



CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SIETE VARIEDADES DE MANZANA (*Malus domestica* Borkh) ESTABLECIDAS EN TRÓPICO ALTO

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF SEVEN APPLE VARIETIES (*Malus domestica* Borkh) ESTABLISHED IN HIGH TROPICS

Carmenza Pérez Fagua¹
Yuli Alexandra Deaquiz Oyola²
Amanda Silva Parra³
German Eduardo Cely Reyes⁴
Pedro José Almanza Merchán⁵

¹ Ingeniero Agrónomo, Magíster en Ciencias Agrarias. PhD. Ciencias Agrarias, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia. cperezf@unillanos.edu.co

² Ingeniero Agrónomo, Magíster en Fisiología Vegetal, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. yuli.deaquiz@uptc.edu.co

³ Ingeniero Agrónomo, PhD. Agronomía, Universidad de los Llanos Villavicencio, Colombia. asilvap@unillanos.edu.co

⁴ Ingeniero Agrónomo, PhD. Agrociencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. Grupo de investigación en desarrollo y producción agraria sostenible german.cely@uptc.edu.co

⁵ Ingeniero agrónomo, PhD. Fisiología vegetal, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. Grupo de investigación en desarrollo y producción agraria sostenible. pedro.almanza@uptc.edu.co

Citación: Pérez, C., Deaquiz, Y., Silva, A., Cely, G. y Almanza, P. (2025). Caracterización físicoquímica de siete variedades de manzana (*Malus domestica* Borkh) establecidas en trópico alto. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 16(1), 357 - 376. <https://doi.org/10.22490/21456453.8141>

RESUMEN

Contextualización: la recuperación de variedades tradicionales de manzana es una acción muy importante en el ámbito de la conservación de los recursos filogenéticos a nivel local.

Vacío de conocimiento: las variedades tradicionales tienen propiedades específicas y poco comunes que las pueden hacer interesantes en comparación con las variedades comerciales. Sin embargo, han sido pocas las investigaciones que describen sus características de calidad.

Propósito: el objetivo de esta investigación fue determinar las características fisicoquímicas de los frutos en siete variedades de manzana establecidas en Tibaná, Boyacá, trópico alto de Colombia.

Metodología: se determinó el peso (g), color de la epidermis, firmeza del fruto (N),

sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Bx}$), pH, acidez total titulable (ATT), relación de madurez y potencial agroindustrial.

Resultados y conclusiones: los resultados indican que 'Winter Banana' mostró el mayor contenido de sólidos solubles y la menor dureza de fruto; 'Dorset Golden' tuvo el más alto valor de pH y relación de madurez; 'Anna' presentó la mayor acidez y 'Pensilvania' fue la de mayor tamaño. Por su parte, se determinó que 'Dorset Golden' y 'Winter Banana' se perfilan como las variedades con las mejores características fisicoquímicas para los procesos de industrialización.

Palabras clave: agroindustria, calidad organoléptica, madurez, postcosecha

ABSTRACT

Contextualization: The recovery of traditional apple varieties is a very important action in the field of plant genetic resources conservation, at the local level.

Knowledge gap: However, traditional varieties have specific and uncommon properties that can make them interesting compared to commercial varieties, but there has

been little research describing their quality characteristics.

Purpose: The objective of this research was to determine the physicochemical characteristics of seven apple varieties cultivated in Tibaná, Boyacá, High Tropics of Colombia.

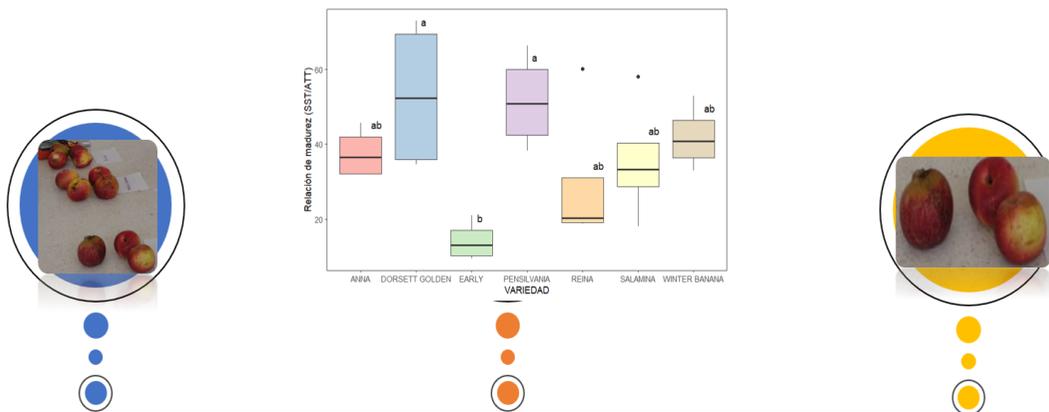
Methodology: The methodology employed involved the determination of several key characteristics of the fruit, including weight (in grams), skin color, fruit firmness (as measured in Newtons), total soluble solids (in degrees Brix), pH, total titratable acidity (in milliequivalents per liter), maturity ratio, and agroindustrial potential.

