

**PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD FRUTÍCOLA  
ANDINA (ATN/RF-16111-RG)**

**Informe Técnico Final**

**Líder del Proyecto**

**Carlos E. Orrego A**

**2021**



**FONTAGRO**



Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus directores ejecutivos, ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Carlos E. Orrego y Natalia Salgado A.

Copyright © 2021 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

**FONTAGRO**

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)

[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)



# Tabla de Contenidos

<b>Abstract</b> .....	<b>4</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>5</b>
<b>Antecedentes</b> .....	<b>6</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>8</b>
<b>Metodología</b> .....	<b>9</b>
<b>Resultados</b> .....	<b>13</b>
<b>Indicadores Técnicos</b> .....	<b>17</b>
<b>Hallazgos Destacados</b> .....	<b>22</b>
<b>Historias en el campo</b> .....	<b>22</b>
<b>Discusión</b> .....	<b>23</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>27</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>30</b>
<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>31</b>
<b>Instituciones Participantes</b> .....	<b>37</b>



## Abstract

The project "Andean fruit productivity and competitiveness" (2017-2021) was a technical cooperation that pursued to increase the productivity and competitiveness of the avocado, passion flower and citrus fruit chains through the development and validation of innovations that would allow sustainable intensification of Andean fruit culture in the context of climate change. Coordinated actions were carried out between the actors of the value chains (producers, processors, dealers and academic institutions, among others) to obtain higher quality and shelf life of fresh fruit and derivatives, increase profitability, quality of life and food safety of family farmers. The project was developed in regions of three countries: Colombia (Caldas, Risaralda and Cauca Antioqueño), Ecuador (Imbabura, Pichincha and Manabí) and Peru (Piura). Researchers from three Andean countries and Spain participated.

Regarding the development of technologies for fruit production systems, four fertigation farms were installed and started up, two located in Colombia and two in Ecuador. In them, 4 fertigation technologies were studied and validated that have allowed reaching 15 tons / ha-year in granadilla (G) (average Ecuador, 10) and, in a commercial crop, 16.8 tons / ha-year in Hass avocado (AH ) (vs. 8.5 with edaphic fertilization). 3 sustainable agronomic practices were developed: for AH and G, 2 consortiums of microorganisms increased the absorption of nutrients in vigorous and healthy plants. The adjustment of periods of lack of pesticides in HA also was made, which reduced their rejections due to residual pesticides in commercialization. In addition, three promising passion fruit materials were validated. Finally, 2 carbon footprints of AH and gulupa were estimated, with the design of an online application for their calculation

Regarding agri-food and product technologies, 6 shelf life studies were carried out, 2 of processed fruit, and 1 market study of fresh / processed fruits. 2 methods of lengthening the useful life were proposed for G and AH, numerous value-adding products were designed (19 foods, 3 cosmetics and 4 materials). Of these, 3 were prototyped and another 3 reached the market. 3 studies of technical, economic and environmental analysis of the impact of the use of biomass derived from the industrialization of the fruit were carried out, and 3 biorefineries of fruit and / or its residues were evaluated.

The above was transferred and disseminated between stakeholders of the fruit chains through 2 fairs, 3 symposia, 27 conferences, 3 webinars, 22 field days, 1 diploma, in which 4268 people (1936 women) participated. It also was shared with scholars through 24 articles (19 published and 5 submitted), 22 papers, 9 posters, 9 book chapters, 24 theses and 1 book. Different virtual products were generated: 91 ecards and infographics, 69 videos and 1 webstory, which together have had 64.431 views (Sept / 21).

**Keywords:** Andean fruit-culture, competitiveness, productivity, sustainability



## Resumen

El proyecto “Productividad y competitividad frutícola andina” (2017-2021) fue una cooperación técnica que buscó incrementar la productividad y competitividad de las cadenas frutícolas del aguacate, las pasifloras y los cítricos a través del desarrollo y validación de innovaciones que permitieran la intensificación sostenible de la fruticultura Andina en el contexto del cambio climático. Se realizaron acciones coordinadas entre los actores de las cadenas de valor (productores, transformadores, comercializadores e instituciones académicas, entre otras) para obtener mayor calidad y vida útil de la fruta fresca y derivados, aumentar la rentabilidad, calidad de vida y seguridad alimentaria de la fruticultura familiar. El proyecto se desarrolló en regiones de tres países: Colombia (Caldas, Risaralda y Cauca Antioqueño), Ecuador (Imbabura, Pichincha y Manabí) y Perú (Piura). Participaron investigadores de tres países andinos y de España.

Respecto del desarrollo de tecnologías para los sistemas de producción frutícolas, se instalaron y pusieron en marcha cuatro granjas de fertirriego, dos ubicadas en Colombia y dos en Ecuador. En ellas se estudiaron y validaron 4 tecnologías de fertirriego que han permitido llegar a 15 ton/ha-año en granadilla(G) (media Ecuador,10) y, en un cultivo comercial lograr 16.8 ton/ha-año en aguacate Hass (AH) (vs.8.5 fertilización-edáfica). Se desarrollaron (3) tres prácticas agronómicas sostenibles: para AH y G, (2) dos consorcios de microorganismos incrementaron la absorción de nutrientes en plantas vigorosas y sanas. Se hizo el ajuste de períodos de carencia de pesticidas en AH que redujeron sus rechazos por residualidad de pesticidas en comercialización. Además, se validaron tres materiales promisorios de maracuyá. Finalmente, se estimaron (2) dos huellas de carbono de AH/gulupa, con el diseño de un aplicativo online para su cálculo. En cuanto a tecnologías agroalimentarias y de productos, se hicieron (6) seis estudios de vida de anaquel, (2) dos de transformados de fruta, y (1) un estudio de mercado de frutas fresca/transformada. Se propusieron (2) dos métodos de alargamiento de vida útil para G y AH, se diseñaron numerosos productos de agregación de valor (19 alimentos, 3 cosméticos y 4 materiales). De ellos fueron prototipados (3) tres y otros (3) tres llegaron al mercado. Se realizaron (3) tres estudios de análisis técnico, económico y ambiental del impacto del aprovechamiento de la biomasa derivada de la industrialización de la fruta, y se evaluaron (3) tres biorefinerías de fruta y/o sus residuos.

Lo anterior fue transferido y difundido entre los actores de las cadenas frutícolas a través de (2) dos ferias, (3) tres simposios, (27) veintisiete conferencias, (3) tres webinars, veintidós días de campo, (1) un diplomado, en el que participaron 4.268 personas (1936 mujeres). También se compartió con académicos a través de (24) veinticuatro artículos (19 publicados y 5 enviados), (22) veintidós trabajos, (9) nueve ponencias, (9) nueve capítulos de libros, (24) veinticuatro tesis y (1) un libro. Se generaron diferentes productos virtuales: (91) noventa y un ecards e infografías, (69) sesenta y nueve videos y (1) un webstory, que, en conjunto han tenido 64.431 visualizaciones (Sept/21).

**Palabras clave:** Competitividad, fruticultura Andina, productividad, sustentabilidad



## Antecedentes

El proyecto “Productividad y Competitividad Frutícola Andina” (2017-2021) es la segunda fase de una cooperación técnica financiada por FONTAGRO, que se desarrolló en tres países Andinos. El primer proyecto se tituló “Modelo de plataforma para el uso integral, adición de valor y competitividad de frutales comerciales andinos” (Título corto: Frutales Comerciales Andinos; 2014 – 2017). La coordinación de ambos proyectos se hizo desde el Instituto de Biotecnología y Agroindustria de la Universidad Nacional de Colombia- Manizales.

Entre 2010-2015 el valor de las exportaciones colombianas de frutas frescas hacia la Unión Europea creció a US\$62 millones (La República, 2016), mientras que el sector agroindustrial representaba US\$2.016 millones (Portafolio, 2016). Entre las frutas más importantes se encuentran los cítricos, las pasifloras y el aguacate. En 2013 había plantadas 83.058 hectáreas en cítricos que generaban el 24% de los empleos directos de la fruticultura (Fontagro, 2013). Las exportaciones de frutas pasifloráceas (granadilla, gulupa y maracuyá) crecieron entre 25 y 20% anual en el quinquenio 2010-15. En 2015, Colombia era el quinto productor mundial de aguacate, con un área sembrada de 28 mil hectáreas (Minagricultura, 2015). Las exportaciones de aguacate entre 2010 y 2015 se multiplicaron por 82 veces, y para noviembre de 2015 sumaban US\$8,9 millones (Procolombia, 2016).

En cuanto a Perú, en 2015 era el octavo proveedor mundial de frutas y hortalizas, con espárragos, uvas, paltas y mangos, y comenzaba a conquistar mercados con los arándanos, aguacate Hass, berries y granadas (El Comercio, 2016).

Ecuador ha sido líder mundial en exportación de banano y de concentrado de maracuyá, fruta de la que 6800 pequeños agricultores cosechaban alrededor de 9 mil toneladas mensuales en 2012 en una superficie de 4.286 hectáreas. Se estimaba que había 650 ha de aguacate de la variedad Fuerte o Guatemalteca, y 500 ha con la variedad Hass. La superficie plantada de granadilla era de 332.41 ha con un rendimiento de 2.25 t/ha, siendo las principales provincias productoras las de Tungurahua, Loja, Pichincha e Imbabura (La nación, 2015).

En los mencionados países Andinos las cadenas frutícolas andinas de cítricos, pasifloras y aguacate han tenido problemas comunes de inestabilidad de precios de compra, elevada intermediación en la comercialización con márgenes que usualmente no llegan al productor primario, servicios estatales de asistencia técnica limitados, agroindustria poco desarrollada, deficiente infraestructura, aplicación incompleta de normatividad (fitosanitaria, BPA, etc.), pobre planificación en la siembra, manejo inadecuado de desechos y subproductos, falta de estandarización de procesos de cosecha y poscosecha, manejo deficiente de suelo y agua, entre otros. A este difícil panorama se suma el aumento de la variabilidad climática interanual que ha incrementado su vulnerabilidad económica y social. Se prevé que para 2050 haya un aumento promedio de la temperatura de 2.5°C, con precipitaciones cada vez más erráticas, lo que afectará alrededor del 80% de los cultivos y reducirá el volumen de las cosechas (Lau, Jarvis y Ramírez, 2011). Para el caso de las frutas, la combinación de altas temperaturas y estrés hídrico reduce drásticamente su calidad y su vida útil (Shivashankara, Rao y Geetha, 2013).

Utilizando metodologías semejantes a las utilizadas en el proyecto “Modelo de plataforma para el aprovechamiento integral, adición de valor y competitividad de frutales comerciales andinos” financiado



por FONTAGRO (2014-2017), entre las que se resalta la dinamización de grupos de productores y transformadores, y profundizando la aplicación de tecnologías sustentables, en el proyecto “Productividad y competitividad frutícola Andina” (2017-2021) se buscó incrementar la productividad y competitividad de las cadenas frutícolas del aguacate, las pasifloráceas y los cítricos en varias zonas productoras de dichas frutas de Colombia, Ecuador y Perú.

