
CCN 0209 M	1,27	2,30	1,59	3,76
CCN 0211 M	2,62	3,82	2,42	4,07
CCN 0215 M	1,77	3,20	1,27	4,64
CCN 0218 M	1,90	4,31	0,96	3,31
CCN 0221 M	2,83	5,74	1,50	4,89
CCN 0224 M	5,93	8,30	4,60	7,95
CCN 0225 M	1,49	6,08	4,58	3,18
CCN 0233 M	5,86	3,38	3,47	7,39
CCN 0236 M	9,11	6,27	4,07	8,29
CCN 0238 M	12,77	11,50	1,16	10,39
CCN 0305 M	1,95	1,75	3,15	3,71
CCN 0307 M	15,88	8,36	8,74	11,24
CCN 0309 M	15,28	9,51	9,87	11,77
CCN 0311 L	12,40	10,00	5,68	9,08
CCN 0356 L	10,54	9,03	5,52	8,96
CCN 0358 L	4,36	6,21	2,56	6,72
CCN 0359 L	6,64	7,72	3,77	4,28
CCN 0367 L	2,63	2,41	1,02	5,46
CCN 0365 L	2,33	3,75	1,35	4,93
CCN 0373 L	10,39	8,72	5,99	7,51
CCN 0383 L	9,78	9,86	6,27	7,15
CCN 0395 L	11,86	10,23	5,11	9,92
CCN 0401 L	1,44	1,52	0,21	0,90
CCN 0402 L	3,93	5,50	1,78	4,01

En función de los datos obtenidos en el año 2020 (Contenido de grasa, polifenoles totales, alcaloides: teobromina y Cafeína) y 2021 (Perfil de polifenoles: catequina, epicatequina y procianidinas B1 y C1), se realizó un análisis multivariado con la finalidad de comparar los perfiles bioquímicos de las 90 accesiones de cacao Nacional Centenario, los resultados se presentan en la figura 8.

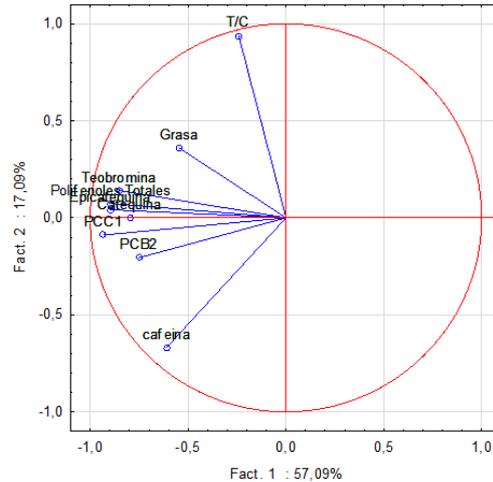


Figura 8. Proyección de variables en el plano

El ACP consideró como observaciones las 90 accesiones cacao Nacional Centenario ecuatoriano y como variables los contenidos de compuestos bioquímicos determinados en el laboratorio (tabla 49). El resultado de dicho análisis se presentó como un diagrama de dispersión bidimensional, con un 95% de confianza, en donde 2 de los componentes principales, que fueron combinaciones lineales de las variables estudiadas, explicaron hasta el 74,18% de la varianza total (correlación entre todas las variables). El primer componente principal supuso el 65,11% del total de variabilidad, el cual tuvo cargas negativas para las variables de T/C, Teobromina polifenoles totales epicatequina y catequina El segundo componente principal representó el 17,09% del total de varianza y correlacionó positivamente con la relación TBR/CAF y Grasa y negativamente con la cafeína.

El vector que representa la relación TBR/CAF, se opuso al de cafeína, por lo cual se evidenció que estas dos variables tuvieron una relación inversamente proporcional. Esto permitió determinar que los granos que poseen un alto contenido de CAF en su composición presentan relaciones T/C bajas, esto confirma los estudios que reportan que mediante la relación T/C se puede clasificar a los cacaos por su origen genético.

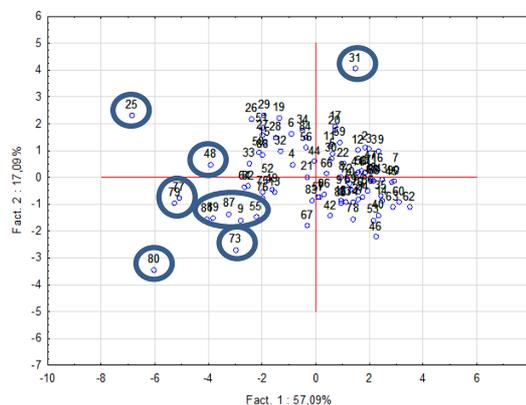


Figura 9. Proyección de 90 accesiones de cacao Nacional Centenario en el plano

En la figura 9, se observan los resultados del análisis de componentes principales ACP, donde los puntos que se encuentran del 1 al 90 representaron las proyecciones de los individuos en el plano elegido. Este análisis permitió agrupar a las accesiones de cacao en función de su perfil bioquímico, en este sentido se pudo diferenciar materiales promisorios.