Results and conclusions: The results indicate that 'Winter Banana' had the highest

soluble solids content and the lowest fruit hardness. 'Dorset Golden' had the highest pH value and maturity ratio. 'Anna' had the highest acidity and 'Pennsylvania' had the largest size. 'Dorset Golden' and 'Winter Banana' were found to be the varieties with the best physicochemical characteristics for industrialization processes.

Keywords: agroindustry, fruit acidity, organoleptic quality, sugar content

RESUMEN GRÁFICO



Variedades de manzana
Anna
Dorsett Golden,
Early,
Salamina,
Pensilvania,
Reina,
Winter banana

Caracterización fisicoquímica

	Anna	Dorsett Golden	Early	Salamina	Pensilvania	Reina	Winter Banana
PH	3,84	3,91	3,87	3,59	3,91	3,74	3,87
STT	11,25	15,72	14,30	14,40	13,97	13,15	17,5
ACIDEZ	1,418	1,15	1,04	1,17	1,15	1,11	1,38

Potencial agroindustrial

	Jugo	Pulpa de fruta azucarada	Zumo y pulpa de fruta concentrados	Néctares de frutas	Refresco de frutas	Jaleas, mermeladas y confituras	Bocadillo de frutas	Salsa de frutas
Anna	✓	x	x	✓	✓	✓	x	x
Dorsett Golden	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x
Early	✓	x	x	✓	x	✓	x	x
Salamina	✓	x	x	✓	x	✓	x	x
Pensilvania	✓	x	x	✓	x	✓	x	x
Reina	✓	x	x	✓	x	✓	x	x
Winter Banana	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x

Fuente: autores.

1 INTRODUCCIÓN

Malus es un género de árboles y arbustos de la familia Rosaceae, que agrupa de 25 a 33 especies (Ma *et al.*, 2017) en las incluye uno de los frutales más importantes, como el manzano. Un gran número de estudios realizados en especies cultivadas y silvestres han resaltado la enorme importancia de las variedades tradicionalmente plantadas y adaptadas a zonas tropicales, destacando la gran diversidad bioquímica y morfológica de esta especie (Dan *et al.*, 2015; Cepeda *et al.*, 2021; Gutiérrez-Villamil *et al.*, 2022). Según Cornille *et al.* (2012) y Kalkisim *et al.* (2016), la gran diversidad de este frutal se debe en gran parte a la domesticación y evolución ocurrida a través del tiempo, no obstante, desde hace unos años esta gran diversidad se ha visto disminuida por causa de la aparición de cultivos comerciales homogéneos, lo cual ha ocasionado la desaparición de un gran número de cultivares locales (Bhat *et al.*, 2011).

El manzano es una de las especies caducifolias de mayor difusión a escala mundial, en gran medida, por su alto valor nutricional (los frutos, sin incluir los microelementos, contienen 65% de potasio, 23% de nitrógeno, 5% de fósforo y sólo 7% de magnesio y calcio) (Casierra-Posada *et al.*, 2003) y económico, con futuro agroindustrial para el trópico alto de Colombia (Becerra y Gallardo,

2015). Dada la importancia de este caducifolio, ha sido ampliamente analizado y estudiado a nivel nacional e internacional desde hace muchos años. No obstante, a pesar del gran número de investigaciones, se calcula que existen más de 7500 tipos de manzanas (Dobrzański *et al.*, 2006), lo que ha obstaculizado en gran medida determinar las características de cada fruto. En la actualidad, la variedad de manzana más importante en Colombia es ‘Anna’ (Cepeda *et al.*, 2021), gracias a su fácil adaptación a zonas altas del trópico y sus bajos requerimientos de horas frío (Gutiérrez-Villamil *et al.*, 2022).