La cooperación técnica estuvo alineada con las prioridades del Plan de Mediano Plazo (PMP) 2015-2020 de FONTAGRO (Fontagro, 2015). A nivel del sector productor tuvo relación directa con los temas de búsqueda de respuestas a la variación climática en los sectores fruticultores propuestos, mediante acciones de mitigación como la generación de conocimiento sobre relaciones suelo-agua-planta clima con la correspondiente estrategia de transferencia hacia los agricultores y otros agentes de las cadenas frutícolas. Con ello se esperaba un impacto favorable en el medio ambiente por la gestión más eficiente de suelos y aguas. A esto se sumó el enfoque de Biorefinerías, herramienta notable de la economía circular, asociada al aprovechamiento integral de cultivos, biomasa y subproductos de transformación con sus estimaciones técnicas económicas y ambientales lo que, en conjunto, debería aportar al incremento de la competitividad de las cadenas frutícolas con el consecuente beneficio económico para agricultores y demás actores de estas cadenas.



## Objetivos

### Objetivo General

El objetivo principal de fue incrementar la productividad y competitividad de las cadenas frutícolas del aguacate, las pasifloráceas y los cítricos mediante acciones coordinadas entre productores, transformadores, comercializadores, instituciones académicas y de formación para implementar tecnologías de adaptación al cambio climático, y mejorar la calidad y vida útil de frutas frescas o sus derivados.

### Objetivos Específicos

- (a) Estimar las necesidades de agua de riego de los cultivos e instalar tres granjas piloto con equipos de fertirrigación.
- (b) Estimar necesidades de agua y nutrientes como también de volumen de residuos y carbono en campo, por cadena frutícola.
- (c) Caracterizar y monitorear la calidad e inocuidad de la oferta de fruta y desarrollar o mejorar productos derivados de ella, y
- (d) Fortalecer programas de transferencia del modelo de innovación propuesto para al menos 100 unidades productivas.



## Metodología

### **Componente 1. Tecnologías para los Sistemas de Producción Frutícolas.**

#### ***Actividad 1.1. Manejo Eficiente Del Agua De Riego.***

El protocolo general de instalación de un sistema básico de fertirriego fue el recomendado por (Martínez 1998, 77-78). En Ecuador se monitorearon respuestas de plantas de aguacate variedad Hass y plántulas de granadilla variedad colombiana según la metodología descrita en los estudios de Gaona et al. (2020) (Gaona, 2020a; Gaona, 2020b). En Colombia el ensayo de fertirriego se hizo en un cultivo comercial de aguacate Hass en producción (4 años), localizado en el municipio de Apia (Risaralda), Altitud 2216 msnm, latitud 5° 07' 48 N, longitud 75° 59' 14 W. Precipitación, temperatura y humedad relativa medias anuales, 2300 m.s.n.m., 19°C y 80%, respectivamente. En las cosechas, se midieron la productividad (Kg fruta / planta y Kg/Ha). A las frutas se les determinó materia seca, firmeza y color. El análisis estadístico se soportó en hojas de cálculo de Excel y en el software XLStat.

Para las líneas de base se seleccionó una muestra de productores, en conjunto con la empresa FLP (co-ejecutor del proyecto), con la condición de que fueran sus proveedores de materia prima. La unidad muestral fue el productor de cítricos y/o el productor de aguacate. Para determinar el tamaño de la muestra a utilizar se siguió el método conocido como “Muestreo Aleatorio de Proporciones” (Cochran, 1996). Para obtener la información se elaboró una encuesta enfocada en aspectos del riego.

#### ***Actividad 1.2. Desarrollo de Estrategias de Manejo Agronómico de Precosecha, Cosecha y Postcosecha que Mejoren la Resiliencia, la Calidad, la Inocuidad y la Duración de Postcosecha de la Fruta.***

En los estudios de duración de postcosecha o vida de anaquel los parámetros de calidad de fruta y sus estándares de medida fueron los indicados por el Instituto colombiano de normas técnicas (Icontec), en las normas técnicas colombianas (NTC), así: aguacate, NTC 6345 (Icontec, 2019); maracuyá, NTC 1267 (Icontec, 1979); gulupa, NTC 6456 (Icontec, 2020); granadilla, NTC 4101 (Icontec, 1997a), naranja valencia, NTC 4086 (Icontec, 1997b), lima Tahití, NTC 4087 (Icontec, 1997c).

#### ***Actividad 1.3. Identificación de Prácticas de Manejo Agronómico que Promuevan Mecanismos de Regulación Biológica para la Prevención de Plagas y Enfermedades en los Citados Cultivos Frutícolas.***

Se reportaron las prácticas tradicionales y sostenibles de acuerdo con las publicaciones realizadas de entidades reconocidas y oficiales de cada país para la prevención de plagas y enfermedades de aguacate, cítricos y pasifloras.

La recopilación de información acerca de las áreas cultivadas, productividad, rendimientos y variedades de los cultivos de aguacate, pasifloras y cítricos, se realizó a través de búsquedas sistemáticas en el segundo semestre de 2020, principalmente de la información publicada por Minagricultura (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, n.d.) y la Asociación Hortofrutícola de Colombia ASOHOFRUCOL



(ASOHOFRUCOL, n.d.) para Colombia. Sistemas de información del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador (Ministerio de Agricultura y Ganadería, n.d.), y anuario agrícola del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego de Perú.

Para el análisis de cadena de valor de aguacate, cítricos y pasifloras en la zona de influencia del proyecto, se tomó como base la metodología planteada por Tobasura y Ospina (2013), Orjuela et al. (2008) y Howieson et al.(2016).

## **Componente 2. Tecnologías Agroalimentarias y Desarrollo de Productos.**

### ***Actividad 2.1. Caracterización, Desarrollo, y Formulación de Productos Alimenticios, Ingredientes Naturales y/o Nutracéuticos Derivados de Alguna de las Cadenas de Fruta Antes Mencionadas, con Base a Estudios de Mercado Local o de Exportación.***

El estudio de mercado se basó en el análisis documental de fuentes de información secundarias como FAOSTAT (n.d), TRADEMAP (n.d), LEGISCOMEX (n.d), SANTANDER TRADE (n.d), PROCOLOMBIA (n.d) y bibliografía académica que se usaron para establecer las tendencias de comercialización de las frutas tropicales, con énfasis en aguacate, cítricos y pasifloras, y los diversos productos de agregación de valor de dichas frutas que se encuentran en el mercado.

Algunos de los productos y procesos de transformación de fruta se diseñaron para el aprovechamiento artesanal o casero por parte de las familias de los agricultores o del público en general (Escobar, 2020; Escobar et al., 2020). Ejemplos de los protocolos de elaboración se pueden encontrar en algunos vídeos (Frutales Andinos, n.d.) y e-cards. Para el caso de los productos a escala de laboratorio se elaboró una metodología para el desarrollo de nuevos productos en el marco de una de las tesis de doctorado desarrolladas dentro del proyecto.

En general, para el caso de los productos a escala de laboratorio se siguió una metodología para el desarrollo de nuevos alimentos propuesta en una de las tesis de doctorado desarrolladas dentro del proyecto (Escobar et al. 2020, 10). Este procedimiento se basa en escuchar la voz del consumidor mediante la medida de sus motivaciones de elección y percepción de salubridad del producto alimentario objeto de diseño (Salazar et al., 2019). Seguidamente, se describen algunos métodos específicos.

En una de las investigaciones de esta componente del proyecto se produjo un puré de pulpa de aguacate mínimamente procesado que conservó el color durante 6 meses de almacenamiento por congelación y se hizo una aproximación preliminar de los aspectos económicos y medioambientales relacionados con su posible producción industrial. Para su fabricación la pulpa de aguacate se evaluaron tres alternativas: mezcla con ácido cítrico, exposición a un tratamiento de microondas y liofilización seguida de reconstitución. Luego de congeladas las muestras se mantuvieron en almacenamiento congelado (-10 ° C, -14 ° C y -18 ° C), y cada 30 días fueron analizadas para determinar la actividad de la polifenol oxidasa (PPO), de la peroxidasa (POD) y el color (Ospina, Ortiz y Orrego, 2019).

Otro trabajo consistió en el estudio del efecto del escaldado asistido por ultrasonido (UAB) sobre diferentes características físicas y químicas y el tiempo total de procesamiento (TPT) en la producción de rodajas de guayaba liofilizadas (DGS). Además, se midió el consumo de energía y se modeló matemáticamente el proceso. La UAB se aplicó por 5 y 10 min, a 65 ° C y se determinaron las actividades



de la polifenol oxidasa (PPO) y peroxidasa (POD). Luego, las rodajas de guayaba se liofilizaron y se compararon los TPT de la fruta tratado o no con UAB. Finalmente se estudió el contenido total de polifenoles (TPC), actividad antioxidante (AA) y el cambio de color total (TCC) de las DGS (Alvarez, Ospina y Orrego, 2019).

Respecto del aprovechamiento de residuos se utilizaron aproximaciones diferentes, según los tipos de materiales y productos esperados. Así, la co-generación de energía a partir de cáscara de naranja está descrita en Ortiz et al. (2020). La metodología para la producción de soportes que usaron residuos de cosecha de frutales, protocolos de inmovilización de enzimas y caracterización están reportadas en otros dos de los productos académicos de esta investigación (Rodríguez et al., 2018; Rodríguez-Restrepo et al., 2020), mientras que la correspondiente a la fabricación de materiales biocompuestos y sus análisis técnico, económico y ambiental se pueden consultar en cinco de ellos (Rodríguez et al., 2018b, Rodríguez et al., 2020a; Rodríguez et al., 2020b; Rodríguez et al. 2021a; Rodríguez et al., 2021b).

### **Componente 3. Análisis técnico, económico y ambiental del impacto del aprovechamiento de la biomasa derivada de la industrialización de la fruta.**

#### ***Actividad 3.1. Estudio de balance hídrico, de nutrientes y huella de carbono en cadenas de fruta seleccionadas.***

Las metodologías seguidas para estas medidas se pueden consultar en el producto 11 de este proyecto (Falguera et al., 2020). El procedimiento para la estimación del requerimiento hídrico en aguacate variedad Hass y granadilla cultivar colombiana, en la fase vegetativa se encuentra en el producto 2 (Viera et al., 2020).

Para el desarrollo de biorrefinerías se siguieron los métodos descritos en Chacón, et al., 2017; Marulanda et al., 2017; Ortiz-Sánchez et al., 2020a; Ortiz-Sánchez et al., 2020b, y Ortiz-Sánchez et al., 2021.

