

Producción, calidad y rentabilidad de tres ecotipos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)

Production, quality and profitability of three ecotypes of aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)

Ricardo Peña^{1*}; Miguel Galecio¹; Juan Guerrero²

1 Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Piura. Campus Universitario, Urb. Miraflores S/N, Castilla, Piura, Perú.

2 Investigador independiente.

*Autor corresponsal: rpenac@unp.edu.pe (R. Peña).

ID ORCID de los autores

R. Peña:  <https://orcid.org/0000-0001-9366-4962>

M. Galecio:  <https://orcid.org/0000-0001-8410-6205>

J. Guerrero:  <https://orcid.org/0000-0001-5112-6349>

RESUMEN

El aguaymanto (*Physalis peruviana*) es un cultivo alternativo, debido a que posee gran diversidad genética, con demanda creciente en los mercados nacional e internacional; pero, el insipiente conocimiento de ecotipos es una gran limitante. El objetivo del estudio fue evaluar la producción, calidad y rentabilidad de tres ecotipos de aguaymanto. Se empleó el diseño Bloques Completos al Azar con tres tratamientos y tres repeticiones, totalizando 9 unidades experimentales de 30 plantas cada una, evaluándose las 6 plantas centrales. Los tratamientos fueron: T1 (Ecotipo San Pablo), T2 (Ecotipo Colombiano) y T3 (Ecotipo Celendín). Las evaluaciones se realizaron hasta las doce primeras cosechas de frutos con madurez comercial; de los resultados, se concluyó: El rendimiento de los ecotipos fue estadísticamente similar, destacando numéricamente el ecotipo Celendín con 7 336,46 kg ha⁻¹, cuyo valor tuvo relación directa con el promedio del número de frutos por planta (431,55 frutos); el mismo ecotipo, presentó los mejores valores de calidad de fruto: 14,97 °Brix; 1,99% de acidez titulable; 3,14 de pH y 41,21 mg/100 g de ácido Ascórbico (vitamina C) y mejor rentabilidad económica con una relación beneficio – costo de 3,68.

Palabras clave: Aguaymanto; ecotipos de aguaymanto; producción de aguaymanto; *Physalis peruviana*.

ABSTRACT

The aguaymanto (*Physalis peruviana*) is an alternative crop, due to its great genetic diversity, with growing demand in national and international markets; however, the insipient knowledge of ecotypes is a great limitation. The objective of the study was to evaluate the production, quality and profitability of three ecotypes of aguaymanto. A Randomized Complete Block design was used with three treatments and three replications, totaling 9 experimental units of 30 plants each, evaluating the 6 central plants. The treatments were: T1 (Ecotipo San Pablo), T2 (Ecotipo Colombiano) and T3 (Ecotipo Celendín). The evaluations were carried out until the first twelve harvests of commercially mature fruit; from the results, it was concluded that: The yield of the ecotypes was statistically similar, with the Celendín ecotype standing out numerically with 7,336.46 kg ha⁻¹, whose value was directly related to the average number of fruits per plant (431.55 fruits); the same ecotype presented the best fruit quality values: 14.97 °Brix; 1.99% titratable acidity; 3.14 pH and 41.21 mg/100 g of ascorbic acid (vitamin C) and better economic profitability with a benefit-cost ratio of 3.68.

Keywords: Aguaymanto; aguaymanto ecotypes; aguaymanto production; *Physalis peruviana*.

Recibido: 08-02-2021.

Aceptado: 02-06-2021.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUCCIÓN

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es oriundo de los andes peruanos, es una fruta rica en vitaminas A, B y C, lo mismo que en hierro, fibra y carbohidratos (Ramírez & Muñoz, 2021), considerada como una fuente importante de compuestos nutricionales y principios bioactivos beneficiosos tanto para la salud humana como para la industria alimentaria tales como carotenoides, flavonoides, taninos, alcaloides, vitamina C, entre otros. (El-Beltagi et al., 2019; Etzbach et al., 2020; Obregón-La Rosa et al., 2021). Hoy en día abunda en todos los Andes sudamericanos (Sánchez & Pablo, 2002) donde crece en forma silvestre, sin embargo, el enfoque comercial en el Perú se ha iniciado hace siete años, lo que indica el insipiente conocimiento de manejo del cultivo para la obtención de buenos rendimientos, calidad y rentabilidad económica. Dentro de la especie aguaymanto, existen genotipos adaptados a diferentes climas - "ecotipos", los cuales difieren entre sí en cuanto a tamaño, color y forma del fruto, forma de la flor, altura y tamaño de la planta (Dostert et al., 2013), en efecto ecotipo se refiere a un grupo de plantas de una misma especie que se adaptan a un hábitat determinado en forma natural, exhibiendo diferentes patrones fenotípicos como consecuencia de una variación a nivel genético (Carbajal, 2018; Fischer et al., 2014; Popova et al., 2010), de esta manera, el éxito en la adaptación y producción del cultivo de aguaymanto fuera de su centro de origen ha estado supeditado a sus características genotípicas, a las condiciones climáticas del lugar asociadas al sistema de producción y al desarrollo tecnológico de estos sistemas (Panayotov & Popova, 2014); características que influyen en la duración de las etapas fenológicas del cultivo (Popova et al., 2010; Fischer & Melgarejo, 2014).

