



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2026,
Volumen 10, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1

PRODUCTIVIDAD DE AGUAYMANTO (PHYSALIS PERUVIANA L.) EN UN CICLO DE COSECHAS CON DOS MARCOS DE PLANTACIÓN EN INVERNADERO.

PRODUCTIVITY OF PHYSALIS PERUVIANA L. UNDER GREENHOUSE CONDITIONS USING TWO PLANTING DENSITIES

Luis Antonio Nacarino Monzón ,
Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú

Ana María Arellano Valz
Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú

Productividad de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en un Ciclo de Cosechas con dos Marcos de Plantación en Invernadero

Luis Antonio Nacarino Monzón¹

luisnacarino@lamolina.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0001-1851-4339>

Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú

Ana María Arellano Valz

aarellano@lamolina.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-3534-8125>

Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú

RESUMEN

El cultivo en manejo orgánico del *Physalis peruviana*, solanácea conocida en Perú como aguaymanto, estuvo afectado por el ataque de un insecto barrenador, que puso en peligro la continuidad del proyecto agroexportador de Andean Roots, empresa andina de reconocida trayectoria del cultivo en campo abierto. Imposibilitados de aplicar medios químicos, se investigó la posibilidad de desarrollar el cultivo en alta densidad en invernadero con una población mayor de plantas por unidad de área buscando alcanzar una productividad similar a la obtenida en campo abierto con hasta 5 mil plantas por ha. Se ensayaron dos opciones de plantación en invernadero, manteniendo constantes los factores de manejo nutricional y fertilización conforme se estuvo trabajando en campo abierto. La siembra en tresbolillo logró una media de 92.5 gramos de fruta cosechada por planta, mientras que, en línea continua, alcanzó 103.2 g, similar a los 104 g referidos por la empresa en campo abierto, con una población proyectada que superaría las 25 mil plantas por ha, manteniendo un manejo racional de la biomasa resultante. Se demostró así la opción de mantener el cultivo en manejo orgánico, en alta densidad, con alta productividad y mejor aprovechamiento del área de cultivo.

Palabras clave: productividad, *Physalis*, marco de plantación, agricultura protegida, invernadero

¹ Autor principal

Correspondencia: aarellano@lamolina.edu.pe

Productivity of *Physalis peruviana* L. under greenhouse conditions using two planting densities

ABSTRACT

The organically managed cultivation of *Physalis peruviana* L., a solanaceous species known in Peru as *aguaymanto*, was affected by the attack of a stem-boring insect, which jeopardized the continuity of the agro-export project of Andean Roots, an Andean company with a well-established background in open-field production. Given the impossibility of applying chemical control measures, the feasibility of developing the crop under greenhouse conditions at high planting density was investigated, increasing the number of plants per unit area in order to achieve productivity levels comparable to those obtained in open-field cultivation with up to 5,000 plants per hectare. Two greenhouse planting arrangements were evaluated, while keeping nutritional management and fertilization practices constant, following the protocols previously used under open-field conditions. The staggered (triangular) planting system achieved an average yield of 92.5 g of harvested fruit per plant, whereas the continuous row planting reached 103.2 g per plant, a value comparable to the 104 g reported by the company under open-field conditions. Under greenhouse conditions, the projected plant population exceeded 25 000 plants per hectare, while maintaining rational management of the resulting biomass. These results demonstrate the feasibility of maintaining *Physalis peruviana* cultivation under organic management at high planting density in greenhouse systems, achieving high productivity and improved land-use efficiency.

Keywords: productivity, *Physalis*, planting density, protected agriculture, greenhouse

Artículo recibido 10 diciembre 2025
Aceptado para publicación: 10 enero 2026



INTRODUCCIÓN

El “*Physalis peruviana*”, es una solanácea que sitúa su origen en las zonas alto andinas de Perú donde se le conoce como “aguaymanto” o “capulí”, en Colombia como “uchuva”, en Ecuador es “uvilla”, tepareey makowi en la India, chuchuva en Venezuela, groselha do Perú en Portugal, Kapstachelbeere en Alemania, Fisalis en Italia, Lampion en Holanda y Cape gooseberry (por Ciudad del Cabo) o Golden berry en los países de lengua inglesa (Fischer et al., 2011), entre otras denominaciones. Se cultiva en Perú desde tiempos ancestrales y fue uno de los cultivos más venerados en el incanato por sus propiedades nutricionales y su forma de perla con intenso color amarillo que denota su alta concentración de caroteno. En idioma quechua se le conoce como “topotopo” (MIDAGRI, 2021).

El mercado mundial de frutas tropicales frescas es cada vez más importante (Moreno-Miranda et al., 2020), sobre todo aquellas como el aguaymanto debido a sus excelentes propiedades nutricionales y su alto contenido de vitaminas A, B, C y de minerales como calcio, hierro y fósforo (Fischer, et al., 2014). Los frutos son consumidos frescos, deshidratados o procesados (mermeladas, conservas, etc.). (MIDAGRI, 2021).

En Perú, se produce en las regiones principalmente andinas de los departamentos de Ancash, Amazonas, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Huancavelica, Junín, Lambayeque, Lima, Moquegua, Pasco. Destaca Huánuco entre los principales productores a nivel nacional. Muchos agricultores de la zona dedicados a la agricultura de subsistencia, realizan cultivos alternativos identificando al aguaymanto como un recurso compatible con el ecosistema local y que tiene buena comercialización. Su crecimiento a partir del 2018 se debe al incremento de zonas de producción (MIDAGRI, 2021). Sin embargo, la producción de aguaymanto en Perú es aún insuficiente, los incrementos productivos en los últimos años no han cubierto la demanda local e internacional del producto, tanto a nivel de cobertura en general como en sus múltiples presentaciones (Cusihuamán, et al., 2022).