### **Componente 4. Gestión y Transferencia de Conocimientos y Tecnologías.**

#### ***Actividad 4.1. Gestión y Transferencia de Conocimientos Generados por el Proyecto a Distintas Audiencias.***

En esta segunda fase del proyecto sobre Frutales Andinos, nuevamente la estrategia de utilizar un grupo piloto de fruticultores-transformador demostró ser una herramienta metodológica efectiva para la adopción de prácticas agronómicas sostenibles (FONTAGRO, 2013).

Se llevaron a cabo acciones para sensibilizar, capacitar y transferir conocimientos a los grupos de interés de las cadenas frutícolas. Para ello utilizaron diferentes modalidades de interacción tales como conferencias, capacitaciones, ferias de exposición de prototipos, simposios, congresos y visitas de campo interactivas en granjas experimentales. Las formas en las que se llevaron a cabo estas actividades se pueden consultar en los documentos asociados al producto 13 de este proyecto (Orrego, Díaz y Bermeo, 2019; Viera, Orrego y Díaz, 2019; Viera y Díaz, 2020; Orrego y Díaz, 2020).

Para la diseminación virtual la metodología se basó en los lineamientos sobre uso de redes sociales recomendado por Martínez-Guerrero (2018). También se tomaron ideas sobre los distintos productos de



la página web FONTAGRO Digital (n.d) y se interactuó con el equipo de comunicaciones de FONTAGRO para que los videos, webstory, fotografías y demás material de diseminación virtual cumplieran con las expectativas de esta organización. La meta fue lograr el posicionamiento de marca a partir de la divulgación de contenido de valor a través de Facebook y Twitter, manteniendo activas las redes sociales con la generación de contenido de valor a partir de los resultados del proyecto. Los investigadores aportaron información, hicieron reportajes escritos y participaron en los audiovisuales. Con base en esto se realizó la producción de una serie de videos solicitado por FONTAGRO, además de otros videos cortos, reportajes escritos y productos virtuales que permitieran mostrar el trabajo que se realizó con cada una de las frutas y sus residuos. Se hizo seguimiento permanente de las métricas de personas impactadas (Arias y Orrego, 2020).

#### ***Actividad 4.2. Generación y Divulgación de Productos Académicos.***

El equipo de investigadores del proyecto organizó eventos académicos en el período de desarrollo del proyecto que están descritas en los documentos del producto 13 (Orrego, Díaz y Bermeo, 2019; Viera, Orrego y Díaz, 2019; Viera y Díaz, 2020; Orrego y Díaz, 2020). Luego de su conclusión se continuó esta tarea con una serie de conferencias y un congreso virtual (IICTA, 2021).

Se publicaron artículos, capítulos de libro, se presentaron ponencias en eventos científicos. Los investigadores orientaron tesis de maestría y doctorado, trabajos de finalización de carrera, documentos que se encuentran en los repositorios institucionales. La relación detallada de estos productos académicos se encuentra en los documentos asociados al producto 15 (Orrego y Salgado, 2020b) y en el micrositio del proyecto en la página web de FONTAGRO (FONTAGRO, 2016).



## Resultados y productos

Los resultados obtenidos por el proyecto según las componentes fueron:

### ***Componente 1. Tecnologías para los Sistemas de Producción Frutícolas.***

En los ensayos de fertirriego realizados en Ecuador tanto en las plántulas de granadilla variedad colombiana como en las de aguacate Hass, las dosis altas de nitrógeno y potasio aplicadas en la fase de crecimiento vegetativo, influyeron positivamente en las variables: altura de planta, índice de verdor, área foliar y concentración de potasio foliar. En el cultivo de granadilla se observaron incrementos de 10 a 15 ton/ha-año en su etapa productiva (3 años). En el aguacate se logró la primera producción a los dos años (normalmente esto se observa a los tres años).

En Colombia, en donde para aguacate las pruebas de fertirriego se hicieron en un cultivo en edad productiva (4 y 5 años), se presentó un notable aumento en la productividad pasando de 8.5 ton/ha-año que en promedio se alcanzan mediante fertilización edáfica en el 2018 a 16.8 Ton/Ha-año con fertilización en el 2020.

Luego de las pruebas de seguimiento realizadas en el proyecto, se realizaron ajustes en los períodos de carencia recomendadas en las etiquetas de los pesticidas de uso común en aguacate. Los fruticultores que proveen de fruta a una empresa transformadora (FLP, co-ejecutora del proyecto) aplicaron estas recomendaciones y, gracias a ello, se redujeron en un 40% los lotes rechazados por parte de la empresa. Además, en las exportaciones de la empresa en el año 2020 no se presentaron rechazos por residualidad de agroquímicos en la fruta.

En el maracuyá, los investigadores del INIAP-Ecuador, mediante el uso de consorcios microbianos con micorrizas lograron una mejor absorción de nutrientes y tener plantas vigorosas y sanas. Allí mismo se obtuvieron 3 segregaciones de material genético mejorado de maracuyá adaptables a diferentes condiciones climáticas y de suelos con una alta productividad en campo y buenas propiedades nutricionales como contenido de vitamina C.

### ***Componente 2. Tecnologías Agroalimentarias y Desarrollo de Productos.***

De los 32 prototipos de alternativas de agregación de valor que se desarrollaron con diferentes niveles de innovación tecnológica, la mayor parte de ellos se llevaron hasta pruebas piloto y de campo. Tres de ellos llegaron al máximo grado que es su producción y comercialización a nivel industrial: jugos libres de conservantes de Mandarina, Naranja y Limón. Estos productos se estandarizaron e integraron a la línea de producción de la empresa FLP.

### ***Componente 3. Análisis técnico, económico y ambiental del impacto del aprovechamiento de la biomasa derivada de la industrialización de la fruta.***



Se presentaron alternativas de transformación integral de la biomasa con estudios de viabilidad técnica, económica y ambiental que se espera puedan ya ser implementadas en futuros proyectos.

#### **Componente 4. Gestión y Transferencia de Conocimientos y Tecnologías.**

Algunos de los investigadores del proyecto concursaron exitosamente en convocatorias que darán continuidad a varias de sus actividades. En total el presupuesto de tales proyectos supera el millón de dólares americanos.

En el marco del proyecto se incentivaron emprendimientos a través de un programa para capital semilla de innovaciones (Fondo Emprender) del Servicio Nacional de Aprendizaje de Colombia, SENA, aliado del proyecto. Allí, en el período de ejecución del proyecto se recibieron y asesoraron cinco propuestas para montaje/mantenimiento de unidades productivas de gulupa para exportación y uno para la elaboración de un producto comestible a partir de aguacate. En abril de 2020 se había aprobado capital semilla para dos unidades productivas de gulupa para exportación. Las demás estaban para esa fecha en la etapa de elaboración del plan de negocios.

Además de los resultados mencionados, seguidamente se muestra un resumen de los productos. 4 tecnologías de fertirriego que, hasta finalizar 2020, habían permitido llegar a 15 ton/ha-año en granadilla (media Ecuador,10) y 16.8 en aguacate Hass (vs.8.5 ton/ha-año que en promedio se alcanzan mediante fertilización edáfica).

- 2 bases de datos suelo-planta-agua clima.
- 3 prácticas agronómicas sostenibles.
- 6 estudios de vida de anaquel y 2 de transformados de fruta.
- 2 métodos de alargamiento de vida útil para granadilla y aguacate Hass y tres nuevos materiales de maracuyá.
- 1 estudio de mercados de frutas fresca y transformada.
- Prototipos a escala de laboratorio: 19 alimentos, 3 cosméticos y 4 materiales.
- Prototipos pilotados; 3.
- Productos en mercado, 3.
- Se estimaron 2 huellas de carbono de aguacate Hass /gulupa, con un diseño de un aplicativo para su cálculo (<http://co2.watman.pro/>). La estimación del requerimiento hídrico en aguacate variedad Hass y granadilla cultivar colombiana, en la fase vegetativa se encuentra en el producto 2 de este proyecto (Viera et al. 2020, 15-18)
- Se evaluaron 3 biorrefinerías.
- Productos académicos:
- 24 artículos (19 publicados y 5 sometidos). La descripción general de los artículos se puede consultar en una nota técnica del proyecto (Orrego y Salgado, 2020). Cada artículo puede consultarse en el micrositio del proyecto en la página web de Fontagro (Fontagro, 2021).
- 22 ponencias.
- 9 posters.
- 9 capítulos de libro.
- 24 tesis
- 1 libro.

- Eventos:
- 2 ferias
- 3 simposios
- 27 conferencias
- 3 webinars
- 22 días de campo
- 1 diplomado.
- 4268 participantes (1936 mujeres).

Productos virtuales:

Además del micrositio del proyecto en la página web de Fontagro, se desarrollaron otros dos sitios web:

- <http://frutalesandinos.com/> que contiene un sistema de información geográfica (SIG) y una base de datos con información por cadena de valor, zona de producción, y estrategias de manejo agronómico sostenible, para cada una de las frutas. (Una página web de un evento de difusión asociado al proyecto, IICTA 2021 <http://iicta.manizales.unal.edu.co/>)
- 91 ecards e infografías
- 69 videos (Frutales andinos, n.d.)
- 1 webstory

Estos productos lograron 64.431 visualizaciones a 30 de septiembre de 2021.

Los resultados anteriores se reportaron de acuerdo a cada componente, en una serie de documentos o productos comprometidos por el convenio en el marco del cual se desarrolló el proyecto. A continuación, se enumeran dichos productos; en las referencias se encuentran los enlaces en donde se pueden consultar los documentos correspondientes.

Producto 1. Informe de implementación del sistema de fertirrigación en los sitios experimentales. (Fonseca et al., 2020a).

Producto 2. Guía de entrenamiento para productores sobre el uso de sistemas de fertirrigación y las relaciones “suelo-agua-planta-clima” por tipo de cultivo. (Viera et al., 2020).

Producto 3. Informe técnico de resultados sobre la productividad alcanzada por cultivo y por país. (Orrego et al., 2021).

Producto 4: Desarrollo de un sitio de Internet que contenga un Sistema de Información Geográfica (SIG) y una base de datos con información por cadena de valor, zona de producción, y estrategias de manejo agronómico sostenible, para cada una de las frutas mencionadas. (Orrego y Salgado, 2020a).

Producto 5: Informe técnico de sistemas de producción por cadena de valor frutícola y zona. (Orrego et al., 2020)

Producto 6: Informe técnico de pruebas de duración de postcosecha de la fruta. (Manrique, Viera y Orrego, 2020).

Producto 7: Informe técnico sobre prácticas agronómicas sostenibles para el control plagas y



enfermedades en cultivos frutícolas, por zona. (Viera y Rodríguez, 2021).

Producto 8: Informe técnico sobre prácticas agronómicas sostenibles que aumentan la productividad y la calidad de frutas. (Viera et al., 2021).

Producto 9: Estudio de mercado interno y externo de la fruta fresca y sus derivados. (Orrego, Salgado y Díaz, 2020).