El *Physalis* 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) establecieron colecciones en Brasil, Chile, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, México y Perú. En el Perú su cultivo es aún incipiente y baja producción de 7 t ha⁻¹ (Agraria.pe, 2020); destacando los departamentos de Lima, Cajamarca, Cuzco, Ancash, Junín, Arequipa, Ayacucho y Moquegua (Sierra exportadora, 2013).

Son varias las investigaciones realizadas en torno al cultivo de aguaymanto. (Herrera et al., 2011, citado por Fischer et al., 2014) reporta 54 accesiones encontradas en el nororiente de Colombia con un mayor contenido de °Brix y rendimiento, pero también un rajado del fruto más alto en materiales silvestres. Así mismo, Larreátegui & Espinoza (2016), reportan que el ecotipo Cajamarquino presentó rendimientos de 24,34 t ha⁻¹ y 1641 frutos por planta seguido por el Ayacuchano con 22,42 t ha⁻¹ y 1582 frutos, superando al ecotipo Silvestre con 16,7 t ha⁻¹, mientras que el ecotipo Celendín alcanzó 1297 frutos por planta. Los frutos obtenidos del ecotipo Silvestre presentaron un peso de 354 g y 18,25 mm de diámetro, a diferencia del ecotipo Celendín que obtuvo el mayor peso y tamaño con 4,16 g y 19,56 mm de diámetro, respectivamente; por otro lado, Camasi & Quintas (2016) reportan diferencias altamente significativas en rendimiento de aguaymanto por efecto de los distanciamientos de trasplante, con fluctuaciones entre 4578,39 y 3624,84 kg ha⁻¹. Por su parte, Reyna (2020) reporta dimensiones de frutos de aguaymanto que oscilan entre 1,25 a 2,30 cm, con un peso de fruto variable entre 1,70 - 8,10 g y promedio de 300 frutos por planta. Según las condiciones de crecimiento el diámetro va en el rango de 1,25 - 2,50 cm y pesan entre 4 y 10 g, 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. La Rosa et al. (2021) reporta un peso de 3,25 g en frutos de aguaymanto silvestre en Perú.

Actualmente el despegue exportador del cultivo de aguaymanto, se constituye como una oportunidad para que los productores se integren a la cadena productora y exportadora de productos agrícolas, como se sabe los principales destinos de las exportaciones de aguaymanto hasta el 2019 fueron: Japón 43,44%, Corea del Sur 21,05%; Estados Unidos 11,13%, México 10,57%, España 4,72% (Adex Data Trade, 2019; Agraria.pe, 2020), a pesar de ello, aún no se ha determinado una variedad o ecotipo que sea rentable sin perder sus características organolépticas y nutricionales.

Por ello, el objetivo de la investigación fue evaluar la producción, calidad y rentabilidad de tres ecotipos de aguaymanto, para contribuir con los paquetes técnicos válidos para el referido cultivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio y duración.

El estudio se realizó en el caserío de Pulún, Distrito El Carmen de la Frontera, Provincia de Huanca-bamba - Piura, cuya ubicación geográfica es: latitud sur: 05° 07'16.436"; longitud oeste: 79° 26'03.280" y a 2780 msnm. Tuvo una duración de 15 meses.

Universo, población y muestra

El universo fue la cantidad total de individuos

presentes en el área experimental de los 3 ecotipos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), comprendió 270 plantas instaladas en un área de 972 m². La población estuvo conformada por 30 plantas por cada unidad experimental, y la muestra experimental fueron 6 plantas centrales tomadas al azar, sobre las cuales se realizaron las observaciones experimentales para medir el efecto de los tratamientos.

Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos estuvieron dados por tres ecotipos: San Pablo, colombiano y Celendín con claves T1, T2 y T3 respectivamente. Se utilizó el diseño de Bloques Completos al Azar (BCA). Se estudiaron 3 ecotipos con 3 repeticiones, haciendo un total de 9 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo conformada por 30 plantas de aguaymanto, evaluándose las 6 centrales tomadas al azar.

Métodos y procedimientos

Información meteorológica y análisis de suelo.

Los datos meteorológicos fueron obtenidos de la estación meteorológica Huancabamba, reportándose datos de temperatura media mensual, humedad relativa y precipitación pluvial. El análisis del suelo se realizó antes de la siembra, tomando varias sub muestras a profundidad de 30 cm, homogeneizándose y por técnica del cuarteo se obtuvo una muestra de 1 kg.

Evaluaciones de producción

1. Número de frutos por planta

Se tomaron seis plantas por cada unidad experimental, de cada una de ellas, se contó el total de frutos cosechados que alcanzaron su madurez comercial, para obtener el promedio de frutos por planta.

2. Peso de fruto (g)

Después de cosechar los frutos, se pesaron 10 de ellos tomados al azar, utilizando una balanza electrónica Marca ETEKCITY. Se expresó en gramos.

3. Diámetro ecuatorial del fruto (mm)

A los mismos frutos de la observación anterior, se les tomó el diámetro ecuatorial haciendo uso de un vernier universal marca MITUTOYO 1/128in. Los resultados se promediaron y fueron expresados en mm.

4. Rendimiento (kg ha⁻¹)

La determinación del rendimiento, se realizó considerando las cosechas de cada unidad experimental, cuyos resultados fueron elevados a hectárea.