El individuo 25 corresponde a la accesión CCN 064M se caracteriza por un alto contenido de grasa con 52,55%, relación T/C de 9 y alto contenido de polifenoles totales con 99,03 mg Acido Gálico/gramo de cacao. El individuo 80 que corresponde a la accesión CCN 0309 M presentó una relación T/C de 3,06 y un alto contenido de grasa con 49,46 y polifenoles totales con 74.73 mg ácido gálico/gramo de cacao, esta muestra es un cacao fino con alto contenido de grasa, factor importante para el rendimiento en chocolate y alto contenido de compuestos bioactivos. Finalmente, el individuo 31 se diferenció por su alto contenido de grasa (51,54%), relación T/C de 11,51 y contenido de polifenoles de bajo (30,20 mg ácido gálico/gramo de cacao)

### CONCLUSIONES

- Se ha caracterizado 90 accesiones de cacao de la colección de la EELS, y se ha establecido parámetros de calidad bioquímica que permitió clasificar al cacao por su origen genético e inferir en su calidad.
- Estos resultados, permiten clasificar y seleccionar a los diferentes materiales para mejoramiento genético y llegar a obtener una variedad de alta calidad aromática y productiva que ayude a mejorar los precios en el mercado internacional.

### RECOMENDACIONES

- Se recomienda trabajar en la fracción de compuestos volátiles, que permite inferir sobre el sabor y el aroma de los materiales que se puedan seleccionar para nuevas variedades de cacao.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ICCO, International Cocoa Organization (2016) Perspectivas a plazo medio de los productos básicos Producción mundial de cacao en grano 2006/2007. Boletín Trimestral de Estadísticas del Cacao, Volumen XXXIII, No.4 [www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s0w.htm](http://www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s0w.htm)

INEN, (2006). Instituto ecuatoriano de Normalización, Cacao en grano. Requisitos. Norma técnica ecuatoriana (NTE). Cuarta Revisión, 26 / 07 / 2006. Quito, Ecuador, p.8.

Quiroz, J. (2002). Caracterización molecular y morfológica de genotipos superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) nacional de Ecuador. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanzas. Tesis (Mg. Sc). CATIE.

Samaniego, I., Espín, S., Quiroz, J., Ortiz, B., Carrillo, W., García-Viguera, C., Mena, P. (2020). Effect of the growing area on the methylxanthines and flavan-3-ols content in cocoa beans from Ecuador. *Journal of Food Composition and Analysis* 88 103448. <http://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.102448>

## **ACTIVIDAD 11: Evaluación de la Ocurrencia de Fumonisinas en maíz y balanceados para uso avícola**

**RESPONSABLE:** Dr. Iván Samaniego

**COLABORADORES:** Verónica Arias (INIAP), Juan Mendoza, Mishelle Ríos, Fherick Bermeo (Tesisistas de Pregrado y Maestría de la UDLA)

**COLABORADOR EXTERNO:** Héctor Palacios (UDLA)

### **ANTECEDENTE**

Las fumonisinas son metabolitos secundarios producidos por hongos patogénicos, entre ellos *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus nigri*, *Fusarium proliferatum*, y especies asociadas, produciéndose en diversos alimentos, tales como plantas de maní, uvas, arroz, trigo, cebada, centeno, avena y mijo. Sin embargo, hay mayor susceptibilidad a contaminación en presencia de maíz y sus subproductos (Kamle et al., 2019).

Dado que el sustrato preferido para el desarrollo de estos hongos es el maíz, las fumonisinas B<sub>1</sub>, a menudo aparecen en alimentos para humanos y animales a base de maíz y, por lo tanto, esta micotoxina es un contaminante alimentario crítico en gran cantidad de productos en todo el mundo.

Las fumonisinas y los animales presentan una relación intrínseca, debido a que, interfieren en su metabolismo, registrándose anomalías como leucoencefalomalacia, edema pulmonar, efectos hepatotóxicos, carcinógenos y apoptosis (Bennett y Klich, 2003).