Producto 10: Informe de tecnologías agroalimentarias y procesos de industrialización de la fruta fresca y sus derivados, con la descripción de los nuevos prototipos de productos alimentarios y no alimentarios obtenidos. (Bermeo et al., 2020; Orrego et al., 2020)

Producto 11: Estudio de balance hídrico, nutrientes y huella de carbono en las cadenas de fruta seleccionadas. (Falguera et al., 2020).

Producto 12: Informe técnico sobre propuestas de desarrollo de biorefinerías a partir del uso de residuos de cosecha, postcosecha e industrialización de la fruta fresca, para su aprovechamiento en la producción de energía u otros subproductos relacionados. (Orrego y Cardona, 2019)

Producto 13: Informe documental de individuos capacitados en talleres, días de campo, seminarios y otras actividades realizadas en el proyecto. (Orrego, Díaz y Bermeo, 2019; Viera, Orrego y Díaz, 2019; Viera y Díaz, 2020; Orrego y Díaz, 2020).

Producto 14: Informe de registro documental de participación en medios de prensa, radio, televisión, y redes sociales. (Arias y Orrego, 2020).

Producto 15: Informe documental de productos académicos elaborados durante el proyecto (Orrego y Salgado, 2020b).



## Indicadores Técnicos

Indicador detalle	Unidad del Indicador	Valor antes del proyecto	Valor después del proyecto	Notas
Personas capacitadas	Número personas	0	4.268	Participantes en evento de diseminación Indicador: Prioridad Inclusión Social e igualdad Componente: Construcción de Capacidades Presenciales 1670 (983 hombres y 687 mujeres) Virtuales 2598 (1349 hombres y 1249 mujeres)
	Género:			
	Masculino	0	2.332	
	Femenino	0	1936	
	Otro	0	0	
Estudiantes que se benefician	Número personas	0	35	12 de tecnologías, 15 de pregrado, 7 de maestría y 5 de doctorado Indicador: Prioridad Inclusión Social e igualdad. Componente: Construcción de Capacidades
	Género:			
	Masculino	0	18	
	Femenino	0	16	
	Otro	0	0	
Mujeres beneficiadas por el proyecto	Número personas	0	1977	Indicador: Prioridad Inclusión Social e igualdad Componente: Construcción de Capacidades
	Rol:			
	Capacitadas	0	1936	
	Pequeña agricultora	0	3	
	Científica	0	11	
	Consultora	0	6	
	Estudiante	0	21	
Soluciones tecnológicas e innovaciones	Número soluciones	0	35	Indicador: Prioridad Productividad e Innovación Componente: Industrial 3 nuevos Materiales de maracuyá, 2 prototipo de alargamiento vida anaquel Alimentos, cosméticos y otros Pulpa aguacate, barras y polvos de fruta 3 zumos de cítricos sin conservantes 2 con capital semilla, 4 con plan de negocios (SENA)
	Categoría:			
	Solns. tecnológicas	0	5	
	Prototipos nivel lab	0	19	
	Prototipos nivel piloto	0	3	
	Innov. Industriales	0	3	
	Emprendimientos	0	6	



Prácticas sostenibles	Número de practicas	0	7	Indicador: Cambio Climático y Sostenibilidad Componente: producción agrícola 4 técnicas de Fertirrigación 2 consorcios microbiológicos, 1 ajuste tiempo carencia
Tecnologías con menores emisiones	Número de tecnologías	0	3	Indicador: Cambio Climático y Sostenibilidad Componente: Industrial 3 biorefinerías (de residuos de cáscara de naranja, de cáscara de maracuyá y de aguacate de rechazo).
Auditorías sin salvedades	Número de auditorías	0	3	Indicador: Capacidad Institucional y Estado de Derecho Componente: Administrativo 3 auditorias (2017-2018, 2019y 2020-2021-I) sin observaciones
Visitas a productos virtuales de diseminación	Número visitas	0	64.431	Indicador: Sistemas de gestión de la información. Componente: Construcción de Capacidades
Seguidores redes sociales	Número seguidores	0	705	Indicador: Sistemas de gestión de la información. Componente: Construcción de Capacidades
Nuevas iniciativas generadas	Número iniciativas Categoría: Diseminación Cambio climático Impacto social Innovación Emprendimientos	0 0 0 0 0 0	9 2 3 1 2 1	Indicador: Prioridad Productividad e Innovación Componente: Varios Diseminación de tecnologías amigables para aguacate-Ecuador, diseminación frutales andinos-Colombia Mejora de la resiliencia al cambio climático con fertirriego, energías limpias en la producción de material vegetal de aguacate y deshidratadores solares Evaluación del impacto ambiental y social de dos productos de valor agregado Obtención de metabolitos y bioproductos Desarrollo de emprendimientos



				en zonas de conflicto armado
Manual de entrenamiento en fertirriego	Número manuales	0	1	Indicador: Artículos, presentaciones y publicaciones técnicas Componente: Construcción de capacidades
Jornadas de campo para la difusión de resultados	Número eventos	0	51	21 en Ecuador y 30 en Colombia. Indicador: talleres, cursos, días de campo y tours. Componente: Construcción de Capacidades
Pequeños agricultores vinculados directamente	Número personas Género: Masculino Femenino Otro	0 0 0 0	33 30 3 0	Proveedores de aguacate y de cítricos vinculados Indicador: personal capacitado. Componente: Construcción de Capacidades
Científicos vinculados al Proyecto	Número personas Género: Masculino Femenino Otro	0 0 0 0	27 16 11 0	Científicos que han tenido responsabilidades de supervisión de estudiantes, aprendices, técnicos y/o consultores.  Indicador: Fortalecimiento institucional Componente: Construcción de Capacidades
Pasantías de investigación	Número	0	7	Indicador: talleres, cursos, días de campo y tours. Componente: Construcción de Capacidades
Consultores vinculados al Proyecto	Número personas Género: Masculino Femenino Otro	0 0 6 0	14 8 6 0	Expertos que han tenido ejecutado consultorías en las distintas componentes del proyecto. Indicador: Fortalecimiento institucional Componente: Construcción de Capacidades

Relaciones suelo planta agua clima	Cantidad de registros	0	6719	Granadilla:(480 variables vegetativas de crecimiento y 2784 con tratamientos agronómicos vs. variables fisicoquímicas de granadilla; Aguacate: (720 variables vegetativas de crecimiento y 2735 sobre relaciones semejantes para aguacate. Indicador: Bases de datos con información agronómica
Web stories para diseminar resultados	Número web stories	0	1	El documento que estamos trabajando Indicador: Sitio web, plataformas y sistemas de gestión de la información. Componente: Construcción de Capacidades
Páginas web del proyecto	Número página web	0	3	Página frutalesandinos, micrositio del proyecto y página del congreso IICTA 2020 Indicador: Sitio web, plataformas y sistemas de gestión de la información. Componente: Construcción de Capacidades
Videos para informar, capacitar o diseminar resultados	Número de videos	0	69	Indicador: Sitio web, plataformas y sistemas de gestión de la información. Componente: Construcción de Capacidades
Imágenes informativas para redes sociales (ecards, infografías)	Número de imágenes	0	91	Indicador: Sitio web, plataformas y sistemas de gestión de la información. Componente: Construcción de Capacidades
Apariciones en medios	Número notas	0	3	Indicador: Sitio web, plataformas y sistemas de gestión de la información. Componente: Construcción de Capacidades
Artículos, presentaciones y publicaciones técnicas	Número documentos	0	64	19 artículos publicados, 5 sometidos,9 capítulos de libro, 22 ponencias orales y 9 posters Indicador: Artículos, presentaciones y publicaciones



				técnicas. Componente: Construcción de Capacidades
Número de redes sociales creadas	Número	0	3	Facebook, twitter, youtube Indicador: Sitio web, plataformas y sistemas de gestión de la información. Componente: Construcción de Capacidades
Tesis de maestría y doctorado concluidas	Número de tesis	0	7	5 doctorado (3 sustentadas, 2 en curso, Maestría (5 sustentadas, en curso) Indicador: Artículos, presentaciones y publicaciones técnicas. Componente: Construcción de Capacidades
Análisis sensoriales	Número de estudios	0	3	Indicador: Bases de datos de información bromatológica. Componente: Industrial
Estudios de caracterización química	Número de estudios	0	7	Indicador: Bases de datos de información bromatológica. Componente: Industrial
Estudios de caracterización de bioactivos	Número de estudios	0	5	Indicador: Bases de datos de información bromatológica. Componente: Industrial
Estudios de vida de anaquel	Número de estudios	0	8	6 estudios fruta fresca 2 estudios derivados de frutas Indicador: Datos de tecnologías, producción y conservación de alimentos Componente: Industrial
Fincas certificadas	Número fincas	5	32	Certificados Global GAP Indicador: Tecnologías para el manejo integrado de plagas Componente: Producción
Estudios de Mercado	Número estudios	0	1	Indicador: Estudios, encuestas, diagnósticos basales Componente: Socioeconómico



## Hallazgos Destacados

Con el riego por goteo y fertirriego se fortalece el crecimiento y vigor de las de las plántulas de frutales, evidenciado en los índices de sus variables vegetativas. Así mismo, se adelanta su primera cosecha y se logran características de calidad de fruto y de productividad muy por encima de las que se obtienen con prácticas de cultivo convencionales. Además de estas ventajas, las estimaciones en las categorías de huella de carbono, contaminación de suelo y de fuentes de agua, indican que estas técnicas tienen menores impactos ambientales que el que hacen los correspondientes cultivos convencionales.

Para el aguacate y la granadilla, los consorcios microbianos estudiados produjeron excelentes resultados en el crecimiento de las plántulas. Varios plaguicidas comerciales utilizados en aguacate requieren tiempos de carencia mayor que los recomendados en su etiqueta para evitar residualidades de agroquímicos en fruta fuera de normatividad.

Según los resultados de las investigaciones realizadas sobre las opciones de agregación de valor a la fruta no comercializable y a sus residuos agrícolas y agroindustriales (que incluyeron procesos independientes y procesos integrados bajo el esquema de biorefinería), estas tienen asociadas importantes beneficios económicos, ambientales y sociales, no solo para los actores de las cadenas frutícolas, sino para la sociedad en general.

## Historias en el campo

Wilmar Madrid, agricultor familiar de Apía, Risaralda, Colombia, quien lleva más de una década dedicado al cultivo de aguacate, ha sufrido en sus predios los efectos del cambio climático. En 2015 y 2016 las inusuales y largas temporadas de sequía, seguidas por fuertes lluvias le generaron problemas de pudrición radicular, antracnosis y trips ocasionándole importantes pérdidas económicas. En su finca el proyecto instaló una granja de fertirriego (40 árboles) y le hizo acompañamiento para la mejora de sus buenas prácticas agrícolas. Don Wilmar observó aumento en la productividad alrededor del 40%, reducción de costos de alrededor del 30% e incremento en el tamaño y en la relación parte comestible/fruta en el aguacate (respuestas del cultivo fertirrigado respecto de las medidas para el cultivo con fertilización edáfica) por lo que invirtió en la ampliación del área irrigada que finalizando 2020 era de aproximadamente de 1 Ha (204 árboles).