Evaluaciones de calidad

Se seleccionaron los frutos de la décimo segunda cosecha por cada tratamiento, y se realizó las

siguientes determinaciones:

1. Sólidos solubles totales (°Brix)

De cada unidad experimental se tomaron 10 frutos, se les extrajo el jugo y se analizaron en un refractómetro manual para °Brix, marca ATAGO a una temperatura de 20°C de acuerdo al método de ensayo: NMX-F-103-NORMEX-2010

2. Acidez titulable

Se determinó por el método de titulación potenciométrica, con el uso de un minititulador para la medición de acidez titulable en jugo de fruta Marca HANNA, para ello se tomó 10 frutos, extrayéndole el jugo utilizándose el método de ensayo: NMX-F-103-NORMEX-2010 se determinó los g de ácido cítrico/100 g.

3. pH

Se realizó mediante el pH Metro multiparámetro marca SEVEN EXCELLENCE. Se utilizó el método de ensayo: NMX-F-317-NORMEX-2013 a una temperatura de 25°C. La determinación se hizo en 10 frutos que habían alcanzado su madurez comercial en una sola repetición.

4. Vitamina C

Se determinó empleando 10 frutos de la décimo segunda cosecha y que habían alcanzado madurez comercial. Se empleó con el Kit de análisis de ácido ascórbico modelo HI 350, marca HANNA. El método empleado fue: NOM.131-SSA1-2012.B.13 para determinación de mg de ácido ascórbico/100 g.

Rentabilidad

El costo de producción por ecotipo de aguaymanto se consideró el mismo valor debido a las mismas condiciones de manejo; para la valorización del rendimiento se tuvo en cuenta el precio por kilo de fruta sin cáliz de aguaymanto de S/. 2,00 nuevos soles (precio de mercado local).

El valor bruto de la producción, se obtuvo multiplicando rendimiento por el precio de venta. Utilidad Neta = Valor bruto de la producción - costo de producción

La relación Beneficio/Costo se obtuvo dividiendo la utilidad neta entre el costo de producción. En esta sección se deben describir todos los procedimientos y métodos utilizados en el estudio. Se pueden incluir uno o más anexos para describir los detalles de la disposición experimental, desarrollos matemáticos, encuestas, etc.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Datos meteorológicos de la zona en estudio

La Tabla 1 muestra los parámetros de clima que se presentaron durante la conducción del experimento. Los promedios de las temperaturas registradas oscilaron entre 22,1 °C y 27,5°C para la máxima y 12,7 °C y 15,2 °C para la mínima, rangos permisibles para el buen crecimiento del cultivo (La Humedad Relativa fluctuó entre 61,4% - 70,5%; la precipitación entre 0,1 - 7,8 mm. La precipitación óptima debe oscilar entre 1000 y 2000 mm bien distribuidos a lo largo del año, con una humedad relativa entre 70% y 80%. En general los datos climatológicos presentaron rangos adecuados que no constituyeron problema para el buen crecimiento y desarrollo del cultivo (MINCETUR, 2009). El suministro de agua es

importante durante los periodos secos para evitar rajaduras de frutos (Iván, 2009).

Análisis del suelo del campo experimental

En la Tabla 2 se reportan los resultados del análisis físico - químico del suelo: clase textural Franco Arcilloso (con 36-31-33% de arena, limo y arcilla respectivamente), textura media. Materia orgánica 0,70% y nitrógeno 0,04% con niveles muy bajos, por lo que fue necesario abonar con urea y fosfato diamónico de manera fraccionada durante el periodo vegetativo del cultivo. Presentó nivel medio de fósforo disponible y potasio asimilable con valores de 13 y 180 ppm respectivamente. Alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) cuyo valor fue de 18,57 cmol (+) Kg⁻¹; el calcáreo (CaCO₃)

no presentó valor por lo que no existieron deficiencias de ciertos microelementos como Zn, Fe, B, Mn y Cu (Vieira et al., 1998). Por otro lado, la conductividad eléctrica, tuvo un valor de 0,44 dS.m⁻¹, valor muy ligero y no representó problemas de salinidad para el cultivo. Los valores obtenidos fueron en general adecuados para el cultivo de aguaymanto, conforme lo establece (Miranda, 2005) quien indica que el aguaymanto prefiere suelos de estructura granular con una textura franco-arenosa o franco arcillosa, ricos en materia orgánica (>3%), pH: 5,5 - 7,0 (neutro), con rangos de pH ácidos (4,5) hasta pH alcalinos (8,2).

Evaluaciones Productivas

Número de frutos por planta (12 primeras cosechas), peso de fruto (g) y diámetro ecuatorial (mm)

El Análisis de Varianza - ANVA, establece que no existió significación estadística para bloques y ecotipos, corroborado en las Figuras 1 y 2, donde se aprecia un comportamiento estadístico igual entre los ecotipos en estudio. Los valores promedio para el parámetro número de frutos por planta fluctuaron entre 331,33 y 431,55 frutos, correspondientes a los ecotipos colombiano y

Celendín; 5,95 y 6,08 g, de peso promedio de fruto, para los ecotipos colombiano y Celendín y 21,17 y 21,46 mm, correspondientes a los ecotipos colombiano y San Pablo, respectivamente.

El número de frutos por planta está influido en gran parte por las condiciones agroclimáticas de la zona y manejo del cultivo además se le atribuye como una característica genética inherente al ecotipo, dado a que estas condiciones fueron homogéneas para todos los ecotipos. Es posible que las hormonas endógenas presentes en el vegetal, tales como las citoquininas, influenciaron en la formación de yemas florales, lo que repercute en el número de frutos por planta (Química Suiza Industrial del Perú, 2018). Los datos obtenidos coinciden con los resultados encontrados por (Velásquez & Mestanza, 2003), quienes reportan promedio de 300 frutos de aguaymanto y (Ayala, 1992) quien obtuvo entre 300, 480 y 676 frutos/planta.