La ingesta diaria tolerable máxima provisional (IDTMP) por día de fumonisinas, es de 2 µg/g de peso corporal. Sin embargo, en países de África y América Latina, se han reportado altos niveles de exposición a dicha micotoxina (Wild et al., 2015). En humanos, se han registrado posibles relaciones de fumonisinas con el padecimiento de enfermedades carcinogénicas y también cardiovasculares, lo cual se sustenta por estudios del doctor Campbell en 1980, en donde personas cuya dieta principal era a base de maíz producido en casa y cerveza casera (Alberts et al., 2016).

En Ecuador, no se evidencian normas regulatorias, sobre niveles permitidos de presencia de fumonisinas en alimentos de maíz principalmente, por lo que, se establecen límites máximos, tanto para fumonisinas B<sub>1</sub> (FB<sub>1</sub>) como para fumonisinas B<sub>2</sub> (FB<sub>2</sub>), conforme al Reglamento N° 1126/2007 de la Comisión Europea (Fundación Vasca para la Seguridad Alimentaria, 2013).

### **OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Evaluar la ocurrencia de fumonisinas en maíz y balanceados para uso avícola.

#### **Objetivos específicos**

- Desarrollar y validar un método de análisis para identificar y cuantificar la presencia de fumonisinas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> por Cromatografía Líquida HPLC y purificación por columnas de inmunoafinidad en maíz y balanceados para uso avícola

- Evaluar la Ocurrencia de fumonisinas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> en balanceados para uso avícola de las principales marcas comerciales de venta en Ecuador

## METODOLOGÍA

Este trabajo de investigación se realizó como parte de las actividades propuestas en el convenio específico de investigación INIAP-UDLA.

### Material vegetal

**Validación del método de análisis.** Para la adaptación de la metodología analítica en el laboratorio se utilizó muestras de maíz amarillo duro libre de fumonisinas, las cuales fueron artificialmente contaminadas en dos niveles 2 mg /Kg y 5mg/Kg (para Fumonisinas B1 y B2), con estas muestras se calculó la precisión y exactitud del método.

**Muestreo de balanceados.** Para el muestreo de balanceado de pollos se consideró las tres marcas comerciales de balanceados para pollos en el país, y se seleccionó muestras de los cuatro tipos de balanceados en cada marca, los cuales dependen del ciclo de crecimientos de los pollos. Se tomó muestras de balanceado en cada etapa de crecimiento de las tres marcas comerciales durante tres meses, verificando que las mismas sean de lotes diferentes (N=72). Las muestras fueron tomadas en diferentes distribuidores de balanceados del cantón Rumiñahui, parroquia Sangolqui.

Para el muestreo de cada saco de 100 Kg de balanceado se tomó a diferentes alturas una muestra incremental y se formó una muestra compuesta, posteriormente se dividió en 4 partes; de cada sección se tomó 500 gramos y se colocó en fundas de papel para enviar al laboratorio.

**Preparación de las muestras.** En el laboratorio, las muestras se sometieron a un proceso de molienda y tamizado hasta obtener un tamaño de partícula < 1 mm, finalmente se almacenaron en frascos plásticos herméticos en ausencia de luz hasta el momento de los análisis.

### Métodos de análisis en el laboratorio.

**Extracción.** Para la extracción se pesó 25 g de muestra con 5 gramos de NaCl y se licuó con 125 mL de solución de acetonitrilo: metanol: agua (25:25:50 v/v/v) por 3 minutos a alta velocidad. El extracto fue centrifugado durante 10 minutos a 4000 rpm y filtrado a través de papel filtro cualitativo y membrana de fibra de vidrio. Se tomó una alícuota de 10 mL de filtrado y se diluyó con 40 mL de solución buffer fosfato salino (PBS), por sus siglas en inglés.

**Purificación de la muestra.** La muestra diluida en PBS (50 mL) fue purificada en columnas de inmunoafinidad (EASI-EXTRACT FUMONISIN, R-Biopharm Rhône Ltd. UK) a un flujo de 2 a 3 mL/min. La columna fue lavada con 10 mL de PBS y las toxinas se eluyeron desde la columna con 1,5 mL de metanol grado HPLC. Posteriormente previa a la inyección en el equipo, se tomó 250  $\mu$ l de muestras y se derivatizó con 200  $\mu$ l de reactivo OPA

Cuantificación por HPLC. La identificación y cuantificación se realizó en un sistema HPLC (Agilent technologies 1100/1200 series. Waldbronn, Germany), constituido de una bomba binaria (G1312A), detector de fluorescencia (FLD G1321A) ( $\lambda$  excitación 362 nm y  $\lambda$  emisión de 425 nm), auto-inyector (G1329A), derivatizador electroquímico post-columna tipo KOBRA CELL (R-Biopharm Rhone. Ltd, Glasgow, Scotland) y controlado por

el software Chemstation (Agilent Technologies, Waldbronn, Germany). La separación fue realizada en una columna de fase reversa C18 (150x4.6 mm, 5µm) (Agilent Zorbax SB C18, United States). Para la determinación se inyectó 100 µL de extracto en la columna a un flujo de 1 mL/min. La cuantificación se realizó por comparación de áreas obtenidas para las muestras en una curva de calibración de cada aflatoxina