El fruto de aguaymanto es botánicamente una baya de color amarillo anaranjado cuando está maduro, tiene un diámetro entre 1,25 y 2,50 cm y un peso entre 4 y 10 g, contiene hasta 350 semillas (Fischer, et al., 2007; Fischer & Melgarejo, 2020). Asimismo, Caparachin (2020) reporta dimensiones de frutos de aguaymanto que oscilan entre 1,25 y 2,30 cm, con un peso de fruto variable entre 1,70 – 8,10 g y



promedio de 300 frutos por planta, mientras que Estrada & Martínez (1999) registran bajo condiciones de invernadero valores de peso promedio del fruto de 4,2; 6,6 y 8,9 g en Colombia, Sudáfrica y Kenia respectivamente.

El cultivo del aguaymanto se encuentra distribuido actualmente en muchos países del mundo, donde se han desarrollado variedades con rendimientos significativos sobre todo en América Latina y el Caribe (Ligarreto et al., 2005; Rodríguez & Bueno, 2006). En los cultivos comerciales y bajo las condiciones agroecológicas ideales, los frutos de aguaymanto necesitan entre 60 y 80 días para madurar (Ramírez, et al., 2013) y una vez que el cáliz del fruto se torna amarillo, se cosecha. Esta recolección es constante y se puede continuar durante 12 a 18 meses, dependiendo del ambiente agroecológico (Fischer, et al., 2014). Según Angulo (2005) en la evaluación de la producción de plantas de aguaymanto en invernadero y a campo abierto se encontró que, a lo largo de 40 semanas, la mayor producción se presentó en el invernadero, en 1,3 kg/planta, y la cosecha alcanzó su máximo a las 17 semanas; en tanto que, a campo abierto la producción comenzó ocho semanas después y llegó a su máximo en la semana 23, con 1,0 kg/planta.

El cultivo de aguaymanto puede ser afectado eventualmente por ataque de hongos, entre ellos la racha o botrytis y por enfermedades como la mancha gris, muerte descendente, esclerotiniosis, mal del semillero, secamiento descendente del ápice del cáliz y nemátodos. Igualmente, la problemática fitopatológica que se presenta durante el ciclo vegetativo del cultivo de aguaymanto puede llegar a generar una alta incidencia en los costos de producción (SENASA, 2017). Estos problemas fitosanitarios son una posible consecuencia del cambio climático. En los últimos 47 años se registró el incremento de las temperaturas mínimas y máximas; al 2030 se proyecta que las temperaturas máximas y mínimas en la Región Huánuco de este estudio mostrarían incrementos en el rango de 1,4 a 1,6 °C Gobierno Regional de Huánuco, 2018).

En el área de estudio, se observó que el incremento de la temperatura local propició el desplazamiento de plagas hacia pisos altitudinales superiores, manifestando afecciones sanitarias inéditas en la zona. En 2016, este fenómeno derivó en una infestación severa de *Physalis peruviana* (aguaymanto) en la plataforma Cachuna (2,513 m s. n. m.). El brote, causado por el insecto barrenador *Melanagromyza* sp., comprometió la viabilidad del cultivo orgánico a campo abierto y el abastecimiento de los mercados

internacionales, principalmente europeos. Esta problemática no solo representó un riesgo financiero debido a las recientes inversiones en infraestructura de postcosecha (plantas de deshidratado), sino que también generó un impacto social negativo en las comunidades locales dependientes de esta actividad agrícola.

Ante este escenario, se planteó como solución técnica evaluar la viabilidad del cultivo intensivo bajo condiciones de ambiente protegido (invernadero). Esta estrategia busca aislar el cultivo de los vectores sanitarios presentes en campo abierto y optimizar el manejo fitosanitario. El presente estudio incluyó aspectos de diseño del ambiente y de manejo orgánico del cultivo que, en invernadero presenta una fenología diferente a la ya conocida por la empresa en campo abierto. Asimismo, se investigó la influencia del marco de plantación en la productividad. El objetivo principal fue determinar si el cultivo intensivo en invernadero permite obtener una productividad por planta equiparable a la del sistema extensivo a campo abierto, maximizando el uso del área mediante una mayor densidad poblacional.

METODOLOGÍA

Ubicación y características del área de estudio.

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa agroindustrial Andean Roots, de origen y capital peruano, ubicada en la provincia de Ambo, departamento de Huánuco, región andina central del Perú, en las coordenadas 10,179 °S; 76,167 °W a 2 513 msnm. La empresa, con más de 30 años de experiencia en el cultivo de aguaymanto (*Physalis peruviana*) y de otros productos de la biodiversidad regional como el yacón (*Smallanthus sonchifolius*), procesa y exporta sus productos en una moderna instalación fabril construida en 2016 en un piso altiplánico denominado Cachuna donde a su vez se desarrolló el cultivo del aguaymanto en forma suficiente para abastecer en más del 50 por ciento los requerimientos de fruta de la planta de procesamiento (ver figura 1). Esta condición de proximidad a los campos de cultivo es considerada “*óptima*” en términos logísticos.



Figura 1: Altiplano Cachuna y planta de procesamiento - Valle de Ambo



Fuente: Elaboración propia

La localidad de Cachuna, de 29,5 ha, presenta una gradiente en promedio inferior a 1,5 por ciento, suelos profundos, estables, uniformes, de buena consistencia, textura media franco arcillo-arenosa, porosos, granulares, de buen drenaje, neutros con índices de pH entre 5,8 a 6,5; predominando estos últimos, con 2 a 4 % de materia orgánica, agua de manantial, permanente y de buena calidad. La temperatura media es de 16 a 18 °C, condiciones eólicas favorables con vientos moderados de orientación recurrente. Sin embargo, estas condiciones consideradas por Schreiber (2013) como ideales para el cultivo del aguaymanto, fueron insuficientes para mantener operativo el cultivo frente a la afectación sanitaria producida por una plaga cuyo vector es un insecto barrenador, la mosca *Melanogamyze*.

Densidad de siembra y marcos de plantación en invernaderos de ensayo

En 1753 el científico sueco Carlos Linneo determinó a *Physalis* como fruto oriundo del Perú: “*El aguaymanto (Physalis peruviana) es una planta herbácea que pertenece a la familia de las Solanáceas, es familia del tabaco, tomate y de la papa, se caracteriza por poseer un fruto redondo de sabor agri dulce y es originario del Perú*” (PDRS-GIZ, 2011).