Es natural que el fruto comienza a desarrollarse poco tiempo después de la polinización y la fertilización (O'Neill, 1997) a través de la división celular, fenómeno que se presenta en las primeras etapas del desarrollo (Dos Santos et al., 2015).

Tabla 1

Datos meteorológicos registrados durante el experimento

Año	Mes	T° Máx.	T° Min.	H.R (%)	pp (mm)
2018	Junio	24,4	12,7	67,2	2,0
	Julio	24,4	13,3	66,9	0,8
	Agosto	24,6	13,9	66,7	0,2
	Setiembre	26,5	14,6	67,7	0,7
	Octubre	27,5	14,0	66,8	2,3
	Noviembre	26,8	14,0	70,5	7,8
	Diciembre	24,2	15,2	66,3	0,8
2019	Enero	22,2	14,4	69,1	2,8
	Febrero	22,1	12,4	64,2	0,1
	Marzo	23,8	13,8	68,6	1,8
	Abril	25,4	15,6	69,5	0,4
	Mayo	24,0	14,8	61,4	0,7
	Junio	23,4	14,6	68,5	0,2

Fuente: Estación meteorológica de la Provincia de Huancabamba - Piura.

Tabla 2

Resultados del análisis físico - químico del campo experimental

Determinación	Resultado	Interpretación
Cond. Eléctrica dS m ⁻¹	0,44	Muy ligera
pH	6,80	Neutro
Calcáreo (% CaCO ₃)	0,00	
Materia Orgánica (%)	0,70	Muy bajo
N Total (%N)	0,04	Muy bajo
P disponible (ppm P)	13,00	Medio
K asimilable (ppm K)	180,00	Medio
Clase textural	Fco. Arc.	Grupo II
% Arena	36,00	
% Limo	31,00	
% Arcilla	33,00	
C.I.C*	18,57	Alto
Ca ⁺⁺ (Cmol (+) Kg ⁻¹)	14,10	
Mg ⁺⁺ (Cmol (+) Kg ⁻¹)	3,80	
K ⁺ (Cmol (+) Kg ⁻¹)	0,45	
Na ⁺ (Cmol (+) Kg ⁻¹)	0,22	
Relación Ca/Mg	3,71	Adecuada (3,0 -7,0)
Relación Ca/K	31,33	Alto en Ca y Bajo en K (14 -16)
Relación Mg/K	8,44	No apropiado, Alto en Mg (1,8 -2,5)

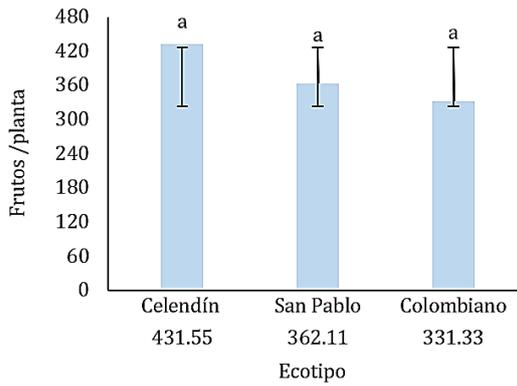


Figura 1. Número de frutos por planta de aguaymanto

Después de este periodo, el crecimiento ocurre debido al aumento de tamaño de la célula al aparecer las vacuolas. Esta etapa se caracteriza por el crecimiento y alargamiento del fruto, seguida por una fase de maduración, donde el número de células se mantiene relativamente constante, observándose un aumento en el tamaño de las mismas, esta expansión aumenta en la maduración, etapa donde el fruto es capaz de madurar aún adherido a la planta, de igual modo el crecimiento del fruto es consecuencia de procesos de división celular que se intensifican en el tiempo dando lugar a una curva exponencial, para luego cesar paulatinamente al tiempo que el alargamiento y engrosamiento celular van adquiriendo importancia, durante su desarrollo, el fruto incorpora fotoasimilados, minerales y agua, el factor que más determina o más contribuye al tamaño final del fruto es la incorporación de agua (Dos Santos et al., 2015).

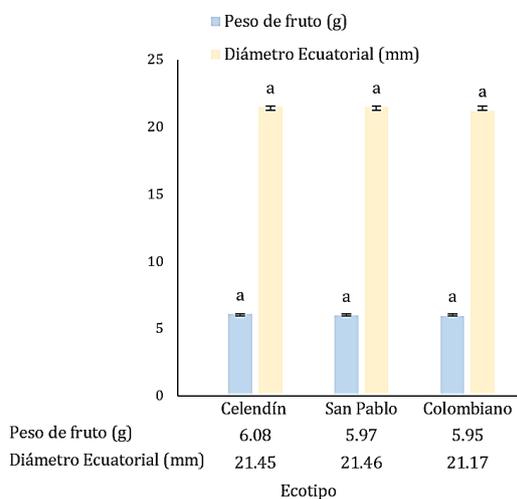


Figura 2. Peso de fruto (g) y diámetro ecuatorial de fruto de aguaymanto (mm)