**Análisis estadístico.** Se determinó el porcentaje de incidencia de cada fumonisina mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{Nro de muestras contaminadas}}{\text{Nro total de muestras}} * 100$$

Posteriormente, seleccionando el grupo de muestras que presentaron contaminación, se estimó la media, mínimo y máximo para establecer el nivel de contaminación de las muestras.

## RESULTADOS

### Validación de la metodología

Con la finalidad de asegurar que los resultados obtenidos sean confiables se realizó un proceso de adaptación de la metodología analítica propuesta, para lo cual se evaluó la linealidad del método, la precisión mediante un ensayo de repetibilidad y la exactitud mediante un ensayo de recuperación, para lo cual se utilizaron muestras artificialmente contaminadas con fumonisinas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>, en dos concentraciones diferentes.

La curva de calibración se realizó inyectando soluciones estándar en 5 diferentes concentraciones de cada fumonisinas (0,125, 0,50, 1 ,2 y 4 mg\*L<sup>-1</sup>) por triplicado. Se graficó el área de los picos correspondientes a cada concentración y se realizó un estudio de regresión lineal. Como resultado se obtuvo un coeficiente de correlación lineal entre r=0,99 a 1.

Los límites de detección (LD) y cuantificación (LC) se calcularon en base a la curva de calibración promedio obtenida del estudio de regresión lineal, empleando estándares puros de cada aflatoxina. Posteriormente se evaluó estos parámetros con muestras artificialmente contaminadas para evaluar el efecto matriz. Se estableció que el método presenta límites de detección de 0,86 y 0,70 mg/Kg para Fumonisinas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>, respectivamente. Los límites de cuantificación obtenidos fueron de 1,72 y 1,40 mg/Kg para Fumonisinas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>, respectivamente. Estos resultaron demostraron que el método es muy sensible permitiendo cuantificar menos de 2 mg/Kg de cada fumonisina.

La precisión del método se evaluó mediante un ensayo de repetibilidad, utilizando muestras de maíz artificialmente contaminadas con fumonisina B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> en dos niveles (2, y 5 mg/Kg), con tres repeticiones. Se calculó el %DSr (Desviación estándar de repetitividad), observándose que los valores obtenidos por nivel en todos los casos fueron inferiores al 5%, lo que demostró que el método se ajusta la precisión establecida para metodologías de análisis de micotoxinas en productos alimenticios (valores de %DSr <20%) (European Commission, 2010).

En cada nivel de contaminación propuesto en el ensayo de precisión se determinó la exactitud como porcentaje de recuperación, estableciéndose que el método presenta un promedio de 87,43 y 85,21 % de recuperación para el análisis de fumonisinas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>, respectivamente. Los resultados obtenidos se ajustaron a la exactitud (70 - 100 %)

establecida para métodos de análisis de micotoxinas en productos alimenticios (European Commission, 2010).

### Ocurrencia de Fumonisinas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> en alimentos balanceados para uso avícola

Para el estudio de ocurrencia de fumonisinas en balanceados, se analizaron 72 muestras correspondientes a 3 marcas de balanceado por 4 etapas de crecimiento y durante 3 meses. Las muestras fueron analizadas siguiendo el método adaptado previamente en el laboratorio. Los resultados promedio de la incidencia de fumonisinas en las 3 marcas de balanceado se presentan en la tabla 50.

**Tabla 50. Porcentaje de incidencia de fumonisinas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> en balanceados para uso avícola**

Balanceado	Etapas de crecimiento	Incidencia de FB1 (%)	Nivel promedio de Contaminación para FB1 (mg/kg)	Incidencia de FB2 (%)	Nivel promedio de Contaminación para FB1 (mg/kg)
Marca 1	Etapa 1	100	2,21	0	<LC
	Etapa 2	100	2,47	0	<LC
	Etapa 3	100	2,55	0	<LC
	Etapa 4	100	2,36	0	<LC
Marca 2	Etapa 1	100	1,95	0	<LC
	Etapa 2	100	1,66	0	<LC
	Etapa 3	100	2,12	0	<LC
	Etapa 4	100	2,04	0	<LC
Marca 3	Etapa 1	100	1,77	0	<LC
	Etapa 2	100	1,97	0	<LC
	Etapa 3	100	1,86	0	<LC
	Etapa 4	100	1,4	0	<LC