En Boyacá, esta variedad se ha logrado posicionar como la más representativa con cerca del 65% de la producción de manzana, convirtiéndola en una gran apuesta para el mercado nacional e internacional (Puentes *et al.*, 2008). Sin embargo, la gran demanda de ‘Anna’ ha favorecido la pérdida de una enorme diversidad genética, variedades como ‘Dorsett Golden’, ‘Early’, ‘Salamina’, ‘Pensilvania’, ‘Reina’ o ‘rayada’ y ‘Winter banana’, han sido abandonadas, en preferencia de los manzanos ‘Anna’ de alto rendimiento, sin alcanzar el potencial de aprovechamiento tecnológico y comercial. La Tabla 1 describe las características climáticas y del fruto de algunas de las variedades estudiadas.

Tabla 1.

Características de variables de clima y fruto de algunas variedades de manzana

Variables	Variedades				
	Anna	Early	Salamina	Pensilvania	Winter banana
Adaptación (m.s.n.m)	1800 - 2700	2200 -2700	1800-2700	2000 -2400	2200 -2600
Patrón	Eureka - MM-106 MM-7	Eureka y MM-106	Eureka y MM-106	Eureka y MM-106	Eureka y MM-106
Color, piel y pulpa	Piel roja con puntos verdes amarillentos, pulpa blanca	Piel púrpura, pulpa blanca	Piel roja, pulpa blanca	Piel verde amarillenta, pulpa blanca	Piel verde rojiza, pulpa blanca
Tamaño	Grande	Mediano	Mediano	Grande	Mediano
Polinizantes	Dorsetgolden	Winter banana, Pensilvania	Winter banana, Pensilvania Golden delicious	Winter Banana, Salamina	Golden Delicious
Clasificación horas frío	Muy bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo

Fuente: adaptado de Sarmiento y Naranjo (1997).

La recuperación de un gran número de variedades tradicionales detendría la pérdida de valiosos recursos genéticos adaptados a nivel del trópico alto de Colombia. Con ese fin, es prioritario caracterizar adecuadamente cada una de las variedades existentes en la región, lo cual sería de gran importancia para el aseguramiento de la calidad del fruto ya que ayuda a determinar el valor nutricional como también a controlar el cumplimiento de ciertos parámetros, bien sea

para su comercialización o para el mejoramiento genético de las variedades mencionadas u otras.

Con lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar las características físico-químicas de las variedades 'Anna', 'Dorsett Golden', 'Early', 'Salamina', 'Pensilvania', 'Reina' o 'rayada' y 'Winter banana', cultivadas en el municipio de Tibaná, Boyacá, trópico alto del Colombia.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Los frutos de las siete variedades de manzana fueron recolectados en múltiples unidades productivas, las cuales se distribuyeron a lo largo del municipio de Tibaná, Boyacá, trópico alto de Colombia, localizado a 5° 19' 14" de latitud norte y 73° 24' 02" de longitud oeste, la temperatura media del sitio es de 16°C que corresponde al Bosque seco, casi húmedo, según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (IGAC, 2003), presenta una precipitación promedio anual de 924mm y con régimen pluvial bimodal (marzo-mayo y septiembre-noviembre), que cubre clima frío húmedo y clima frío seco, con altitudes entre 2000 y 3000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), con temperaturas promedio entre 12 y 18 °C junto a una humedad entre 60% y 100% y entre 20% y 60%, respectivamente (IDEAM, 2007).

Los frutos fueron recolectados y llevados al Laboratorio de Suelos y Poscosecha de la Fundación Universitaria Juan de Castellanos, ubicado en el municipio de Soracá, Boyacá. Allí se llevó a cabo la caracterización fisicoquímica de cada variedad.

Tipo de estudio

Se usó un diseño completamente al azar (DCA) con siete tratamientos: variedad 'Anna', variedad 'Dorsett Golden', variedad 'Early', variedad 'Salamina', variedad 'Pensilvania', variedad 'Reina' o 'rayada' y variedad

'Winter banana', cada uno con cuatro repeticiones.