Gracias a las modificaciones de los períodos de carencia de agroquímicos para aguacate, derivados de un estudio hecho en el marco del proyecto y coordinado por el coejecutor FLP, los lotes de fruta de exportación recibidos han tenido una reducción de rechazos por residualidad de un 40%, con el consecuente beneficio para proveedores de fruta y la empresa.



## Discusión

### **Componente 1. Tecnologías para los Sistemas de Producción Frutícolas.**

La caracterización de la línea base de los productores de cítricos y de aguacate de la región en términos generales permitieron analizar el contexto para la implementación de los sistemas de riego en estos cultivos, analizando información como los años de experiencia, los conocimientos adquiridos en temas de riego, la facilidad en la consecución de insumos e inversiones, el acompañamiento técnico, las prácticas de manejo del agua entre otras que permitieron concluir la necesidad presentada de este tipo de metodologías en estos cultivos por las variaciones climáticas tan marcadas presentadas en los últimos años pero con un acompañamiento y capacitación continua sobre las dinámicas del agua y su relación con el cultivo (Viera et. al., 2021).

Uno de los trabajos tuvo como objetivo estudiar el efecto de la interacción genotipo x ambiente sobre los rasgos de calidad del fruto de siete poblaciones sobre el rendimiento y la calidad del fruto de siete poblaciones de maracuyá en diferentes localidades productivas ecuatorianas. Las variables fueron evaluadas durante un periodo de nueve meses (Altura de planta (cm), Índice de verdor (SPAD), área foliar (cm<sup>2</sup>), concentración foliar de macro y micro nutrientes (% y ppm)).

El análisis de varianza evidenció significancia estadística en la interacción N x K, para la altura de la planta, índice de verdor y área foliar en las diferentes fechas de monitoreo, según los días después del trasplante (ddt). En contraste, el diámetro del tallo no registró diferencias significativas para los efectos simple del N y K, ni para la interacción N x K en los diferentes tratamientos (Viera et al., 2020).

Debido a la alta demanda de nitrógeno y potasio de plantas de granadilla cultivar “Colombiana”, en este cultivo se evaluó el efecto de dos niveles de estos nutrientes en la fase de crecimiento. Los tratamientos se hicieron mediante fertirrigación y los resultados obtenidos mostraron, respecto de la altura y diámetro del tallo que no hubo diferencia significativa para los efectos simples e interacciones N x K durante el ensayo; para el índice de verdor y área foliar se observaron diferencias significativas en la interacción N x K a los 80 (índice de verdor) y 170 ddt para ambas respuestas. Respecto de la concentración de nutrientes, nuevamente las interacciones N x K evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos se observaron después de 180 ddt para los minerales monitoreados (Gaona-Gonzaga et al., 2020).

### **Componente 2. Tecnologías Agroalimentarias y Desarrollo De Productos.**

De la comparación de la evolución de parámetros de calidad (pérdida de peso, firmeza, pH, sólidos solubles y cambio de color) del maracuyá cultivado de forma convencional (MC) y el maracuyá orgánico (MO) durante 10 días de almacenamiento ( $20,0 \pm 1,0$  ° C y  $85,0 \pm 2,0\%$  de humedad relativa), sólo hubo diferencias significativas en el cambio de color, que fue más acentuado en el MC (Méndez, Orrego y Giraldo, 2019).



En la elaboración de yogur y barras de cereal endulzados con salsa de gulupa proveniente de frutos con diferentes estados de madurez, estos productos fueron evaluados sensorialmente por un panel de 101 consumidores, de edades entre los 18 y 54 años, por medio de la escala hedónica facial de 5 puntos. Los tratamientos evaluados fueron T1: barras endulzadas con salsa de gulupa al 30 % de madurez; T2: barras endulzadas con salsa de gulupa al 50 % de madurez; T3: barras endulzadas con salsa de gulupa al 70 % de madurez, y T4: barras endulzadas con salsa de gulupa al 100 % de madurez). Referente al grado de aceptación de las barras de cereal, el tratamiento T3 fue el que recibió la mayor calificación en la escala hedónica facial (4: me gustó) con un 51.49 % de los evaluadores, seguido por los tratamientos T1, T4 y T2 con porcentajes de 45.54 %, 38.61 % y 37.62 %, respectivamente. Estos resultados demuestran que todos los tratamientos fueron aceptados por los evaluadores, y que se podrían utilizar gulupas en cualquier estado de madurez para endulzar el producto (Escobar, 2020).

En el estudio de puré de aguacate congelado se monitoreó el efecto del almacenamiento sobre la actividad enzimática de poli-fenol-oxidasa-PPO- y peroxidasa –POD- para los purés. La actividad residual de PPO disminuyó con el tiempo tanto para todos los tratamientos. Con el uso de microondas la actividad PPO se inhibió completamente después del tratamiento. Para los otros tratamientos, el PPO se inhibió completamente después de 6 meses de congelación. Esto significa que en los purés tratados prácticamente se suprime la oxidación de polifenoles antes de los 180 días en comparación con los controles. El análisis de ciclo de vida de puerta a puerta y de cuna a puerta se realizó utilizando los resultados del inventario obtenidos de una simulación del proceso.

Los residuos biológicos de la operación fueron los principales aportantes al impacto ambiental en el análisis puerta a puerta y representan el 93,6% de la contribución total (Ospina, Ortiz y Orrego, 2019).

El escaldado asistido por ultrasonido (UAB) en la liofilización de rodajas de guayaba liofilizadas (DGS) afectó el tiempo total de procesamiento (TPT), las actividades de las enzimas polifenol oxidasa (PPO) y peroxidasa (POD) y la actividad antioxidante (AA). El TPT disminuyó significativamente para dos tiempos de exposición a UAB. Además, a 65 ° C y 10 min de UAB se observó una reducción del  $36,0 \pm 2,0\%$  y  $99,5 \pm 1,0\%$  en PPO y POD, respectivamente. Las muestras tratadas con UAB resultaron con menores contenido de polifenoles y AA. La UAB disminuyó el consumo de energía durante el proceso (Álvarez, Ospina y Orrego, 2019).

Se extrajeron fibras de los tallos de plantas de maracuyá a las que aplicaron dos tratamientos de homogeneización (con y sin ultrasonido). Los productos obtenidos se caracterizaron con la metodología TAPPI y también se analizaron mediante SEM, FTIR y XRD. Una enzima (tripsina) fue posteriormente inmovilizado por adsorción y por unión covalente sobre las fibras. El biocatalizador de soporte-tripsina se evaluó en términos de rendimiento de inmovilización, retención y actividad enzimática. Los resultados experimentales de la extracción y adecuación mecánica de fibras de los tallos de plantas de maracuyá demostraron que puede obtenerse un material con concentración de celulosa 44% mayor que la que tienen los tallos crudos. Las nanofibras de celulosa obtenidas presentaron una distribución de tamaños entre 20-200 nm. La tripsina inmovilizada con glicidol presentó un rendimiento de inmovilización del 67% y mostró mayor retención y actividad enzimática ( $1,17 \pm 0,05$  U / mg de proteína y  $44,0 \pm 2,0\%$ , respectivamente) (Rodríguez- Restrepo et al., 2020).

Cuando se compararon cuatro materiales biocompuestos rellenos con fibra natural derivada de residuos de post cosecha en resina de poliéster, según el análisis multicriterio de Shannon, el criterio con mayor



peso fue la absorción de agua, seguido de los resultados de los análisis de ciclo de vida-LCA- y de ciclo de vida de costos-LCC, y la resistencia a la tracción. El material de mejor puntuación según esta metodología resultó ser el poliéster, seguido de los materiales biocompuestos rellenos con fibra natural y caolín, fibra natural tratada, fibra natural tratada + caolín y fibra natural tratada (Rodríguez et al., 2018b).

### **Componente 3. Análisis Técnico, Económico y Ambiental del Impacto del Aprovechamiento de la Biomasa Derivada de la Industrialización de la Fruta.**

La discusión detallada de los aspectos técnicos, económicos y ambientales de las alternativas de biorefinerías de menor y mayor complejidad analizadas para cáscaras de naranja, maracuyá y aguacates de rechazo se puede consultar en el documento del producto 12 (Orrego y Cardona, 2020) y sus artículos asociados (Caballero, Orrego y Cardona, 2017; Caballero et al., 2019; Chacón, et al., 2017; Marulanda et al., 2017; Ortiz-Sánchez et al., 2020a; Ortiz-Sánchez et al., 2020b, y Ortiz-Sánchez et al., 2021).

Los biocompuestos con fibra de residuos de post cosecha (F) fueron considerados en un caso de estudio con una empresa colombiana de envases plásticos que produce tapas desechables de frascos que contienen alimentos. Con el uso de biocompuestos se reduciría el uso de productos no renovables y no biodegradables en las tapas, al usar una matriz plástica de polietileno de alta densidad-HDPE-sintético / ácido poliláctico-PLA-biopolímero que fue rellena con fibra como una forma de lograr un equilibrio entre aspectos ambientales y económicos, preservando las características técnicas de las tapas. Las mezclas evaluadas para la fabricación contenían F (10–40%), PLA (30% –60%) y HDPE (30% - 60%), que se compararon con las del polímero y biopolímero puros. En general, para todas las tapas, los impactos ambientales más importantes fueron, en orden decreciente, en los recursos, en la salud humana y en los ecosistemas. La inclusión de fibras de residuos en las tapas influyó positivamente en el impacto ambiental ya que cuanto mayor es su contenido, menor es el impacto. En cuanto al análisis económico, y dado que la forma de extracción y acondicionamiento de la fibra exige mucha mano de obra no calificada, en contraste con producción industrial altamente automatizada de PLA y HDPE, hay margen para la reducción de costos, en la medida que la producción de fibra se automatice para permitir así una operación rentable. Desde lo técnico, el material con la puntuación más alta en la evaluación del desempeño fueron las tapas con 40% de F, 30% de PLA y 30% de HDPE. Por el contrario, la peor puntuación fue atribuido a las tapas con 10% de F, 40% de PLA y 40% de HDPE (Rodríguez et al., 2021).

Otros casos de estudio bajo la metodología IPCC2013 para el análisis de huella de carbono fueron los cultivos de gulupa y aguacate Hass con y sin fertirrigación (Falguera et al., 2021), a partir de los cuales se generó un aplicativo en línea para el cálculo de huella de carbono, extensible a otros cultivos (<http://co2.watman.pro/>).

### **Componente 4. Gestión y Transferencia de Conocimientos y Tecnologías.**

Los niveles de madurez tecnológica (TRL, Technology Readiness Level por sus siglas en idioma inglés) son usados por la Unión Europea, la NASA y la agencia de defensa de los Estados Unidos para medir la escala de innovación de los productos de un proyecto (estándar ISO 16290: 2013).