<LC= Inferior al límite de cuantificación del método

Los resultados permitieron establecer que el 100% de las muestras analizadas de balanceados comerciales presentaron contaminación por Fumonisina B1, no se observó presencia de Fumonicinas B2. El rango de contaminación varió entre 1,66 mg/Kg a 2,55 mg/kg. El estudio permitió establecer que las fumonisinas son un problema de inocuidad en alimentos comerciales para producción avícola en el país, debido a que el ingrediente principal para la elaboración de balanceados es el maíz amarillo duro, confirmando estudios realizados previamente en los cuales se reportó una alta incidencia de Fumonisina B1 (85%) con un nivel de contaminación promedio de 14 mg/Kg en este cereal. (Mazzani, 2018)

Estos resultados demostraron que existe un problema de inocuidad en los balanceados para alimentación avícola, cabe señalar que las micotoxinas presentes en este tipo de alimentos son absorbidas por los animales y pueden llegar a afectar la salud de los consumidores (seres humanos), por medio del consumo de huevos, músculo y vísceras del animal. dentro de la cadena alimenticia (Becker,2016).

### CONCLUSIONES

- El estudio permitió desarrollar y adaptar una metodología de análisis en el laboratorio para determinar fumonisinas FB1 y FB2 por cromatografía líquida (HPLC), que está al servicio del Sector Agro-productivo Nacional, dicho método cumple con todos los parámetros exigidos por las normativas internacionales para análisis de micotoxinas.
- Se confirmó que existe incidencia de Fumonisinas B1 en el 100% de muestras analizadas, estableciéndose que existe un problema de inocuidad latente en el

maíz ecuatoriano que constituye el principal ingrediente del balanceado para producción animal.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los datos obtenidos en este estudio alerten a las autoridades de control, sobre la necesidad de generar nuevas normativas para micotoxinas en alimentos de consumo humano y animal, puesto que en el país no existe normativa para este tipo de contaminantes naturales que son altamente tóxicos para la salud humana.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberts, J. F., van Zyl, W. H., y Gelderblom, W. C. A. (2016). Biologically based methods for control of fumonisin-producing *Fusarium* species and reduction of the fumonisins. In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 7, Issue APR). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00548>
- Becker, A. (2016). Mycotoxins in Bovine Milk and Dairy Products. *Journal of food science*. 544.
- Bennett, J. W., y Klich, M. (2003). Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*, 16(3), 497–516. <https://doi.org/10.1128/cmr.16.3.497-516.2003>
- Diario de la Unión Europea. (2010). Reglamento (UE) No 105/2010 de la Comisión de 5 de febrero de 2010. Recuperado de: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R0105&from=ES&dLdf=falsee>
- Fundación Vasca para la Seguridad Alimentaria. (2013, May 31). *Fumonisin*s. Elika. <https://seguridadalimentaria.elika.eus/wp-content/uploads/2018/01/23.Fumonisin@s.pdf>
- Kamle, M., Mahato, D. K., Devi, S., Lee, K. E., Kang, S. G., y Kumar, P. (2019). Fumonisin@s: Impact on agriculture, food, and human health and their management strategies. *Toxins*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/toxins11060328>
- Mazzani, C. (2018). *Fusarium moniliforme, fumonisin@s y Aspergillus flavus* en granos de híbridos de maíz en el Estado Guárico, Venezuela. Recuperado de [https://www.revfacagrnluz.org.ve/PDF/marzo\\_abril2000/ra2007.pdf](https://www.revfacagrnluz.org.ve/PDF/marzo_abril2000/ra2007.pdf)
- Wild CP, Miller JD, y Groopman JD. (2015). Control de las micotoxinas en los países de ingresos bajos y medios. *Iarc.fr*. International Agency for Research on Cancer. <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Working-Group-Reports/Control-De-Las-Micotoxinas-En-Los-Pa%C3%ADses-De-Ingresos-Bajos-Y-Medios-2015>

## **ACTIVIDAD 12: “Servicio de Análisis Bromatológico, Calidad Nutricional y Agroindustrial de Alimentos”**

**RESPONSABLE:** Dr. Iván Samaniego (INIAP)

### **COLABORADORES:**

**Responsable Técnico:** Dr. Iván Samaniego

**Responsable de Calidad:** Ing. Bladimir Ortiz

**Analista:** Ing. Carmen Rosales

**Analista:** Química Verónica Arias

**Secretaria:** Sra. Soraya Carvajal/Sra. Rocío Suntaxi

**Asistente de Laboratorio:** Sra. Rocío Suntaxi/Sr. Jonathan Cumbajín

### **ANTECEDENTE**

El Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP cuenta con un moderno laboratorio para el análisis de las características físico-químicas y funcionales de los alimentos frescos y procesados, destinados al consumo humano y animal. El análisis de contaminantes naturales en alimentos, particularmente el análisis de micotoxinas, se realiza con el propósito de contribuir a que la población pueda conseguir un aprovechamiento óptimo en la producción animal y agrícola y prevenir el efecto nocivo de agentes tóxicos en los consumidores, así como los problemas con el mercado internacional que es muy exigente respecto a la calidad e inocuidad de los alimentos.