Existe una ganancia de distintos nutrientes a lo largo del tiempo, pero la ganancia más significativa para el tamaño del fruto es la ganancia en agua, de acuerdo a ello, dado a que todos los ecotipos estuvieron sometidos bajo las mismas condiciones, el agua sería uno de los determinantes para el llenado uniforme de los frutos. Los datos obtenidos del ecotipo Celendín, difieren con los reportados por (Larreátegui & Espinoza, 2016), quién obtuvo 4,16 g de peso de fruto, y La Rosa et al., (2021) con 3,25 g. Por otro lado, los resultados obtenidos en

los ecotipos colombiano y San Pablo, se asemejan a los reportados por (Velásquez & Mestanza, 2003) quienes proporcionan un amplio rango de acuerdo al ecotipo, desde 1,70 a 10 g, con un peso de fruto promedio de 5,30 g, y diámetro de 19,56 mm en el ecotipo Celendín, resultado coincidente con La Rosa et al. (2021) quién reporta un diámetro promedio de 17,10 mm en frutos de aguaymanto.

Rendimiento de aguaymanto en kg ha⁻¹ (12 primeras cosechas de madurez comercial)

De acuerdo con el análisis de varianza, no existieron diferencias significativas entre los ecotipos en estudio, lo que se corrobora en la Figura 3, donde se aprecia que no existieron diferencias significativas entre los ecotipos, los cuales se comportan estadísticamente igual. Los valores promedio para el referido parámetro variaron entre 5496,11 kg ha⁻¹ y 7336,46 kg ha⁻¹, correspondientes a los ecotipos colombiano y Celendín, respectivamente (Figura 3).

El rendimiento es un parámetro que depende de muchos factores, entre ellos, la característica genotípica del ecotipo, condiciones agroclimáticas y manejo del cultivo, estas dos últimos factores fueron uniformes para los tres ecotipos; si bien es cierto los rendimientos obtenidos en los tres ecotipos son iguales estadísticamente, es el ecotipo Celendín quien destaca numéricamente sobre los dos restantes con 7336,46 Kg ha⁻¹, se asume que esta característica está relacionado con el número de frutos/planta (431,55 frutos/planta) y peso de un fruto (6,08 g), donde también predomina numéricamente el ecotipo Celendín. Los datos obtenidos en la investigación coinciden con los reportados por (PROMPERÚ, 2012), con un promedio de 8 t ha⁻¹ en condiciones de sierra; pero difieren con los 4578,39 Kg ha⁻¹ obtenidos por (Salinas, 2016).

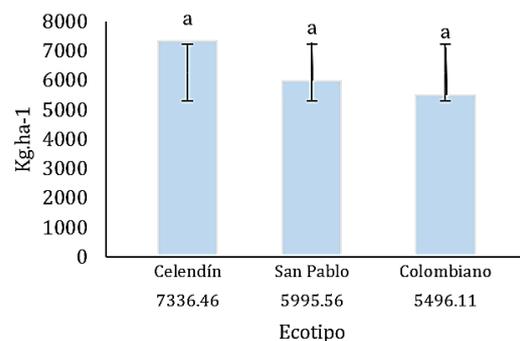


Figura 3. Rendimiento de aguaymanto (Kg.ha⁻¹).

Evaluaciones de Calidad Sólidos solubles totales (°Brix), pH de jugo, acidez titulable y vitamina C

El análisis de varianza mostró que no existió significación estadística para la fuente bloques, mientras que el factor ecotipo fue significativo estadísticamente en pH de jugo y altamente significativo en vitamina C, corroborado por la prueba de Duncan cuya significación se encuentra representada en las Figuras 4, 5, 6 y 7 mostrando un comportamiento estadístico similar entre los ecotipos para las observaciones sólidos solubles totales y contenido de vitamina C; mientras que en

pH, los ecotipos colombiano y Celendín se comportaron estadísticamente igual y superaron al ecotipo San Pablo y en acidez titulable, el ecotipo colombiano superó al resto de los tratamientos. Como se observa, el ecotipo Celendín reporta los mejores valores numéricos en sólidos solubles totales (14,97 °Brix), lo que implica menor acumulación de azúcares en los frutos, dado a que éstos provienen de la hidrólisis de diversos polisacáridos estructurales tales como almidón, pectinas de la pared celular hasta sus componentes monoméricos básicos, por lo cual se acumulan azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa (Torres & Montes, 2018), en coincidencia con Bejarano & Rodríguez (2015) quienes encontraron un promedio de 14,83 °Brix en frutos de aguaymanto, pero difieren con Sánchez (2002) Puente (2011), La Rosa et al., (2021) y Ramírez & Muñoz (2021), que reportaron valores de 14,3; 12,67; $13,3 \pm 0,225$ y $12,00$ °Brix respectivamente.

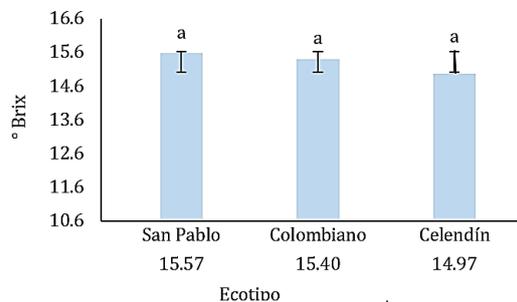


Figura 4. Sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de aguaymanto.