Las innovaciones generadas en el proyecto van desde el TRL4 (Tecnología validada en laboratorio) a TRL9 (Sistema real probado en el entorno operativo). Están en TRL 4 diecinueve productos del área de alimentos: Mezclas de frutas con granadilla, polvos deshidratados de maracuyá, aroma encapsulado de



maracuyá Productos con gulupa: Salsa, yogurt, helado, barras de cereal, postre, torta fría con salsa, aromática líquida, salsa picante, salsa agridulce, chocolates rellenos y vino. Fibra dietaria, Pan de molde con granadilla y grasa de aguacate, pan de molde con maracuyá y grasa de aguacate, y salsas aderezos de granadilla y de maracuyá. Tres productos cosméticos (crema para manos exfoliante e hidratante, labial hidratante, jabón exfoliante), y cuatro de otras áreas (Bio-compuesto, soporte catalítico con tallos de maracuyá, soporte catalítico con el biocompuesto y bioplástico con semillas de aguacate).

Se encuentran en TRL6 (Tecnología demostrada en un entorno relevante), tres derivados de fruta (pasta de aguacate, las barras de fruta energizantes y los polvos liofilizados de granadilla), cuatro metodologías de fertirriego (dos de aguacate, una de gulupa y una de granadilla) y tres materiales promisorios de maracuyá (EPM7, EPM10 y EPM19). A nivel industrial se desarrollaron y estandarizaron zumos de naranja, mandarina y limón sin conservantes. Uno los co-ejecutores (FLP) realizó inversiones para ampliar y acondicionar sus líneas de producción para introducirlos en el mercado, con la generación de cuatro nuevos empleos directos; estos tres productos están en TRL9 (Sistema real probado en el entorno operativo, con fabricación competitiva).

El Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, aliado del proyecto, tiene un programa para capital semilla de innovaciones (Fondo Emprender). En el período de ejecución del proyecto ha asesorado y recibido cinco propuestas para montaje/mantenimiento de unidades productivas de gulupa para exportación y uno para la elaboración de un producto comestible a partir de aguacate. En abril de 2020 se había aprobado capital semilla para dos unidades productivas de gulupa para exportación. Las demás están en etapa de elaboración del plan de negocios.



## Conclusiones

### Componente 1. Tecnologías Para los Sistemas de Producción Frutícolas

En relación con el estudio del efecto de la interacción genotipo x ambiente sobre los rasgos de calidad del fruto de siete poblaciones de maracuyá en diferentes localidades productivas Ecuatorianas, hubo una alta interacción genotipo x ambiente que se expresó en los rasgos de rendimiento y calidad del fruto de las poblaciones evaluadas. Es decir, hubo un efecto genotipo x ambiente altamente significativo; por tanto, la variación observada en el comportamiento de las poblaciones evaluadas se debió a la adaptación de los genotipos a las condiciones de las distintas localidades (Viera et al., 2020).

La fertirrigación para suministrar nitrógeno y potasio a plantas de granadilla cultivar “Colombiana”, demostró que las dosis altas de nitrógeno y potasio ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y su interacción tuvieron los valores más altos en las variables: altura de planta (1,74 m), índice de verdor (59,07 SPAD), área foliar ( $151,03 \text{ cm}^2$ ) y concentración foliar de nutrientes (4,13% N y 4,10 %K) (Gaona-Gonzaga et al., 2020).

En otro de los trabajos en Ecuador se evidenció excelentes respuestas en la evolución de las variables vegetativas y en la calidad de los frutos donde en aguacate se logró la primera producción a los dos años en contraste con los tres años que se generalmente requiere; en granadilla la productividad en granja de fertirriego fue de 15 ton/ha-año, un 50% superior a la media Ecuatoriana (10 ton/ha-año). En Colombia se evaluó la respuesta de un cultivo en producción de aguacate Hass a la aplicación de los fertilizantes por fertirrigación. La producción por Ha-año de las plantas con fertirriego fue 15.6 (cosecha 2020) superando la de línea base (8.5, año 2018) con tamaño medio y calidad de fruta mejoradas.

### Componente 2. Tecnologías Agroalimentarias y Desarrollo de Productos.

Los parámetros de calidad en las condiciones de almacenamiento estudiadas evolucionan de manera similar para el maracuyá procedente de un cultivo orgánico o convencional. Sin embargo, la velocidad del cambio de color para el maracuyá convencional fue mayor que para el maracuyá orgánico, lo que puede ser una ventaja para la comercialización de la fruta orgánica (Méndez, Orrego y Giraldo, 2019).

En la elaboración de yogur y barras de cereal endulzados con salsa de gulupa los resultados obtenidos permitieron concluir que, para el yogur, lo más recomendable es endulzar con frutas maduras, o incluso sobremaduras, mientras que para las barras de cereal lo ideal es usar gulupas con un estado de maduración del 70% (Escobar, 2020).

En la producción de pulpa de aguacate congelada los tratamientos con ácido cítrico o microondas son opciones eficaces para reducir la actividad enzimática residual de las enzimas causantes del pardeamiento y consecuente cambio de color del producto empacado y almacenado en congelación. El análisis de ciclo de vida mostró que en el impacto ambiental de este derivado de fruta la etapa que generalmente aporta las mayores contribuciones es la del cultivo y cosecha de la fruta, por encima del proceso de fabricación cuyo aporte suele ser menor (Ospina, Ortiz y Orrego, 2019). La liofilización conserva la calidad de una fruta en mayor medida que otras técnicas de secado.



Aunque el uso de la liofilización es limitado por sus altos costos de inversión y operación, en el estudio de escaldado asistido (UAB) se demostró que esta técnica puede reducir notablemente el tiempo total de liofilización de rodajas de guayaba en relación con el obtenido sin este tratamiento. Además, debido a la inhibición enzimática lograda por la UAB, el color del material seco (que es un parámetro importante para el consumidor) se conservó durante el almacenamiento. Aunque el UAB requiere de un equipo adicional y mayores costos de personal, la reducción significativa de los costos de liofilización hace que la inversión sea recuperada rápidamente (Álvarez, Ospina y Orrego, 2019).

Los protocolos empleados demostraron que es posible obtener nanofibras de celulosa a partir de tallos de maracuyá que no cambian de composición química por los procesos físicos de homogenización con o sin ultrasonido. La inmovilización covalente de la enzima tripsina usando glicidol como reactivo de activación permitió obtener un sistema proteolítico eficiente y estable utilizando la celulosa de los tallos de maracuyá, por lo que este desperdicio de cultivo puede ser un soporte potencial para la inmovilización de la tripsina con fines industriales (Rodríguez- Restrepo et al., 2020).

Entre las alternativas de biocompositos rellenos con fibras naturales (tratadas y no tratadas) procedentes de materiales de post cosecha, la alternativa con 15% fibra+caolinita, sin pretratamiento químico, resultó ser la mejor opción porque ofrece menores costos de producción e impacto ambiental que los restantes. Sin embargo, este material es menos resistente a la tracción y tiene mayor absorción de agua respecto del poliéster. Las otras alternativas de biocompuestos analizadas tienen peores resultados en costos e impacto ambiental debido al efecto del pretratamiento químico de las fibras (Rodríguez et al., 2018b).

### **Componente 3. Análisis Técnico, Económico y Ambiental del Impacto del Aprovechamiento de la Biomasa Derivada de la Industrialización de la Fruta.**

La evaluación técnica energética y económica de las biorefinerías analizadas a partir de residuos obtenidos durante la cosecha, postcosecha y procesamiento industrial (residuos de cáscara de naranja, residuos de cáscara de maracuyá y aguacate de rechazo) demostró el potencial de estas materias primas para ser aprovechadas como aceite esencial ampliamente utilizado en la industria farmacéutica y de alimentos, pectina cítrica y de maracuyá y un vector energético que presenta gran acogida a nivel industrial para potencializar los procesos agroindustriales y cerrar el ciclo de vida del fruto ( Orrego y Cardona, 2020).

Respecto de las tapas de frascos fabricadas con materiales compuestos con fibra de residuos de postcosecha, la evaluación técnica, económica y ambiental de su material indicó que, en la dimensión ambiental, el menor impacto fue alcanzado por las tapas con el mayor contenido de fibra. Por el contrario, los costos del ciclo de vida aumentan con mayor porcentaje de fibra con respecto a las tapas hechas con HDPE. En cuanto al rendimiento técnico, el comportamiento depende no solamente del porcentaje de fibra, sino con las cantidades de PLA y HDPE. Las mezclas extremas (contenido de fibra más bajo y más alto) aparecieron como mejores alternativas por el método del diagrama ternario (Rodríguez et al., 2021).

Para los industriales y otros grupos de interés en las cadenas frutícolas Andinas estudiadas queda disponible la información respecto de las alternativas de agregación de valor para residuos de cosecha, fruta fresca no comercializable y los subproductos de su agroindustrialización. Cada una de estas opciones, de ser implementada, le permitirían a la fruticultura regional dar un paso adelante en su competitividad y hacer un importante aporte al alcance los objetivos de desarrollo sostenible.

### **Componente 4. Gestión Y Transferencia De Conocimientos Y Tecnologías.**



El proyecto Productividad y Competitividad Frutícola Andina buscó integrar el sector agro y el académico, llevando el conocimiento y la ciencia a los productores de frutas de tal forma que se aprovechen los escenarios planteados para aumentar la eficiencia de su producción. Las visitas técnicas y los días de campo desarrollados por los expertos responsables del proyecto apoyados por la academia, empresas y gobierno, contaron con amplia participación de los pequeños y medianos agricultores. En ellas se profundizaron temas de interés para el agricultor como manejo de malezas, uso del agua, aplicación de fertilizantes, entre otros. Este modelo de enseñanza facilitó la interacción y reforzó las sinergias entre estos grupos de interés de las cadenas frutícolas, para acercarlos a soluciones a sus problemas, que generalmente son complejos y comprenden aspectos técnicos, económicos, comerciales, sociales y ambientales.

Los simposios, congresos, conferencias y talleres permitieron a actores públicos, universidades, empresa privada, estudiantes y productores obtener conocimientos a partir de los resultados del proyecto sobre las nuevas tecnologías aplicadas en cultivos frutales, así como intercambiar experiencias en beneficio del sector frutícola del Ecuador, Perú y Colombia. Fueron en conjunto espacios propicios para interactuar y capacitar a agricultores, miembros del equipo del proyecto, estudiantes, técnicos y aprendices.