Sus ramas productivas son decumbentes y necesitan un sistema de tutorado (Rufato et al., 2008), para soportarla durante el crecimiento, facilitando las labores culturales y aumentando la productividad (Lima et al., 2009). El tutorado que se debe usar está en función de la densidad de siembra, topografía del terreno, fertilidad, ecotipo, manejo agronómico, condiciones agroecológicas, disponibilidad de materiales y sus costos (Fischer & Miranda, 2012). Sin tutor, la planta puede crecer entre 1,0 a 1,5 m y con soporte puede exceder los 2,0 m de altura (Muniz et al., 2014).

En campo abierto estimar la “densidad ideal de siembra” en el cultivo del aguaymanto es un tema relacionado con aireación (dirección y velocidad de vientos predominantes), captación de luz (orientación y fotosíntesis), condiciones de gradiente (drenaje) y facilidad para realizar las diferentes labores culturales (repiques, deshierbe, fertilizaciones, fumigaciones, podas, actividades de cosecha y post cosecha) (Nacarino, 2021).

Las densidades de plantación y el tutorado en cada país varían según el sitio agroecológico (topografía), del ecotipo (variedad), de la fitosanidad y del manejo del cultivo (Fischer et al. 2014). En Brasil, las distancias de siembra del cultivo varían, entre plantas, de 0,5 a 1,5 m, de acuerdo al tutor. Se recomienda las distancias de 1,0 x 3,0 m entre surcos o 0,5 x 3,0 m entre plantas, respectivamente (Muniz et al., 2014). En la sabana de Bogotá (Colombia) se siembra a 1,0 x 2,0 m, mientras que en la localidad de Subia, Departamento de Cundinamarca también en Colombia a 2,0 x 2,5 m (Ramírez et al., 2013). En Bulgaria, la distancia que se usa es de 0,5 x 0,7 m, en variedad Plovdiv y Obrazec 1 Ecotipo Colombia (Panayotov & Popova, 2013). En la India, Ali & Singh (2014) manejaron distancias de 0,90 x 0,75 m, de 0,75 x 0,75 m y 0,75 x 0,60 m. El número de plantas por hectárea determina la densidad de siembra y el monto de los costos del cultivo (Lima et al., 2009). En las zonas altas se recomienda sembrar con una mayor densidad, lo que hace necesario un raleo de cada segunda planta cuando se haya terminado el primer pico de producción (Angulo, 2005; Fischer & Miranda, 2012).

En Costa Rica, el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria INTA, en su “Manual de producción del cultivo de *Physalis peruviana*” (INTA Costa Rica, 2016) propone un incremento significativo en la densidad de siembra al establecer que la densidad de plantación es decisiva para obtener altos rendimientos, se recomienda una distancia de 40 - 80 cm entre plantas y de 50 - 90 cm entre hileras. Esta información, consecuente para un cultivo en condición de invernadero llevó a practicar un marco de plantación intermedio, de 50 cm entre plantas y 70 cm entre hileras, con lo cual se tendría una población de 28 570 plantas x ha efectiva de cultivo. Adicionalmente, demostró que el trasplante de las plantas en macetas más grandes antes de la plantación tiene una influencia determinante en el desarrollo morfológico, la que continúa después de la plantación en el campo y en la producción. El trasplante lleva a un aumento de la producción en casi 25%. La influencia del



distanciamiento entre plantas en la composición fotoquímica es reducida con mejores valores en plantas trasplantadas.

En la misma publicación menciona que en Bulgaria, los más altos rendimientos se han obtenido con distanciamientos de 50 x 70 cm y hace mención que en Nueva Zelanda se ha mostrado que el más alto rendimiento por planta se alcanza con distanciamientos $< 0,6$ m. Menores distancias llevan a plantas más altas y mayor producción total, sin embargo las labores de manejo se hacen más difíciles, en Nueva Zelanda se pudo demostrar que el cultivo bajo suelo con acolchado plástico (PE-Mulch) lleva a un mayor crecimiento, a rendimientos más altos y a una mejor relación entre biomasa vegetativa y producción de frutos. Incluso, utilizar un acolchado vegetativo no sólo oprime las malezas, sino que además incrementa la temperatura del suelo, mantiene la humedad y protege del contacto de los frutos con el suelo y con ello su posible contaminación (INTA Costa Rica, 2016).

En 2011 GIZ (Cooperación Alemana al Desarrollo) con el Programa de Desarrollo Rural Sostenible (PDRS-Cajamarca) elaboran el documento *Diagnóstico de la Cadena de Valor del Aguaymanto en la Región Cajamarca* (PDRS-GIZ, 2011) en el que aporta información relevante sobre aspectos del cultivo local del aguaymanto, estableciendo que la distancia adecuada, usualmente utilizada para colocar los plantones de aguaymanto en campo abierto definitivo es de 2,0 x 2,0 m o de 1,5 x 2,0 m para evitar espacios muy grandes, claros, que facilitan la proliferación de malezas, termina el análisis sugiriendo utilizar distanciamientos de 2,0 a 3,5 m entre líneas y de 1,5 a 2,0 m entre plantas. No se hicieron estudios sobre el *Physalis* en condiciones de invernadero.

La empresa Andean Roots consideró técnicas de cultivo intensivo en campo abierto donde, a diferencia de las referencias antes mencionadas, adoptó un marco de plantación de 1,50 m entre líneas y de 1,35 m entre plantas lo que arroja aproximadamente 4 940 plantas por ha (Nacarino, 2021).

En condiciones de confinamiento “la planta de aguaymanto se desarrolla como un arbusto semiperenne y su hábito de crecimiento es indeterminado, es decir, las fases vegetativas y reproductivas se traslapan” (Ramírez, et al., 2013), aspectos de especial importancia al momento de dimensionar el área de cultivo y configurar la volumetría del invernadero a fin de gestionar un manejo adecuado del mismo bajo condiciones protegidas.

Para la investigación se erigieron dos invernaderos del tipo capilla de 140 m² cada uno, de estructura metálica, agrofilm de 8 mils, esto es, 8 milésimas de pulgada o su equivalente en sistema métrico 200 µm o lo que es lo mismo 0,20 mm, sin control climático, con sistema de riego por goteo y sala de exclusión, tal como se observa en la figura 2, en los que se estudió selectivamente la influencia del marco de plantación sin considerar otros factores determinantes de la productividad.