Respecto al pH de jugo, los ecotipos Celendín y colombiano a pesar de que reportan los menores valores, son los de mayor interés para la calidad del fruto, dado a la exigencia del mercado (mayor acidez). Los datos obtenidos coinciden con Mendoza et al., (2012), Bejarano & Rodríguez (2015), Ramírez & Muñoz (2021) y La Rosa et al., (2021) quienes reportan valores de pH en frutos de aguaymanto de 3,4; 3,63; 4,87 y $3,95 \pm 0,04$ respectivamente.

Por otro lado, la acidez total titulable es una medida general de la presencia de ácidos en el fruto, presenta un comportamiento típico de disminución durante la maduración del fruto de aguaymanto (Novoa, 2006); dado a que la acidez titulable se debe a la presencia de un sistema de autorregulación del pH, resultado del efecto amortiguador del ácido cítrico, como ha sido descrito para diversos frutos, este ácido alifático, tiende a convertirse en la sal correspondiente, dando como resultado el efecto amortiguador de la solución en la región de sus valores de pKa, disminuyendo la acidez (aproximadamente en un 50%), tal como lo afirma (Menéndez et al., 2006), por lo tanto, el ecotipo Colombiano es quien predomina en este parámetro con 1,79 g/100 g, dato coincidente con Bejarano & Rodríguez (2015), (Puente, 2011) y La Rosa et al. (2021) quienes reportan acidez de 1,91; 2 y $1,56 \pm 0,211$ g/100 g respectivamente, pero difieren con (Mendoza et al., 2012) que encontró acidez titulable de 3,4 (g/100 g) en frutos de aguaymanto (Figuras 5 y 6).

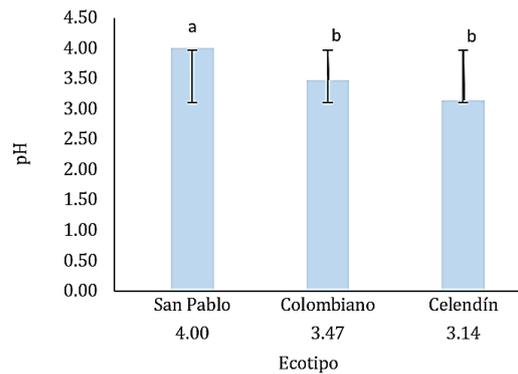


Figura 5. pH de jugo en frutos de aguaymanto.

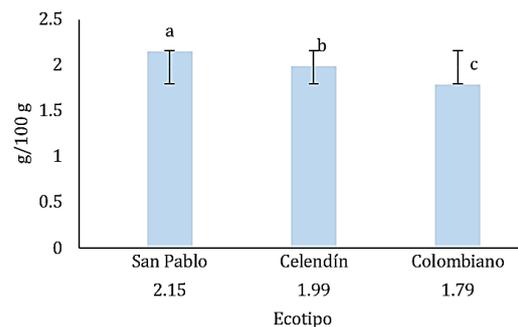


Figura 6. Acidez titulable en jugo de frutos de aguaymanto.

La vitamina C o ácido ascórbico es un nutriente esencial de suma importancia para el ser humano especialmente en los procesos como el crecimiento y el desarrollo, su función esta siempre relacionado con el consumo de frutas y verduras, como es el caso de naranja, el kiwi, la papaya, aguaymanto, entre otros. La vitamina C es uno de los antioxidantes más conocidos, su absorción depende directamente de la dosis ingerida, si la ingesta es menor de 100 mg diarios (2-3 frutas y/o verduras), se absorbe entre el 80 y el 90%; mientras que si es de 200 mg diarios (4-5 frutas y/o verduras), se absorbe totalmente, alcanzando una concentración plasmática de 80-90 μM (Figueroa-Méndez & Rivas-Arancibia, 2002; May, 2011).

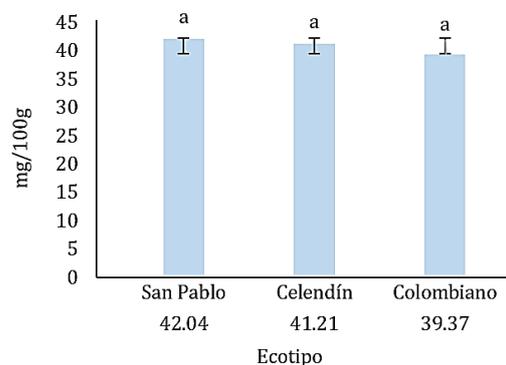


Figura 7. Contenido de vitamina C en jugo de frutos de aguaymanto.

Tadeo et al., (2020) señalan que el ácido más importante de un fruto, es el ácido cítrico, representando del 70-90 % de los ácidos totales, además los niveles de ácidos orgánicos disminuyen estacionalmente cuando la fruta madura. Según los resultados el porcentaje de vitamina C en los frutos

de los tres ecotipos es estadísticamente igual, sin embargo, con los ecotipos San Pablo y Celendín se obtuvieron los mayores valores numéricos. Los resultados difieren con (Jurado et al., 2016) quien reporta en pulpa fresca de aguaymanto un contenido de vitamina C entre 20-43 mg por 100 g, y coinciden con los 43 mg/100 g reportados por Tacanga (2015) (Figura 7).

Análisis de Rentabilidad de los ecotipos de Aguaymanto

De acuerdo a la Tabla 3, la relación beneficio - costo, del ecotipo Celendín, reportó un valor de 3,68, lo que indica que por cada sol invertido se obtiene una ganancia de 3,68 nuevos soles, superando a los ecotipos San Pablo y colombiano con 2,83 y 2,51 nuevos soles respectivamente. La rentabilidad del ecotipo Celendín se ve favorecida porque en rendimiento supera en 18,28% y 25,08% a los

ecotipos San Pablo y colombiano respectivamente, lo que se traduce en un mayor valor bruto de producción.