En relación los numerosos productos de agregación de valor en los eslabones de producción y transformación de las cadenas frutícolas, las innovaciones generadas en el proyecto van desde los niveles 4 (Tecnología validada en laboratorio) a 9 (Sistema real probado en el entorno operativo) de madurez tecnológica (TRL, Technology Readiness Level por sus siglas en idioma inglés). En TRL 4 están diecinueve productos del área de alimentos, mientras que en TRL6 (Tecnología demostrada en un entorno relevante), tres derivados de fruta (pasta de aguacate, las barras de fruta energizantes y los polvos liofilizados de granadilla). En ese mismo nivel –TRL 6- están cuatro metodologías de fertirriego (dos de aguacate, una de gulupa y una de granadilla) y tres materiales promisorios de maracuyá (EPM7, EPM10 y EPM19). A nivel industrial se desarrollaron y estandarizaron zumos de naranja, mandarina y limón sin conservante, tres productos que llegaron hasta TRL9. El Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, aliado del proyecto, tiene un programa para capital semilla de innovaciones (Fondo Emprender). En el período de ejecución del proyecto ha asesorado y recibido cinco propuestas para montaje/mantenimiento de unidades productivas de gulupa para exportación y uno para la elaboración de un producto comestible a partir de aguacate. En abril de 2020 se había aprobado capital semilla para dos unidades productivas de gulupa para exportación. Las demás están en etapa de elaboración del plan de negocios.



## Recomendaciones

Los investigadores del proyecto se encargarán de dar continuidad a estas pruebas utilizando otras fuentes institucionales o externas de financiación. Particularmente en los ensayos de fertirriego de aguacate, según las respuestas evaluadas y analizadas, se pudo establecer que el diámetro de tallo, el incremento de tallo, el color de las hojas y el diámetro de copa, pueden considerarse como parámetros vegetativos en próximas investigaciones, pues estas presentaron diferencias significativas entre los tratamientos establecidos en el estudio. También para el futuro se recomienda seleccionar únicamente plantas con la misma edad desde la fecha de trasplante, para tener una mejor homogeneidad y esta diferencia de desarrollo no afecte en los resultados del ensayo.

Para que las propuestas de productos de transformación de frutas y sus residuos logren un impacto real en las cadenas frutícolas es necesario que entre los co-ejecutores o aliados del proyecto haya empresas transformadoras.

Fue muy importante la participación de estudiantes y aprendices (aproximadamente la mitad fueron mujeres) en las distintas actividades. Con sus tareas se dio un auténtico efecto dinamizador y multiplicador que además va a contribuir a que los efectos benéficos del proyecto permanezcan en el tiempo. Se considera además que la formación y el entrenamiento de este grupo de jóvenes es un aporte del proyecto al problema del relevo generacional en el campo. Se sugiere a FONTAGRO que exhorte a los investigadores incrementar la vinculación de jóvenes (agricultores, aprendices, estudiantes y profesionales) a sus proyectos.



## Referencias Bibliográficas

Alvarez, C., Ospina, S., & Orrego, C. E. (2019). Effects of ultrasound-assisted blanching on the processing and quality parameters of freeze-dried guava slices. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(12), e14288

Arias, D., Orrego, C. E. (2020). Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 14. Informe de registro documental de participación en medios de prensa, radio, televisión, y redes sociales posicionamiento de marca del proyecto. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111\\_-\\_Producto\\_14.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_14.pdf).

Asohofrucol. Asociación Hortifrutícola de Colombia (n.d). <https://www.asohofrucol.com.co/>

Bermeo, L., Brito, B., Cardona, A., Orrego, C. (2020). Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 10. Informe de tecnologías agroalimentarias y procesos de industrialización de la fruta fresca y sus derivados, con la descripción de los nuevos prototipos de productos alimentarios y no alimentarios obtenidos. Parte 1. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111\\_-\\_Producto\\_10\\_1.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_10_1.pdf).

Caballero, A.S., Orrego, C.E., Cardona C.A. (2017) Economic Assessment of Polyphenolic Compounds Production at Different Purities and Applications. En Patricia Clark (Editor), *Economic Assessment of Polyphenolic Compounds Production at Different Purities and Applications* (pp. 1-20). Nova Publishers. <https://novapublishers.com/shop/polyphenolics-food-sources-biochemistry-and-health-benefits/>.

Caballero, A. Ortiz-Sánchez, M., Orrego C. E., Cardona, C.A. (2019) Potential of antioxidants for functional beverages to improve health through good business. En Alexandru Mihai Grumezescu, Alina Maria Holban (Editors) *Value-added ingredients and enrichments of beverages* (pp. 325-352). Academic Press-Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128166871000102>.

Chacón, Y. Tamayo, J., Cardona, C. A. (2017). Performance of sugarcane processing through an integrated biorefinery. En Rachel Murphy (Editor) *Sugarcane: Production Systems, Uses and Economic Importance* (pp. 217 – 248). Nova Science Publishers. <https://novapublishers.com/shop/sugarcane-production-systems-uses-and-economic-importance/>.

Cochran, W. G. (1996). *Técnicas de muestreo*. Compañía Editorial Continental S.A. México DF, 513 p.

El Comercio (2016). Perú es el octavo productor mundial de frutas y hortalizas. <https://elcomercio.pe/economia/peru/peru-octavo-productor-mundial-frutas-hortalizas-209943-noticia/>.

Escobar, L. P. B. (2020). Evaluación de la influencia del grado de madurez de la gulupa (*Passiflora edulis Sims*) sobre la aceptación sensorial en productos alimenticios. *Enfoque UTE*, 12(1), 29-43.

Falguera, V., Fonseca, F., Ospina, S., Carvajal, J. C., Hernández, V., Orrego, C. E. (2020). Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 11. Estudio de balance hídrico, nutrientes y huella de carbono en las cadenas de fruta. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111\\_-\\_Producto\\_11.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_11.pdf).

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d). FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.

Fonseca, F., Gonzáles, A., Falguera, V., Orrego, C. (2020). Productividad y competitividad frutícola



Andina. Producto 1: Informe de implementación del sistema de fertirrigación en los sitios experimentales. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111\\_-\\_Producto\\_1.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_1.pdf).

Fontagro. Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria. (2013). Proyecto Frutales Comerciales Andinos. <https://www.fontagro.org/new/proyectos/frutales-comerciales-andinos>.

Fontagro. Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria. (2015). PMP 2015-2020. <https://www.fontagro.org/es/documentos-institucionales/pmp/pmp-2015-2020/>.

Fontagro. Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria. (2016). Proyecto Productividad y Competitividad Frutícola Andina. <https://www.fontagro.org/new/proyectos/productividad-y-competitividad-fruticola-andina>.

Fontagro digital. Repositorio de recursos digitales. (n.d.). <https://digital.fontagro.org/>.

Frutales Andinos (n.d.). Videos [Canal de YouTube]. Obtenido de <https://www.youtube.com/channel/UCi-FTtcnLR2HhO7Mr54BjRA/videos>.

Gaona, P., Vásquez, L., Morales, C., Viera, W., Viteri, P., Sotomayor, A., ... & Cartagena, Y. (2020a). Efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicados por fertirriego en las variables de crecimiento y concentración de macro y micronutrientes en plantas de aguacate (*Persea americana* mill.) Var. Hass. *Revista Ecuador es calidad*, 7(2), 1-8.

Gaona-Gonzaga, P., Vásquez-Rojas, L., Aguayo-Pacas, S., Viera-Arroyo, W., Viteri-Díaz, P., Sotomayor-Correa, A., Medina-Rivera L., Mejía-Bonilla P., Cartagena-Ayala, Y. (2020b). Respuesta del cultivo de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) cultivar “Colombiana” al suministro de nitrógeno y potasio por fertirriego. *Manglar*, 7(1), 75-82.

Howieson, J., Lawley, M., Hastings, K. (2016). Value chain analysis: an iterative and relational approach for agri-food chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, 21(3), 352–362. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SCM-06-2015-0220/full/html>.

Icontec. (2019) Frutas frescas. Aguacate variedad Hass. Especificaciones. <https://tienda.icontec.org/gp-frutas-frescas-aguacate-variedad-hass-especificaciones-ntc6345-2019.html>.

IICTA (2021). V Congreso Internacional en Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de los Alimentos. <http://iicta.manizales.unal.edu.co/>.

La Nación. (2015). Ecuador es el primer exportador de pulpa de maracuyá del mundo. <https://lanacion.com.ec/ecuador-es-el-primer-exportador-de-pulpa-de-maracuya-del-mundo/>.

La República. (2016). Empresas de UE interesadas en las frutas colombianas. <https://www.larepublica.co/economia/empresas-de-ue-interesadas-en-las-frutas-colombianas-2347346>.

Lau, C., Jarvis, A., Ramírez, J. (2011). Agricultura colombiana: adaptación al cambio climático. *CIAT Políticas en Síntesis*, 1, 1-4.

Legiscomex. (n.d.). <https://www.legiscomex.com/>.

Manrique, D., Viera, W., Orrego, C. (2020). Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 6. Informe técnico de pruebas de duración de postcosecha de la fruta. Disponible en: [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111\\_-\\_Producto\\_6.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_6.pdf).

Martínez, L. (1998). Manual De Fertirrigación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/28631/NR26416.pdf?sequence=1>.

Martínez-Guerrero, C. A. (2018). Uso de redes sociales en las revistas científicas de la Universidad de Los Andes, Venezuela. *Revista e-Ciencias de la Información*, 8(1),32-52.[fecha de Consulta 21 de Septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476854589003>.

Marulanda, V.A., Gutiérrez, C.D.B., González, Á.A., Giraldo, O.H., Alzate, C.A.C. (2017). Using the



lignocellulosic biomass to obtain polyhydroxybutyrate as a biopolymer under the biorefinery concept. En Ajay Kumar Mishra, Chaudhery Mustansar Hussain, Shivani Bhardwaj Mishra (Editores) Biopolymers: Structure, Performance and Applications (pp. 115 – 137). Nova Science Publishers. <https://novapublishers.com/shop/biopolymers-structure-performance-and-applications/>.

Méndez, E. K., Orrego, C. E., & Giraldo, G. I. (2019). Organic versus conventional: a comparative study on the shelf life of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) crops. *International Food Research Journal*, 26(2).

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Minagricultura (2015). Exportaciones colombianas de aguacate Hass triunfan en Europa. <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Exportaciones-aguacate-triunfan-en-Europa.aspx>.

Minagricultura. (2019). Agronet. Reporte: Área, Producción y Rendimiento Nacional Por Cultivo. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (n.d.). <https://www.agricultura.gob.ec/>.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (n.d.). Anuarios. <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicaciones/datos-estadisticas/anuarios/category/26-produccion-agricola>.

Orjuela, J. A., Castañeda, C. A., Calderón, M. E. (2008). Análisis de la cadena de valor en las estructuras productivas de uchuva y tomate de árbol en la Provincia de Sumapaz y el Distrito Capital. *Ingeniería*, 13(2), 4–12.