Para esta investigación se tuvieron en cuenta 28 unidades experimentales, cada unidad experimental correspondió a un fruto. Estos fueron recolectados en estado de madurez tres con un tamaño homogéneo, libres de daños fitosanitarios, físicos y mecánicos, como lo indica la norma técnica colombiana ICONTEC 3523-1 (ICONTEC, 1996), la cual especifica los requisitos que deben cumplir las manzanas destinadas al consumo humano. Su selección fue de forma aleatoria. Para la realización de este estudio se consideraron las siguientes variables:

Peso (g): la masa fresca de los frutos fue estimada mediante una balanza electrónica de precisión 0.001 marca AXIS.

Color de la epidermis: se utilizó el espectrocolorímetro digital AWR-18 marca VDUNSKY, modelo WR-18, iluminante D65 y observador de 10° como referencia, mediante los parámetros del sistema CIELab "L", "a" y "b".

Para medir el índice de color, se utilizó el modelo de color LAB, el cual es un modelo ampliamente utilizado en el sector alimenticio a nivel mundial. Sus parámetros en muestras de alimento designan: L* la luminosidad (0 = negro y 100 = blanco), donde a y b son las coordenadas cromáticas rectangulares (+a = rojo y -a = verde / +b = amarillo y -b = azul), los valores de color se obtuvieron de L* a * b * y el ángulo de tono y croma (C*)

usados mediante las fórmulas (b^*/a^*) y $(a^*2 + b^*2)^{1/2}$ (Zuculoto *et al.*, 2015).

Firmeza del fruto (N): la medición de este parámetro se realizó mediante un penetrómetro digital GY-4 marca Barry Century, número de modelo GY4, con aproximación 0.05 N, comprometiendo cerca de 10mm de la corteza.

Sólidos solubles totales (°Bx): determinado con un refractómetro digital de rango 0 a 85% con una precisión de 0.1 °Bx.

pH: para la estimación del pH se tomaron 5 cm³ de zumo de manzana y se diluyeron en 50 cm³ de agua destilada. Posteriormente, se midió dicha mezcla con un potenciómetro calibrado con soluciones buffer de un pH de 7.0 y 4.0, los resultados se reportaron en escala numérica (Zuculoto *et al.*, 2015).

Acidez total titulable: determinada por medio de la metodología de la AOAC (2023). Mediante cálculos con datos de volumen de NaOH, incorporado en 5 g de jugo de frutos, agregando 3 gotas de fenolftaleína en una titulación potenciométrica hasta pH de 8,2.

Relación de madurez: determinada mediante la relación entre la cantidad de azúcares totales y la cantidad de ácidos orgánicos presentes en los frutos (SST/ATT).

Características del potencial agroindustrial: se compararon los resultados obtenidos en la investigación con los parámetros establecidos en la resolución 3929 de 2013 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013) (Tabla 2), esto con el fin de determinar el potencial agroindustrial de cada variedad.

Tabla 2.

Características químicas para el procesamiento de la manzana según la resolución 3929 de 2013

Producto	pH	Acidez (%m/m)	Sólidos solubles (°Bx)
Jugo	Máximo 4,0	Mínimo 0,4	Mínimo 10,0
Pulpa de fruta azucarada	Máximo 4,0	Mínimo 0,4	Mínimo 40,0
Zumos y pulpa de fruta concentrados	Máximo 4,0	Mínimo 0,4	Mínimo 15,0
Néctares de frutas	De 2,5 a 4,6	Mínimo 0,2	Mínimo 10,0
Refrescos de frutas	Máximo 4,0	Mínimo 0,2	Máximo 13,0

Jaleas, mermeladas y confituras	Mínimo 3,04	Mínimo 0,5	Máximo 60,0
Bocadillo de frutas	Mínimo 3,4	No se especifica	Mínimo 75,0
Salsas de frutas	De 2.8 a 3,0	No se especifica	De 60,0 a 62,0

Fuente: adaptado de Ministerio de Salud y Protección Social (2013).