Es una utilidad relativamente alta para el cultivo, tal vez influenciada por el óptimo manejo que se le puede dar a pequeñas áreas experimentales, donde todas las labores de manejo entre ellas: control de plagas, malezas, enfermedades, riegos, fertilización, etc., son más fáciles de tener el control. Existe escasa información científica publicada sobre análisis de rentabilidad económica del cultivo dado a que es un cultivo relativamente nuevo en el ámbito del mercado, sin embargo, con la escasa bibliografía existente, se puede aseverar que los resultados difieren con los obtenidos por (Larreátegui y Espinoza, 2016), quien reportó una relación beneficio-costo de 1,39 para el ecotipo colombiano y 1,24 para el ecotipo Celendín.

Tabla 3

Análisis de rentabilidad de los ecotipos de aguaymanto

Ecotipo	Costos de Producción	Rendimiento kg ha ⁻¹	Valor Bruto de Producción	Utilidad	Relación B/C
Celendín	3133,46	7336,46	14672,92	11539,46	3,68
San Pablo	3133,46	5995,56	11991,12	8857,66	2,83
Colombiano	3133,46	5496,11	10992,22	7858,76	2,51

Costo de producción: S/. 3, 133.46; Precio venta de fruta de aguaymanto sin cáliz (1 Kg): S/. 2.00

CONCLUSIONES

El rendimiento de los ecotipos en estudio, tuvo un comportamiento estadístico similar, destacando numéricamente el ecotipo Celendín con 7336,46 kg ha⁻¹, cuyo valor tuvo relación directa con el promedio del número de frutos por planta (431,55 frutos).

El ecotipo Celendín presentó los mejores valores de calidad de fruto: 14,97 °Brix; 1,99% de acidez titulable; pH 3,14 y 41,21 mg/100 g de ácido Ascórbico (vitamina C).

El ecotipo con mejor rentabilidad económica fue Celendín con una relación beneficio - costo de 3,68.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adex Data Trade. (2019). *Estadísticas del producto. Informe anual 2019*. ADEX, Lima, Perú.
- Agraria.pe. (2020). *En diciembre de 2019, exportación de aguaymanto saltó a 6.2 toneladas*. Agraria.pe Agencia Agraria de Noticias. <https://agraria.pe/noticias/en-diciembre-de-2019-exportacion-de-aguaymanto-salto-a-6-2-t-20848>
- Ayala, C. (1992). Evaluación de tres distancias de siembra y tres sistemas de poda en uchuva bajo invernadero. *Acta Hort.* 310, 206.
- Bejaran, E., Rodríguez, E. (2015). *Formulación y caracterización de una bebida rehidratante a partir de zumo de aguaymanto (Physalis Peruviana) elaborado para agroindustria La Morina* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Santa.
- Camasi, P., & Quintas, J. (2016). *Efecto de tres dosis de ácidos húmicos en tres distanciamientos de siembra en el rendimiento del cultivo del Aguaymanto (Physalis peruviana L.) en condiciones de Azángaro* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica.
- 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.
- Carbajal, Y. N. (2018). Caracterización citogenética de tres ecotipos de *Physalis peruviana* "Aguaymanto" provenientes del departamento de Cajamarca: Diversidad y evolución (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Dos Santos, R. S., Arge, L. W. P., Costa, S. I., Machado, N. D., de Mello-Farias, P. C., Rombaldi, C. V., & de Oliveira, A. C. (2015). Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening. *Plant Omics.* 8(2):78-88
- Dostert, N., Roque, J., Brokamp, G., Cano, A., La Torre, M., Weigend, M., & Flores, D. (2013). Siete especies de plantas vasculares de importancia económica en el Perú: Fichas botánicas. 20(2), 359-432.
- El-Beltagi, H. S., Mohamed, H. I., Safwat, G., Gamal, M., & Megahed, B. M. H. (2019). Chemical Composition and Biological Activity of *Physalis peruviana* L. *Gesunde Pflanzen.* 71(2), 113-122.
- Etzbach, L., Meinert, M., Faber, T., Klein, C., Schieber, A., & Weber, F. (2020). Effects of carrier agents on powder properties, stability of carotenoids, and encapsulation efficiency of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) powder produced by co-current spray drying. *Current Research in Food Science.* 3, 73-81.
- 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, pp.139-159.
- Figuerola-Méndez, R., & Rivas-Arancibia, S. (2015). Vitamin C in health and disease: its role in the metabolism of cells and redox state in the brain. *Front Physiol.* 6, 397.
- Fischer, G., & Melgarejo, L.M. (2013). Eco fisiología de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). In: Duarte, A.; Villalobos, R.; Moreno, D.A.; Gil, Á.; Ferreres, F.; García, C.; Heinzen, H.; Cesio, V.; Pássaro, C.; Osorio, J.; Londoño, J. (Ed.). *Physalis peruviana* L.: fruta andina para el mundo: cultivo, recurso genético, agroindustria, normativa y mercado. Madrid: Editorial Académica Española
- Fischer, G. y Melgarejo, L. S. (2014). Ecofisiología de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). In: Pássaro, C. C. P. (Eds.). *Physalis peruviana* L.: fruta andina para el mundo. 29-47 pp.
- Fischer, G., Almanza-Merchán, P. J., & Miranda, D. (2014). Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura.* 36(1), 01-15.
- Sierra Exportadora. (2013). *La riqueza exportadora de nuestra sierra*. Primera edición. Banco Agropecuario.
- Iván, C. V. (2009). El cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana*) Área: Manejo integrado de cultivos/frutales de altura. *Boletín*