Se practicó un sistema de tutorado diferente al empleado en campo abierto, utilizado una malla vertical de polietileno, estructurada en cuadros de 17x15 cm, con un peso de 14 g por metro cuadrado, color blanco, con aditivo anti U.V. La que se acomodó en parantes de madera eucalipto, rollizos de 3 m de altura distanciados 3m.

Figura 2 Invernaderos de ensayo



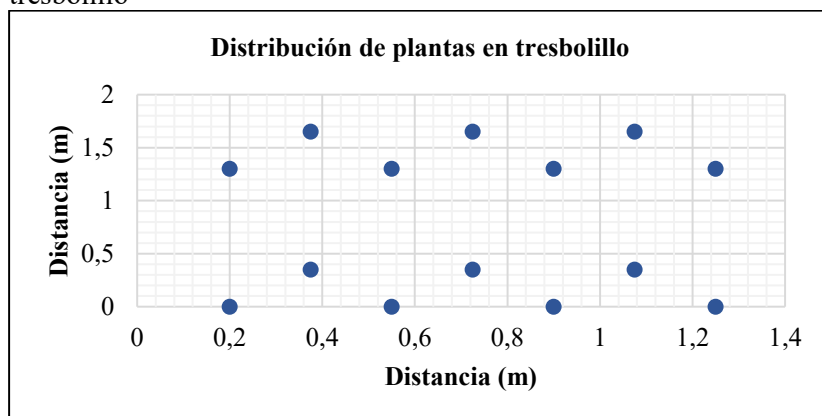
Fuente: Elaboración propia

Los dos marcos de plantación en alta densidad adoptados tuvieron como criterio de sustento lo propuesto por INTA de Costa Rica (2016) en el sentido que, menores distancias llevan a plantas más altas y mayor producción total, aun cuando, como se comprobó más tarde, las labores de manejo se hacen más difíciles, por la altura alcanzada y densidad de biomasa resultante. En el proceso de implementación de los invernaderos de ensayo se utilizaron semillas, plantines e insumos de la empresa, optándose finalmente por evaluar los siguientes marcos de siembra:

Opción 1) Tresbolillo a 35 cm entre plantas, con 1,3 m entre ejes de líneas. Se instalaron en esa configuración 444 plantas en el invernadero de ensayo 1 (IE1).

En el transplante (selección y acomodo) se perdieron 3 especímenes, por lo que se alcanzó a acomodar 441 especímenes en 6 líneas conforme se muestra en la Figura 3. La siembra se realizó el 29 de agosto de 2018.

Figura 3: Diagrama de siembra en IE1; en tresbolillo 35 cm entre plantas y 1,3 m entre ejes de línea en tresbolillo

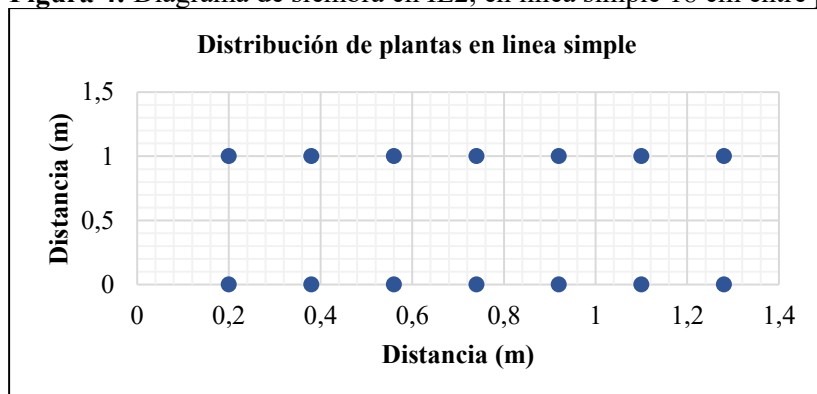


Fuente: Elaboración propia

Opción 2) Línea simple, 18 cm entre plantas, con 1,0 m entre líneas de plantas.

En esta configuración se acomodaron 504 plantas en 7 líneas simples en el invernadero de ensayo 2 (IE2), tal como se observa en la figura 4.

Figura 4: Diagrama de siembra en IE2, en línea simple 18 cm entre plantas y 1 m entre líneas.



Elaboración: Elaboración propia

En esta opción, en el trasplante se detectó un día después la pérdida de 18 especímenes. Quedando 486 plantas. La siembra se realizó el 30 de agosto de 2018.

Se aplicó el mismo programa nutricional, de fertilización y sanidad adoptado en campo abierto que había demostrado validez en el manejo debidamente auditado para su acreditación como cultivo orgánico; variedad idéntica, mismo método y programación de riego ajustado por densidad.

Condiciones ambientales altitud, temperatura y vientos

Es una planta rústica de clima frío, según Fisher (2000), el *Physalis* se adapta fácilmente a una amplia gama de condiciones agroecológicas. La experiencia en la región de estudio demuestra que el

aguaymanto prefiere pisos entre 1 500 y 2 800 msnm, sin embargo, empiezan a sentirse los efectos del cambio climático donde ligeros aumentos en promedio de la temperatura estacional han llevado a permitir su desarrollo hasta los 3 500 msnm en valles y quebradas interandinos, conforme se ha constatado en este estudio (Nacarino, 2021).

Con el aumento de la altitud se incrementa la radiación ultravioleta y la temperatura baja, ocasionando plantas de porte más bajo (en campo abierto), hojas más pequeñas y gruesas (para filtrar mejor la radiación UV), lo que se contrarresta en los invernaderos con la protección que ofrecen los plásticos de aplicación agrícola diseñados y confeccionados con aditivos químicos que actúan absorbiendo la energía de la luz ultravioleta, convirtiendo la radiación UV en calor de bajo nivel, evitando al mismo tiempo que los plásticos instalados como cobertura cenital y perimetral se degraden, agrieten, decoloren o pierdan resistencia mecánica (Nacarino, 2021).