Orrego, C. E., Cardona, C. A. (2020). Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 12. Informe técnico sobre propuestas de desarrollo de biorefinerías a partir del uso de residuos de cosecha, postcosecha e industrialización de la fruta fresca, para su aprovechamiento en la producción de energía u otros subproductos. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111\\_-\\_Producto\\_12.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_12.pdf)

Orrego, C. E., Díaz, M. S., Bermeo, L. P. (2019). Informe documental de individuos capacitados en talleres, días de campo, seminarios y otras actividades realizadas en el proyecto. Producto 13. Ferias de prototipos de productos. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111\\_-\\_Producto\\_13\\_2019\\_31.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_13_2019_31.pdf).

Orrego, C. E. (comp.), Díaz, M. S. (comp.). (2020). Informe documental de individuos capacitados en talleres, días de campo, seminarios y otras actividades realizadas en el proyecto. Producto 13. I Simposio Intensificación sostenible de la fruticultura andina- Jornada de la mañana. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111\\_-\\_Producto\\_13\\_2020\\_11.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_13_2020_11.pdf)

Orrego, C. E., Rodríguez, Y. A., Brito, B., Rodríguez, L. J. (2020). Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 10. Informe de tecnologías agroalimentarias y procesos de industrialización de la fruta fresca y sus derivados, con la descripción de los nuevos prototipos de productos alimentarios y no alimentarios obtenidos. Parte 2. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111\\_-\\_Producto\\_10\\_2.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_10_2.pdf)

Orrego, C. E., Rodríguez, Y., Zemanate, K., Rodríguez, L. J. (2021). Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 3: Informe técnico de resultados sobre la productividad alcanzada por cultivo y por país. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111\\_-\\_Producto\\_3.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_3.pdf).

Orrego, C. E., Salgado, N. (2020a). Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 4. Nota técnica de sitio web con sistema de información geográfica y base de datos con información por cadena de valor, zona de producción, y estrategias de manejo agronómica sostenible, para cada fruta. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111\\_-\\_Producto\\_4.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_4.pdf).

Orrego, C. E., Salgado, N. (2020b). Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 15. Artículos. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111\\_-\\_Producto\\_15.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_15.pdf)



Orrego, C. E., Salgado, N., Diaz, M. S. (2020). Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 9. Estudio de mercado interno y externo de la fruta fresca y sus derivados. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111 - Producto 9.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_Producto_9.pdf).

Orrego, C. E., Sarmiento, L. F., Rodríguez, L. J., Viera, W. (2020). Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 5: Descripción de las Cadenas de valor del aguacate, cítricos y pasifloras en la zona de influencia del proyecto. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111 - Producto 5.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_Producto_5.pdf).

Ortiz, D. L., Batuecas, E., Orrego, C. E., Rodríguez, L. J., Camelin, E., & Fino, D. (2020). Sustainable management of peel waste in the small-scale orange juice industries: A Colombian case study. *Journal of Cleaner Production*, 265, 121587.

Ortiz-Sanchez, M., Solarte-Toro, J. C., Orrego-Alzate, C. E., Acosta-Medina, C. D., & Cardona-Alzate, C. A. (2020a). Integral use of orange peel waste through the biorefinery concept: an experimental, technical, energy, and economic assessment. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-15.

Ortiz-Sanchez, M., Solarte-Toro, J. C., Orrego-Alzate, C. E., Acosta-Medina, C. D., & Cardona-Alzate, C. A. (2020b). Integral use of orange peel waste through the biorefinery concept: an experimental, technical, energy, and economic assessment. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-15.

Ortiz-Sánchez, M., Solarte, C. Cardona, C. A. (2021). A comprehensive approach for biorefineries design based on experimental data, conceptual and optimization methodologies: The orange peel waste case. *Bioresource Technology*, 325, 124682.

Ospina, S., Ortiz, D. L., & Orrego, C. E. (2019a). Enzymatic Browning and Color Evolution in Frozen Storage of Two Kinds of Minimally Processed Avocado Puree. *International Journal of Food Engineering*, 15(11-12).

Ospina, S., Cardona, C. A., Orrego, C.E. (2019b) Prebiotics in Beverages: From Health Impact to Preservation. En Alexandru Mihai Grumezescu, Alina Maria Holban (Editors). *Preservatives and Preservation Approaches in Beverages* (pp.339-373) Academic Press-Elsevier <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128166857000112>.

Portafolio (2016). Agroindustria, el mayor potencial para exportar a la Unión Europea. <https://www.portafolio.co/economia/gobierno/potencial-productos-colombianos-exportarse-union-europea-492739>.

Procolombia (2016). Las 10 frutas que ProColombia ofrece esta semana en Alemania. <https://www.colombiatrader.com.co/noticias/las-10-frutas-que-procolombia-ofrece-esta-semana-en-alemania>.

Procolombia (n.d.). <https://procolombia.co/>.

Rincón, L.E., Cardona, C.A., Orrego, C.E. (2014) Special Requirements: Agricultural and Industrial Infrastructure. En Stephen L. Goldman (Editor) *Compendium of bioenergy plants: Corn* (pp. 78-117). CRC Press. <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/b16438/compendium-bioenergy-plants-stephen-goldman-chittaranjan-kole?refId=f487ecbf-cf7f-4eb9-a9ae-5bc2bbdf3ae2>.

Rodríguez, L. J., González, J.D., Carmona, E. Cardona, C.A., Orrego, C. E. (2018a) Valorisation of agricultural residues from Andean fruits: case studies. *Proceedings 6th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, NAXOS 2018*. [http://uest.ntua.gr/naxos2018/proceedings/pdf/NAXOS2018\\_Rodriguez\\_etal.pdf](http://uest.ntua.gr/naxos2018/proceedings/pdf/NAXOS2018_Rodriguez_etal.pdf).

Rodríguez, L. J., Orrego, C. E., Ribeiro, I., & Peças, P. (2018b). Life-cycle assessment and life-cycle cost study of banana (*Musa sapientum*) fiber biocomposite materials. *Procedia CIRP*, 69, 585-590.



Rodríguez, L. J., Fabbri, S., Orrego, C. E., & Owsianiak, M. (2020a). Comparative life cycle assessment of coffee jar lids made from biocomposites containing poly (lactic acid) and banana fiber. *Journal of environmental management*, 266, 110493.

Rodríguez, L. J., Fabbri, S., Orrego, C. E., & Owsianiak, M. (2020b). Life cycle inventory data for banana-fiber-based biocomposite lids. *Data in brief*, 30, 105605.

Rodríguez, L. J., Ospina, S., Ribeiro, I., Peças, P., & Orrego, C. E. (2021). Banana fibre-biocomposite applied to bottle lid case-life-cycle engineering model for material selection. *International Journal of Sustainable Engineering*, 1-12.

Rodríguez, L.J., Alvarez-Laínez, M.L., Orrego, C. E. (2021). Optimization of processing conditions and mechanical properties of banana fiber-reinforced polylactic acid/high-density polyethylene biocomposites. *Journal of Applied Polymer Science*. 2021, e51501.

Rodriguez-Restrepo, Y.A., Rocha, C.M.R., Teixeira, Orrego, C.E. (2020) Valorization of Passion Fruit Stalk by the Preparation of Cellulose Nanofibers and Immobilization of Trypsin. *Fibers and Polymers*, 21, 2807–2816.

Salazar, N. A., Fiszman, S., Orrego, C. E., & Tarrega, A. (2019). Evaluation of Some Ingredients and Energy Content on Front-of-Pack Cereal Bar Labeling as Drivers of Choice and Perception of Healthiness: A Case Study with Exercisers. *Journal of food science*, 84(8), 2269-2277.

SantanderTrade. (n.d.). <https://santandertrade.com/es>.

Shivashankara, K.S., Rao, N.K.S., Geetha, G.A. (2013). Impact of Climate Change on Fruit and Vegetable Quality. En H.C.P. Singh, K.S. Shivashankara, N.K.S. Rao (Editores), *Climate-Resilient Horticulture: Adaptation and Mitigation Strategies*. (pp 237-244). Springer, India. Disponible en: [https://scholar.google.com.co/scholar\\_url?url=https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html%3Fid%3D57ef61adf7b67e8c2850b455%26assetKey%3DAS%253A412276982075394%25401475305900769%23page%3D251&hl=es&sa=X&ei=wohMYZXZEHGsQLE9aGwAQ&scisig=AAGBfm0SS\\_TJcYgo0x6gb6zMxa5wgOoRfQ&oi=scholarr](https://scholar.google.com.co/scholar_url?url=https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html%3Fid%3D57ef61adf7b67e8c2850b455%26assetKey%3DAS%253A412276982075394%25401475305900769%23page%3D251&hl=es&sa=X&ei=wohMYZXZEHGsQLE9aGwAQ&scisig=AAGBfm0SS_TJcYgo0x6gb6zMxa5wgOoRfQ&oi=scholarr).

Tobasura, I., Ospina, C. (2013). Cadena de la mora en Caldas, Colombia: beneficios e impactos. *Eutopía. Revista De Desarrollo Económico Territorial*, (2), 81-100. <https://doi.org/10.17141/eutopia.2.2010.1030>.

Trademap. (n.d.). <https://www.trademap.org/Index.aspx>.

Viera, W., Aguayo, S. P., Morales, C. E., Montero, K. X, Diaz, M. S. (comp.), Ospina, S. (comp.), Orrego, C. E. (comp.) (2020). Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 2. Relaciones “suelo-agua-planta-clima” para granadilla y aguacate. <https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111 - Producto 2.pdf>.

Viera, W., Brito, B., Zambrano, E., Ron, L., Merino, J., Campaña, D., & Álvarez, H. (2020). Genotype x Environment interaction in the yield and fruit quality of passion fruit germplasm grown in the Ecuadorian Littoral. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup3), S1829-S1844.

Viera, W. (comp.), Diaz, M. S. (comp.). (2018-2020). Informe documental de individuos capacitados en talleres, días de campo, seminarios y otras actividades realizadas en el proyecto. Producto 13. Visitas técnicas granja experimental en cultivos de aguacate, granadilla y mora. <https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111 - Producto 13 2019 12.pdf>.

Viera, W., Orrego, C. E., Diaz, M. S. (2019). Informe documental de individuos capacitados en talleres, días de campo, seminarios y otras actividades realizadas en el proyecto. Producto 13. II Simposio Internacional Producción Integrada de Frutas-Ecuador Ciclo de conferencias-Colombia. <https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111 - Producto 13 2019 21.pdf>.



Viera, W., Rodríguez, L. J. (2021). Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 7: Informe técnico sobre prácticas agronómicas sostenibles para el control plagas y enfermedades en cultivos frutícolas, por zona. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111 - Producto 7.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_Producto_7.pdf).

Viera, W., Rodríguez, Y., Zemanate, K., Orrego, C. E, Rodríguez, L. J. (2021). Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 8. Informe técnico sobre prácticas agronómicas sostenibles que aumentan la productividad y la calidad de frutas. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111 - Producto 8.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_Producto_8.pdf).



## Instituciones Participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)