### **OBJETIVOS**

- Apoyar de manera permanente al sector Agropecuario del país, mediante la oferta y servicio de análisis en calidad de alimentos, en sus áreas de investigación, producción y comercialización.
- Mejorar las metodologías existentes y adaptar las que sean necesarias para satisfacer los requerimientos de la investigación y del servicio a usuarios externos.
- Prestar Aseguramiento de la calidad de resultados mediante la participación en Redes Ínter laboratorios a nivel local y Regional.
- Ingresar en el sistema de Laboratorios Acreditados, mediante la certificación del Laboratorio.

### **METODOLOGÍA**

La oferta de servicio de análisis al público se realiza en diversos tipos de muestras como: Suplementos nutritivos, tejidos biológicos, residuos de agroindustria, mezcla de ingredientes, pastos y forrajes, materias primas y muestras provenientes de los trabajos de investigación generados dentro y fuera del Instituto.

Los métodos de análisis aplicados, son los vigentes en el manual de métodos del Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos (LSAIA), realizando una actividad permanente de adaptación y desarrollo de nuevas metodologías de acuerdo a los requerimientos de los usuarios.

## RESULTADOS

La distribución del ingreso de muestras durante el año 2021, de acuerdo a su procedencia se presenta en la tabla 51.

**Tabla 51. Distribución de muestras ingresadas al laboratorio de acuerdo al origen, año 2021.**

Usuarios	No. Muestras	%
Particulares	952	70,78
Investigación (INIAP y Convenios)	393	29,21
<b>Total</b>	<b>1345</b>	<b>100</b>

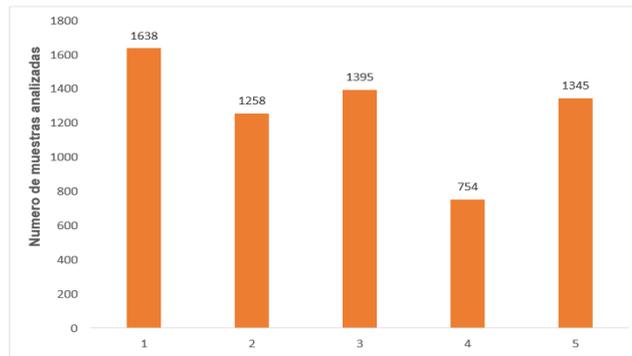
El ingreso de muestras procedentes de usuarios particulares representa un porcentaje del 70,78% mientras que el 29,21 % restante corresponden al ingreso de los diferentes proyectos de investigación de Programas, Departamentos del INIAP y convenios de investigación con otras instituciones.

En la tabla 52, se indica un desglose del número de muestras por análisis solicitado, identificando también su procedencia; esto permite identificar las áreas de mayor demanda y otras que deberían ser analizadas su pertinencia dentro de la oferta de servicios a futuro.

**Tabla 52. Detalle del número de análisis realizados en LSAIA durante el año 2021.**

<b>Muestras</b>	<b>1345</b>
<b>Numero de Análisis</b>	<b>4776</b>
Humedad (TCO)	381
Humedad (Ps)	901
Cenizas	420
Extracto Etéreo	263
Fibra	114
Nitrógeno /Proteína	251
Proximal Completo	186
FDN	87
FDA	22
Energía bruta	2
Energía Metabolizable	34
Lignina	1
Esquema de Van Soest	17
Minerales Totales	107
Calcio	106
Magnesio	94
Sodio	93
Potasio	96
Fósforo	97
Cobre	76
Hierro	86
Manganeso	76
Zinc	87
THC y CBD	9
Amilosa	111
Carbonatos	3
Azufre	12
pH	50
Vitamina C	66
Ácidos Orgánicos	4
Acidez Titulable	28
Sólidos solubles	10
Polifenoles totales	284
Carotenoides totales	56
Azúcares reductores	17
Azúcares totales	66
Capacidad antioxidante	269
Grasa cacao	28
Flavonoides Totales	48
Teobromina	32
Cafeína	6
Alcaloides	12
Ocratoxina A	51
Cadmio	8
Ácidos grasos	9