En general la planta es sensible a temperaturas extremas; las temperaturas muy altas pueden perjudicar la floración y fructificación, experimentamos que las temperaturas nocturnas inferiores a 8 o 10 °C de manera constante impiden que prospere. La temperatura y la luz juegan un papel muy importante en el tamaño, color, contenido nutricional, sabor y tiempo de maduración del fruto (MINAGRI, 2021). Las condiciones del clima y temperatura en el sitio de cultivo afectan el desarrollo de la planta, la duración de los estados fenológicos, los periodos y el volumen de la cosecha (Fischer, et al., 2018, 2016).

Obtener un fruto de buena calidad requiere una intensidad lumínica equivalente entre 1 500 y 2 000 horas luz/año. Los resultados de acumulación de biomasa en los frutos, indican que el peso que puede adquirir un fruto de uchuva se encuentra en función del clima donde la planta esté sembrada (Fisher & Almanza, 1993).

El registro de temperaturas juega un papel muy importante teniendo “como objetivo lograr valores de humedad y temperatura lo más cercanos posibles a los óptimos de producción” (IDAE, 2008). Es de suponer que un invernadero proyectado, diseñado y construido para desarrollar el cultivo intensivo de una especie debe ofrecer condiciones ambientales óptimas para su adecuada gestión en las diferentes etapas fenológicas del mismo.

Las condiciones ambientales del entorno determinan un salto térmico, diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del invernadero, el cual es consecuente con el análisis termodinámico de las

variables medioambientales y edáficas al interior del mismo. El clima al interior del invernadero debe “acomodarse” para alcanzar esas condiciones en términos de temperatura biológica óptima, humedad relativa, radiación y luminosidad, preferentemente por medios pasivos a fin de mantener bajo control los costos de instalación de la estructura del invernadero y en consecuencia de la rentabilidad a futuro de todo el proyecto.

Cabe señalar que la Agricultura Protegida está dirigida principalmente al desarrollo hortícola, frutícola y de especies ornamentales. En general, las especies hortícolas no son tan sensibles a las fluctuaciones térmicas como los cultivos ornamentales o florales y, durante casi todo el año pueden cultivarse en invernaderos con ventilación natural como único sistema de climatización (IDAE, 2008), siempre que el salto térmico se encuentre dentro de los límites entre la temperatura mínima letal y la máxima biológica. El aguaymanto (*Physalis peruviana*) de aspecto similar al tomate cherry (*Solanum lycopersicum* – variedad *cerasiforme*) integran taxonómicamente la familia de las solanáceas, resultando ser bayas con exigencias similares, tal como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de temperatura adecuados para varios cultivos hortícolas en invernadero

Especie	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Óptima (°C)	Temperatura
	(°C) mínima letal	(°C) mínima biológica	noche	día	(°C) máxima biológica
Tomate	-2 a 0	8-10	13-16	22-26	26-30
Pepino	0	10-13	18-20	24-28	28-32
Melón	0	12-14	18-21	24-30	30-34
Judía	0	10-14	16-18	21-28	28-35
Pimiento	-2 a 0	10-12	16-18	22-28	28-32
Berenjena	-2 a 0	9-10	15-18	22-26	30-32

Fuente: (IDAE, 2008)

Las temperaturas diarias en Cachuna oscilan entre 12 a 16 °C en los meses más fríos (mayo-setiembre), habiéndose registrado mínimos de 6 a 8 °C en el análisis multianual de 20 años proporcionado por la empresa Agro Espacios SA consultada para este propósito y las más altas son de 21 a 26 °C, eventualmente superadas hasta un máximo de 28 °C. Ver tabla 2.

Tabla 2: Valores medios de temperatura a lo largo de los años 2016-2019

	2016			2017			2018			2019		
Mes	T° día	T° Med. a día	T° tard e	T° día	T° Med. a día	T° tard e	T° día	T° Med. a día	T° tard e	T° día	T° Med. a día	T° tarde
Ene 2	19.	28.2	24.6	15.7	25.6	23.3	15.5	23.2	20.1	14.8	24.8	18.5
Feb 4	16.	22.7	23.1	16.0	25.6	23.0	15.7	25.2	21.8	15.1	24.0	22.3
Mar 6	16.	24.5	23.1	14.5	24.1	22.1	14.7	22.8	20.5	15.3	23.7	21.6
Abr 2	16.	26.7	23.2	16.8	25.8	23.7	14.3	23.1	20.3	15.5	26.1	22.6
May 3	15.	27.6	19.7	17.2	27.9	25.3	14.2	27.6	20.9	13.2	28.5	21.0
Jun 2	16.	27.0	22.0	11.9	26.8	20.3	11.4	26.3	21.5	12.7	27.9	21.8
Jul 1	12.	27.0	22.1	12.9	26.7	17.0	11.4	25.6	21.4	11.8	26.4	20.8
Ago 6	13.	27.5	23.6	14.3	27.4	23.8	12.6	26.1	20.6	10.9	27.2	22.0
Set 7	15.	26.7	22.5	15.2	26.4	21.5	14.4	26.1	21.4	15.0	26.0	21.6
Oct 9	16.	27.5	19.8	16.8	26.6	21.3	16.1	27.0	21.6	15.3	26.8	22.3
Nov 8	17.	28.1	22.6	16.3	25.6	21.9	16.1	27.0	21.6	18.0	27.0	18.0
Dic 2	16.	26.0	22.5	15.4	25.6	21.4	16.3	26.9	21.5	18.0	27.0	18.0
Pro m 0	16.	26.6	22.4	15.2	26.2	22.1	14.4	25.6	21.1	14.3	26.2	21.1

Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la empresa Andean Roots.

Por lo expuesto, los valores de temperatura encontrados condicionan un salto térmico de baja intensidad, no justificando la inclusión de ventilación activa en los invernaderos de ensayo.



El aguaymanto es susceptible a vientos fuertes, en la región de estudio se presentan principalmente en los meses de junio a agosto, alcanzando eventualmente velocidades moderadas de 11,8 km/h (3,3 m/s) tal como lo informó la empresa Andean Roots.

Una medida de control que establece Schreiber (2013) para contrarrestar los vientos fuertes es desarrollar ambientes de exclusión, barrera física (cultivo en invernaderos), tal como se hizo en el presente estudio.