- técnico N°10. Proyecto Microcuenca Planton-Pacayas. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria España
- Jurado, B., Aparcana, I. M., Villarreal, L. S., Ramos, E., Calixto, M. R., Hurtado, P. E., & Acosta, K. M. del C. (2016). Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) de diferentes lugares del Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 82(3), 272-279.
- La Rosa, O. L., José, A., Augusto Elías-Peñañiel, C. C., Contreras-López, E., Arias-Arroyo, G. C., & Bracamonte-Romero, M. (2021). Características fisicoquímicas, nutricionales y morfológicas de frutas nativas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(1), 17-25.
- 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.
- Ligarreto, G., Lobo, M., & Correa, A. (2005). En Recursos genéticos del género *Physalis* en Colombia (pp. 9-26). Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola.
- May, J. M. (2011). The Slc23 family of ascorbate transporters: ensuring that you get and keep your daily dose of vitamin C. *Br J Pharmacol*, 164(7): 1793-801.
- Mendoza, J. H., Rodríguez, A., & Millán, P. (2012). Caracterización físico química de la uchuva (*Physalis peruviana*) en la región de Silvia Cauca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(2), 188-196.
- Menéndez, O., Evangelista, S., Arenas, M., Bermúdez, K., del Villar, A., & Jiménez, A. (2006). Cambios en la actividad de amilasa, pectinmetilesterasa y poligalacturonasa durante la maduración del maracuyá (*Passiflora edulis* var *flavicarpa* degener). *Interciencia*, 728 - 733.
- MINCETUR. (2009). *Estudio para la selección de 10 nuevos productos con potencial exportador, su adaptabilidad al territorio nacional, su viabilidad en Europa e identificar potenciales clientes*. Informe Final. Perú. Lima.
- Miranda, L. (2005). Criterios para el establecimiento, los sistemas de cultivo, el tutorado y posa de la uchuva. Bogotá.
- Novoa, R. H. (2006). La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana*, 24(1), 77-86.
- Obregón-La Rosa, A. J., Elías-Peñañiel, C. C., Contreras-López, E., et al., (2021). Características fisicoquímicas, nutricionales y morfológicas de frutas nativas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(1), 17-25.
- O'Neill, S. D. (1997). Pollination regulation of flower development. *Ann. Rev. Plant Phys.* 48, 547-574
- Panayotov, N., & Popova, A. (2014). Vegetative and productive behaviors of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.), grown by direct sowing outside under conditions of Bulgaria. *Tur. J. Agric. Nat. Sci.*, 6(6), 1141-1146.
- Popova, A., Panayotov, N., & Kouzмова, K. (2010). Evaluation of the development of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) plants under environmental conditions of South Bulgaria. *Balwois 2010-Ohrid*, Republic of Macedonia. 15, 1-10.
- Promperú (2012). Memoria institucional. Disponible en: <http://media.peru.info/catalogo/attach/MemorialInstitucional2012PROMPERU.pdf>
- Puente, L. (2011). *M. Physalis M. peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International*, Essex, v.44, p.1733-1740.
- Química Suiza Industrial del Perú S.A. (18 de marzo de 2018). Química Suiza Industrial del Perú S.A. Obtenido de Química Suiza Industrial del Perú S.A.: http://www.qsindustrial.biz/media_qsi/uploads/fichas_tecnicas/stimplex.pdf
- Ramírez, M. S., & Muñoz, S. V. O. (2021). Obtención de una bebida alcohólica a partir de aguaymanto (*Physalis peruviana*) proveniente de Amazonas-Perú. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 2(3), 73-80.
- Rodríguez, N. C. R., & Bueno, M. L. B. (2006). Estudio de la diversidad citogenética de *Physalis peruviana* L. (Solanaceae). *Acta Biológica Colombiana*, 11(2), 75-85.
- Tacanga, W. A. T. (2015). Characteristics and functional properties of *Physalis peruviana* «Aguaymanto». Tesis para obtener el título de Ingeniero agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo.
- Tadeo, F. R., Terol, J., Rodrigo, M. J., Licciardello, C., & Sadka, A. (2020). Chapter 12 - Fruit growth and development. In M. Talon, M. Caruso, & F. G. Gmitter (Eds.), *The Genus Citrus* (pp. 245-269).
- Torres, R., Montes J., E., Perez, O., & Andrade, R. (2017). Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. *Información Tecnológica*, 24(3), 51-56.
- Sánchez, S., & Pablo, J. (2002). Estudios fenológicos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) (Tesis de pregrado). Universidad Zamorano.
- Velásquez & Mestanza (2003). Innovación agraria. Cajamarca: Revista año 2 de la estación experimental Baños del INCAINIA Cajamarca.
- Vieira, M. J., Luna, B. O., Sauer, E., Fischler, M., & Marín, X. (1998). *Manejo integrado de la fertilidad del suelo en zonas de Ladera*. <http://www.fao.org/3/ar824s/ar824s.pdf>