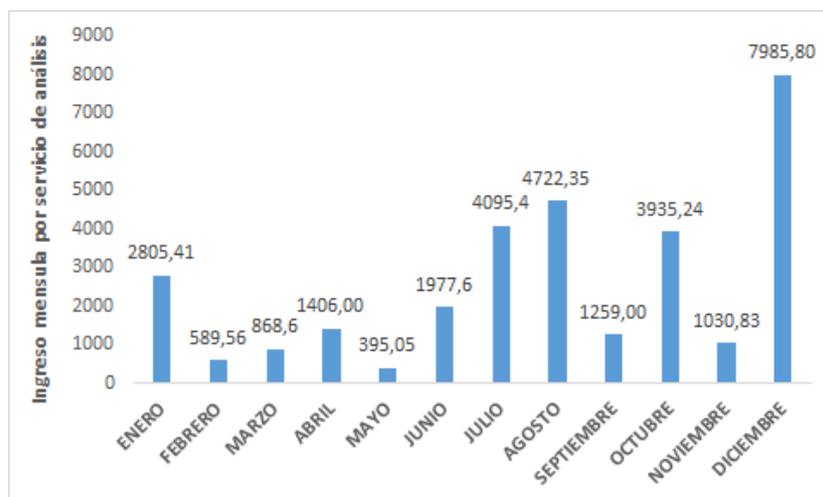
En la figura 10, se presenta la tendencia del número de muestras ingresadas al laboratorio en el período correspondiente a los últimos 5 años (2017 al 2021).



**Figura 10. Distribución del ingreso de muestras en LSAIA periodo 2017-2019.**

Observando los datos de la figura 10, se establece que desde al año 2017 al 2019 se ha venido evidenciando un ingreso en el laboratorio que varió entre 1258 a 1638 muestras, en el año 2020 por efectos de la pandemia por Covid 19 se observó una disminución en el ingreso de muestras para análisis (754), durante el año 2021 se ha incrementado el número de muestras ingresadas al laboratorio (1345), este año la atención fue prácticamente normal y se ha recuperado el numero promedio de muestras ingresadas en los últimos años, a pesar de continuar con la alerta sanitaria.

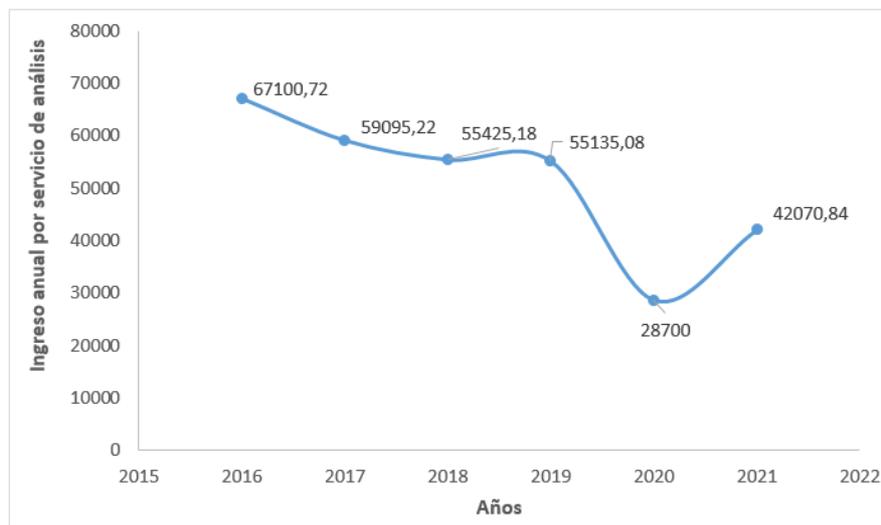
En el año 2021 se ha registrado un ingreso a la cuenta de producción de la Estación Santa Catalina, de 31.070,84\$ USD en dinero y 11.000\$ USD en insumos y mantenimiento de equipos para trabajar en el servicio correspondientes al proyecto INIAP-CEFA (Ocurrencia de Ocratoxina A en quinua de la provincia de Chimborazo) y proyecto AECID (Fortalecimiento de la Investigación para mejorar la Productividad y Calidad de la naranjilla y tomate de árbol en Ecuador), dando un total de ingreso de \$ 42.070,84 USD, adicionalmente mediante el proyecto AECID se contrató una persona para trabajo en el laboratorio durante 6 meses (período junio a diciembre) por un monto de 6.000\$ USD. En la figura 11, se presenta el movimiento de ingreso económico mensual por venta de servicios a terceros.