Productividad en invernadero y a campo abierto

Rafael Angulo (2005) en sus investigaciones sobre crecimiento, desarrollo y producción de la uchuva en condiciones de invernadero y a campo abierto obtuvo que, a lo largo de 40 semanas la mayor producción se presentó en invernadero con 1,3 kg/planta y la cosecha alcanzó su máximo a las 17 semanas; en tanto que en campo abierto la producción comenzó ocho semanas después y llegó a su máximo en la semana 23, con 1,0 kg/planta. En la tabla 3 se muestra la productividad por plantas obtenida por Angulo.

Tabla 3: Producción de *Physalis* (uchuva en Colombia) en un ciclo de cosechas

	Plantas	Semanas	Producción	Productividad	Producción	Cosecha
Investigador	N°	N°	Kg	Por planta	total	pico
				semanal (gr)	Por planta	Semanal
Angulo					Kg	N°
Invernadero	230	40	300	32.6	1.3	17
Campo	230	40	220	23.9	1.0	23
abierto						

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de Angulo (2005)



La cosecha a campo abierto de Andean Roots logró rendimientos mínimos y máximos según se muestra en la tabla 4 en 2016.

Tabla 4: Producción de *Physalis* en un ciclo de cosechas sobre 2,800 msnm

Rendimientos de campo (límites de rango)		
Premisas: (a) 5 mil plantas/hectárea; (b) 4 semanas		
Cosechado/planta: g - semana	104	125
Cosechado/planta: Kg - mes	0.416	0.500
Kg/hectárea (5 mil plantas) - mes	2,080	2,500
Toneladas/hectárea – 12 meses	25	30

Fuente: Registro proporcionado por la empresa Andean Roots

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo del cultivo en invernaderos

En las figuras 5 y 6 se aprecian los invernaderos IE1 e IE2 en la etapa temprana posterior de efectuado el trasplante.

Figura 5: IE1 (siembra en tresbolillo)



Fuente: Elaboración propia

Figura 6: IE2 (Siembra en línea simple)



Fuente: Elaboración propia

En las Figuras 7 y 8 se muestran ambos invernaderos donde se puede apreciar el desarrollo del cultivo en pared vertical, que a los 110 días del trasplante alcanzó 3.2 metros de altura, superior a lo observado por Muniz et al. (2014).

Se anota que el manejo de podas fue el mismo en ambos invernaderos, conforme lo mostrado en figuras 7 y 8, debido a que en ambos invernaderos se tuvo como variante el marco de plantación.

Figura 7: IE1 (siembra en tresbolillo)



Fuente: Elaboración propia

Figura 8: IE2 (Siembra en línea simple)



Fuente: Elaboración propia

Evolución fenológica del cultivo en invernadero

En la tabla 5 se muestran las diferentes etapas del ciclo de producción del Physalis en condición de manejo orgánico en ambiente protegido. Desde la etapa 3 del trasplante, etapas 4 y 5 de crecimiento, floración y fructificación hasta la etapa 6: cosecha. Las etapas 1 y 2 de germinación y emergencia, y desarrollo de raíces se llevaron a cabo en el vivero de la empresa, en el mismo periodo que corresponde para un trasplante a campo abierto, es decir 90 días.

Tabla 5: Fenología del ciclo de producción del Physalis en invernadero

Etapas	Descripción	Días de ciclo
1	Crecimiento, trasplante y floración	0-60
2	Crecimiento, floración y fructificación	60-90
3	Crecimiento, floración, fructificación y maduración	90-135
4	Crecimiento, floración, fructificación, maduración y cosecha	135-360

Fuente: Elaboración propia a partir de los registros de campo de la empresa Andean Roots.

Producción – Registro de cosechas (28 semanas)

La primera cosecha en ambas instalaciones se llevó a cabo en simultáneo, a los 135 días de efectuado el trasplante; esta primera cosecha, es en promedio 6 semanas adelantada a lo acostumbrado en operaciones a campo abierto, en los que se inicia en promedio a los 180 días del transplante a campo definitivo, lo que evidencia un cambio en la fenología del cultivo adaptado al desarrollo en invernadero, próxima a

las 8 semanas encontrada por Angulo (2005). Esta ampliación de la ventana de cosecha consigue alcanzar un volumen de cosecha mayor, que el alcanzado en exteriores para el mismo período.

La tabla 6 muestra los registros de cosecha en ambos invernaderos en la etapa 4 de 28 semanas consecutivas. En ambos invernaderos se encontró que, el rendimiento promedio producido en IE1 (tresbolillo) fue de 92.5 g por planta, mientras que en IE2 (siembra en línea) rendimiento promedio alcanzó 103.2 g por planta, similar a los 104 g informados por la empresa como umbral mínimo obtenido en campo abierto. En IE1 el resultado es 11 por ciento inferior.

Tabla 6: Registro de cosechas en invernaderos 1 y 2 – consolidado (28 semanas)

Semana	Fecha	Invernadero	g/planta	Invernadero	g/planta
		1 (kg)		2 (kg)	
1	04-ene	36.19	82.1	45.17	92.95
2	11-ene	36.56	82.9	45.94	94.53
3	18-ene	36.56	82.9	46.08	94.82
4	26-ene	37.69	85.5	46.32	95.31
5	02-feb	37.90	85.9	45.62	93.87
6	09-feb	37.68	85.9	46.98	96.66
7	16-feb	38.02	86.2	47.38	97.49
8	23-feb	38.74	87.9	48.01	98.79
9	02-mar	38.54	87.4	48.21	99.19
10	09-mar	38.19	86.6	49.28	101.39
11	16-mar	38.68	87.7	48.82	100.45
12	23-mar	39.12	88.7	48.93	100.68
13	30-mar	40.02	90.7	49.11	101.04
14	06-abr	38.81	88.0	49.77	102.41
15	13-abr	40.35	91.5	49.57	101.99
16	20-abr	41.27	93.6	49.39	101.63
17	27-abr	41.01	93.0	50.35	103.59

18	04-may	42.20	95.7	51.23	105.42
19	11-may	42.37	96.1	52.69	108.42
20	18-may	41.73	94.6	52.2	107.4
21	25-may	42.64	96.7	51.74	106.46
22	01-jun	43.36	98.3	52.51	108.04
23	08-jun	44.81	101.6	53.38	109.84
24	15-jun	45.28	102.7	53.21	109.49
25	22-jun	47.21	107.1	54.11	111.33
26	28-jun	44.98	102.0	54.91	112.99
27	06-jul	46.33	105.1	55.92	115.07
28	13-jul	46.08	104.5	57.18	117.65
Promedio	—	40.8	92.5	50.1	103.2

Fuente: Elaboración propia a partir de los registros de campo.

Si bien es cierto que la mayor concentración de plantas por unidad de área en tresbolillo establece espaciamientos reducidos y disminuyen el área foliar individual, la suma del follaje por metro cuadrado fue superior, lo que se traduce en un mayor índice de área foliar, lo que implica mayor capacidad fotosintética total por superficie cultivada, de esta forma mejoró la captación de luz dentro del dosel, este patrón de competencia por luz y distribución de asimilados coincide con lo descrito por Ali y Singh (2017). Además, esta condición incrementó la demanda de agua por superficie, pero el manejo del riego, producto de la experiencia de Andean Roots permitió mantener la disponibilidad hídrica consecuente con la exigencia del cultivo acorde con lo manifestado por de Freitas et al. (2023).

Finalmente, en ambos invernaderos se produce una gran cantidad de biomasa que exige un manejo intensivo de podas, del tutorado y no menos importante, de control fitosanitario; prácticas intensivas propias de sistemas protegidos. Este manejo, dedicado y exhaustivo permitió sostener la productividad pese a la natural competencia entre plantas. Resultados similares fueron evidenciados por Abreu et al. (2016), quienes destacan la importancia del manejo cultural para equilibrar densidad y rendimiento en cultivos de *Physalis peruviana* bajo invernadero.

CONCLUSIONES

Los resultados individualizados de los dos ensayos de siembra en alta densidad, determinaron viable llevar a la práctica el cultivo del *Physalis* en medio ambiente invernadero a fin de protegerlo de la afectación sanitaria que puso en peligro la continuidad del proyecto en curso llevado a cabo por la empresa Andean Roots.

De los dos marcos ensayados, se prefiere la siembra en línea simple, porque, además, de ofrecer una alta productividad, deja un espacio entre líneas mínimo suficiente para la circulación, manejo de operaciones culturales como poda y cosecha, además de permitir el paso de equipos compactos adecuados para las aplicaciones sanitarias y nutricionales. Además, se facilita en mucho el manejo de residuos resultante de la alta concentración de biomasa que, puede ser utilizada para la preparación de compost, así como de alimento para cuyes y otros animales menores, alentando una economía circular.

Asimismo, la siembra en línea simple ofrece una productividad por planta similar a la obtenida en campo abierto, con la salvedad que, el marco de plantación en alta densidad propuesto en invernadero proyectaría alcanzar teóricamente una población superior a 25 000 plantas por ha, muy superior a la lograda en la misma unidad de área dedicada al cultivo en campo abierto, lo que incentiva la necesaria inversión a efectuar para instalar la infraestructura más adecuada de ambiente protegido de mediana a alta tecnología, donde además se lleguen a controlar otros factores inherentes al cultivo como la temperatura máxima biológica más adecuada, la humedad relativa, la radiación, el déficit de presión de vapor, los niveles de dióxido de carbono y otros elementos propios de fertiriego, así como factores de control edáfico, a lo que se puede sumar al final un manejo automatizado de todas estas variables en un marco altamente tecnificado de agricultura sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, P., Coutinho, G., Pio, R., Bianchini, F., Nogueira, Paula. (2016). PLASTIC COVERING, PLANTING DENSITY, AND PRUNNING IN THE PRODUCTION OF CAPE GOOSEBERRY (*Physalis peruviana* L.) IN SUBTROPICAL REGION. *Revista Caatinga*, 29 (2), 367-374. Universidade Federal Rural do Semi-Árido Mossoró, Brasil.



- Angulo, R. (2005). Crecimiento, desarrollo y producción de la uchuva en condiciones de invernadero y campo abierto. En: Fischer, G., Miranda, D., Piedrahita, W., Romero, J. (eds.). Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Bogotá, Colombia: Unibiblos, 111-129.
- Ali, A., Singh, B.P. (2017). Effect of plant spacing and fertility level on leaf area variation at different phenological stages of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) grown in sodic soil. *Environm. Journal of Applied and Natural Science* 9 (1), 274– 279.
- Ali, A., Singh, B.P. (2014). Plant spacing and NPK fertilizers affecting flowering fruiting of Cape gooseberry (*P. peruviana* L.) grown in sodic soil. *J. Environm. Ecol. (India)*. 32(2A). 767-771.
- Caparachin, S. M. (2020). La fertilización con fósforo en la viabilidad del grano de polen en dos ecotipos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Cusihuamán, Sisa., G. N., Pílares Figueroa, D. A., Valdíglesias Calvo, R. G. (2022). Ventajas latentes de la producción de aguaymanto (*physalis peruviana*) en Arequipa. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 3(2), 1650-1660. DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v3i2.209>
- Dhankher, O.M. & Foyer, C.H. (2018). Climate resilient crops for improving global food security and safety. *Plant Cell Environ.* 41, 877-884. Doi: 10.1111/pce.13207
- De Freitas, E.M., Vital, T.N.B., Guimarães, G.F.C., da Silveira, F.A., Gomes, C.N.; da Cunha, F.F. Determination of the Permanent Wilting Point of *Physalis peruviana* L. *Horticulturae* 2023, 9, 873. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9080873>
- Estrada, E., & Martínez, M. (1999). *Physalis peruviana* L. (Solanoideae; Solaneae) and allied genera: I. A morphology based cladistic analysis. In: Nee M, Symon DE, Lester RN, Jessop JP ed(s). *Solanaceae IV: advances in biology and utilization*. Kew: The Royal Botanic Gardens, Kew, 139-159.
- Fischer, G. (2000). Crecimiento y Desarrollo de la Uchuva. En: Producción. poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Universidad Nacional de Colombia, Santa Fe de Bogotá, 9-26.