**Figura 11. Distribución de ingreso mensual por servicios de análisis año 2021 (Ingreso en dinero efectivo).**

De acuerdo a la figura 11, se observa un mayor ingreso para los meses de junio, agosto y diciembre, mientras que el menor ingreso se registra en los meses de febrero a mayo. Los ingresos en el último semestre se reactivaron manteniéndose altos desde octubre a diciembre.

En la figura 12, se presenta la tendencia de ingresos por servicios de análisis en el periodo comprendido entre los años 2016 – 2021.



**Figura 12. Tendencia de ingresos por servicio de análisis en el periodo 2016-2021.**

En la figura 12, se presenta la tendencia del ingreso por servicios de análisis a cuenta de la Estación Experimental Santa Catalina, en donde se puede establecer que el ingreso por servicios prestados ha sido superior a los \$55.000 en el período 2016 a 2019, en el año 2020 se ha observado una disminución de ingreso por la situación económica global de las instituciones que son clientes del laboratorio, por la pandemia del Covid 19, para el año 2021 se observa una recuperación en ingresos por servicios de análisis al laboratorio.

Durante este año no se ha podido lograr que exista una reinversión por los servicios de análisis lo cual no permite tener un presupuesto definido para el funcionamiento del laboratorio, este período se ha recibido presupuesto por parte del proyecto de Inversión. De igual manera, este año se ha logrado adquirir mediante el proyecto de Semillas (Inversión) un molino de cuchillas para preparación de muestras en el laboratorio.

Para los análisis realizados para clientes internos y externos por el área de servicios se han emitido 286 proformas y 223 ingresos. Además de la oferta de servicios, también se ha trabajado en proyectos de investigación con financiamiento de INIAP y de otras instituciones entre los cuales tenemos: proyecto AECID “Fortalecimiento de la Investigación para mejorar la Productividad y Calidad de la naranjilla y tomate de árbol en Ecuador, proyecto INIAP-CEFA-ESPOC “Ocurrencia de Ocratoxina A en quinua de la provincia de Chimborazo”, proyecto INIAP-UDLA “Incidencia de Fumonicinas en granos y productos derivados del maíz para uso avícola”.

De igual manera se ha trabajado en el entrenamiento de practicantes, tesistas y/o becarios en análisis que deben realizar dentro del plan que cada uno de ellos ejecuta, apoyo en los diferentes aspectos analíticos en cada uno de estos proyectos, codirección de trabajos de investigación, y escritura de protocolos y artículos científicos.

## **Mantenimiento del Sistema de Gestión de Calidad y Requisitos Técnicos para acreditación del laboratorio con la Norma ISO/IEC 17025**

Durante el año 2021 se ha trabajado en el mantenimiento de la acreditación del laboratorio por el Servicio Ecuatoriano de Acreditación (SAE), para lo cual se ha gestionado los recursos financieros para realizar los trabajos de calibración de equipos y materiales de laboratorio, mantenimiento de condiciones ambientales, la realización de la Auditoría interna del laboratorio. En este año por la pandemia se ha reprogramado por parte del SAE la realización de la auditoría externa. En este año se trabajó con el Ing. Bladimir Ortiz como Responsable de Calidad del laboratorio y el Dr. Iván Samaniego como Responsable Técnico. Se ha trabajado en la actualización del Sistema de gestión de la Calidad a la nueva versión de la norma ISO/IEC 17025:2018, lográndose la acreditación con la nueva versión de la norma.

La auditoría interna fue realizada por la empresa Metrosems durante el mes de junio, la misma fue realizada por la Ing. Yessenia Andrango como evaluador líder. Todos los hallazgos encontrados están en proceso de gestión y se espera confirmar la fecha de la auditoría externa en el año 2022 para confirmar la acreditación.

### **CONCLUSIONES**

- Se han atendido los requerimientos de usuarios externos (investigadores, agricultores, estudiantes, extensionistas, industriales, etc.) con el análisis de 1345 muestras, en las que se realizaron 4776 diferentes tipos de análisis.
- La generación de recursos para la Institución, mediante el servicio prestado a usuarios externos e internos, alcanzó un ingreso de \$ 42.070,84 USD.
- Se ha logrado el mantenimiento del Sistema de Gestión de la Calidad y requisitos Técnicos del laboratorio mediante la norma ISO/IEC 17025, logrando la actualización con la nueva edición de la norma.

### **RECOMENDACIONES**

- Para continuar el servicio de análisis del laboratorio, se requiere reinvertir los recursos obtenidos por los servicios prestados con un presupuesto definido. Se recomienda hacer las gestiones necesarias, para que los recursos económicos ingresen al laboratorio para su mantenimiento y fortalecimiento, caso contrario a corto tiempo se tendrán problemas de funcionamiento.