- Fischer, G. (2005). El problema del rajado del fruto de la uchuva y su posible control. pp. 55-82. En: Fischer, G., D. Miranda, W. Piedrahita y J. Romero (eds.). Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 221 p.
- Fischer, G. & Almanza-Merchán. (1996). La uchuva (*Physalis peruviana* L.) una alternativa promisoriosa para las zonas altas de Colombia. Rev. Agricultura Tropical. 30 (1),79-87.
- Fischer, G., Almanza-Merchán, P.J., Miranda, D. (2014). Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Rev. Bras. Frutic. 36 (1), 1-15. Doi: 10.1590/0100-2945-441/13
- Fischer, G., Ebert, G., Lüdders, P. (2007). Production, seeds and carbohydrate contents of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits grown at two contrasting Colombian altitudes. J. Appl. Bot. Food Qual. 81, 29-35.
- Fischer, G.; Herrera, A.; Almanza, P.J. (2011). Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) In: YAHIA, E.M. (Ed.). Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits Acai to citrus. Cambridge: Woodhead Publishing. v. 2, 374-396.
- Fischer, G. & Melgarejo, L.M. (2020). The ecophysiology of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) - an Andean fruit crop. A review. Rev. Colomb. Cienc. Hortíc. 14 (2). Doi: 10.17584/rcch.2020v14i2.10893
- Fischer, G., Melgarejo, L.M., Cutler, J. (2018). Pre-harvest factors that influence the quality of passion fruit: A review. Agron. Colomb. 36 (3): 217-226. Doi: 10.15446/agron.colomb.v36n3.71751
- Fischer, G. & Miranda, D. (2012). Uchuva (*Physalis peruviana* L.). En: Fischer, G. (ed.). Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Bogotá, Colombia: Produmedios, 851-873.
- Fischer, G., Ramírez, F., Casierra-Posada, F. (2016). Ecophysiological aspects of fruit crops in the era of climate change. A review. Agron. Colomb. 34 (2), 190-199. Doi: 10.15446/agron.colomb.v34n2.56799
- Fischer, G., Ulrichs, C., Ebert, G. (2015). Contents of non-structural carbohydrates in the fruiting Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) plant. Agron. Colomb. 33 (2), 155-163. Doi: 10.15446/agron.colomb.v33n2.515462



- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2008). Ahorro y eficiencia energética en invernaderos.
- INTA Costa Rica, Proyecto Perúbiodiverso. (2016). Manual de producción del cultivo de Physalis peruviana (goldenberry, aguaymanto, uchuva). Fecha de consulta: abril de 2019. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/03/21/manual-de-produccion-del-cultivo-de-physalis-peruviana-goldenberry-aguaymanto-uchuva/>
- Larreátegui, L. A. G., & Espinoza, J. C. R. (2016). Adaptación y rendimiento de cinco ecotipos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en la parte media del Valle Chancay, Lambayeque (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- La Rosa, O. L., José, A., Augusto Elías-Peñañiel, C. C., Contreras López, E., Arias-Arroyo, G. C., & Bracamonte-Romero, M. (2021). Características físicoquímicas, nutricionales y morfológicas de frutas nativas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(1), 17-25.
- Ligarreto, G., Lobo, M., & Correa, A. (2005). En Recursos genéticos del género *Physalis* en Colombia (pp. 9-26). Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola.
- Lima, C., Severo, J., Manica-Berto, R., Procath Da Silva, S., Leitzke, D., Rufato, A. (2009). Custos de implantação e condução de pomar de *Physalis* na região sul do estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Ceres, Viçosa. (Brasil)* 56(5), 555-561.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MINAGRI). (2021). Análisis de Mercado - Aguaymanto 2015-2020. Fecha de consulta: febrero de 2025. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/agromercado/informes-publicaciones/1745797-analisis-de-mercado-aguaymanto-2015-2020>
- Moreno-Miranda, C., Moreno-Miranda, R., Pilamala, A.; Molina, J., Cerda, L. (2019). El sector hortofrutícola de Ecuador: Principales características socio productivas de la red agroalimentaria de la uvilla (*Physalis peruviana*).
- Muniz, J., Kretzschmar, A. A., Rufato, L.; Pelizza, T R., Rufato, A. de R.; De Macedo, T.A. (2014). General aspects of *Physalis* cultivation. *Ciênc. Rural, Santa Maria (Brasil)*. 44(6), 964-970



- Nacarino Monzón, L. A. (2021). Cadena productiva del Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en la región Huánuco, diagnóstico, propuesta de valor y estrategia empresarial. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Nocetti, D., Núñez, H., Puente, L., Espinosa, A., Romero, F. (2020). Composition and biological effects of goldenberry byproducts: an overview. *J. Sci. Food Agric.* 2020. Doi: 10.1002/ jsfa.10386
- Panayotov, N.; Popova, A. (2013). Effect of different rates of nitrogen fertilization on vegetative development and productivity of Cape gooseberry (*P. peruviana* L.). IN: D'Haene, K. 350-357
- Programa de Desarrollo Rural Sostenible PDRS - GIZ. 2011. Diagnóstico de la Cadena de Valor del Aguaymanto en la Región Cajamarca.
- Rufato, L., Rufato, A. de R., Schlemper, C.; Lima, C., Kretschmar, A. (2008). Aspectos técnicos da cultura da *Physalis*. 1. ed. Lages: CAV/ UDESC; Pelotas: UFPel. 100p.
- SENASA (2017). Huánuco: Vigilancia fitosanitaria en cultivos de aguaymanto. Fecha de consulta: julio de 2024. Disponible en: <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/huanuco-vigilancia-fitosanitaria-en-cultivos-de-aguaymanto/>
- Schreiber, F. 2013. Estudio de Prefactibilidad para la Producción y Comercialización de Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). Sierra Exportadora.
- Ramírez, F., Fischer, G., Davenport, T.L., Pinzón, J.C.A., Ulrichs, C. (2013). Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) phenology according to the BBCH phenological scale. *Sci. Hortic.* 162, 39-42.