Análisis de datos

Se realizó al modelo estadístico el cumplimiento de supuestos de normalidad, homocedasticidad, e independencia; luego se llevó a cabo el análisis de varianza ANOVA con el fin de determinar las diferencias estadísticas

entre tratamientos; posteriormente, se hizo la prueba de comparación de medias de Tukey con un 5% de significancia. Para esto se utilizó el software R Studio y la librería *Agricolae*, *ggplot2*, versión 4.3.1 (R Core, 2020).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sólidos solubles totales SST (°Bx)

Esta variable presentó diferencias estadísticas significativas entre las variedades ‘Winter Banana’ y ‘Anna’, donde se obtuvieron valores de 17,50 y 11,25 °Bx. No obstante, las variedades ‘Dorsett Golden’, ‘Salamina’, ‘Early’, ‘Pensilvania’ y ‘Reina’ no mostraron diferencias estadísticas significativas entre ellas, con valores de 15,72, 14,4, 14,3, 13,97 y 13,15 °Bx, respectivamente (Figura 1). ‘Winter Banana’ tuvo la mayor cantidad de sólidos solubles, mientras que ‘Anna’ la menor cantidad. Los °Bx obtenidos en ‘Anna’ están

cercanos con los de Gutiérrez-Villamil *et al.* (2017), quienes afirman que el desarrollo del fruto y la cosecha en la variedad ‘Anna’ es entre 100 a 120 días después de la antesis, con contenido de sólidos solubles de 8,58 °Bx del fruto.

En el caso de ‘Winter Banana’, el valor obtenido se diferencia con los resultados obtenidos por Battaglia (2011), quien afirma que esta variedad alcanza tan solo 13 °Bx cuando madura, lo que pone de manifiesto la alta variabilidad en esta característica de la fruta de manzana, debido posiblemente a las condiciones edafoclimáticas que difieren de un sitio a otro.

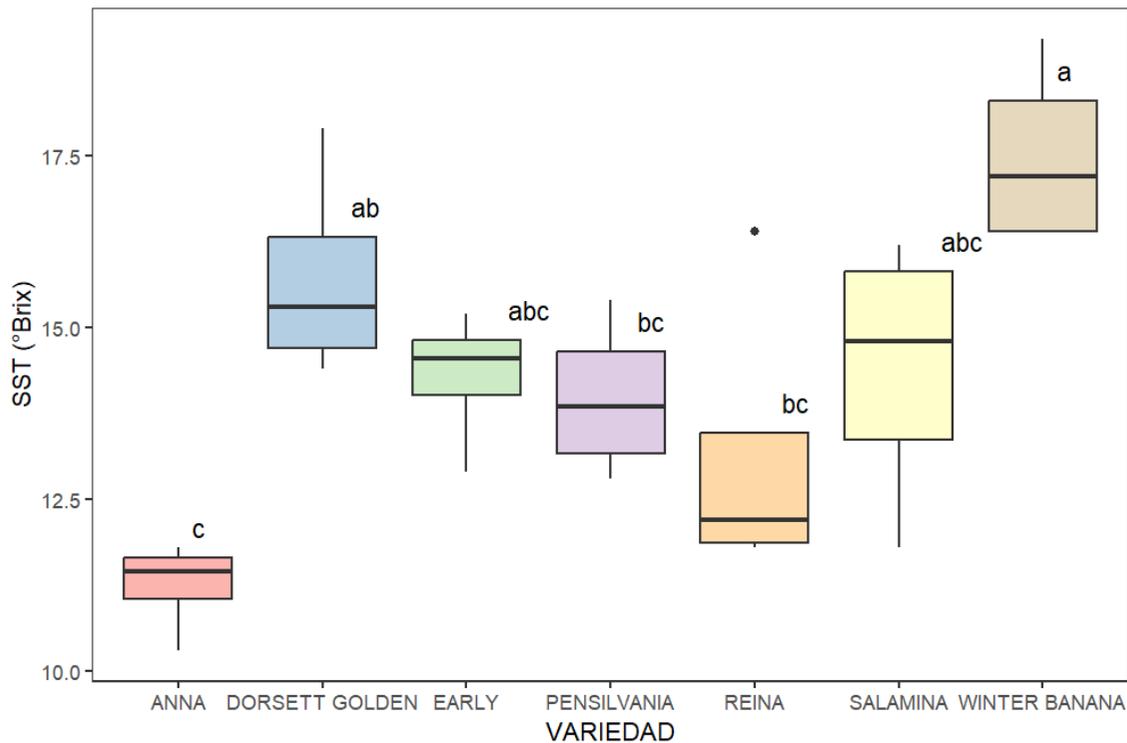


Figura 1. Sólidos solubles totales de las variedades ‘Winter Banana’, ‘Dorsett Golden’, ‘Salamina’, ‘Early’, ‘Pensilvania’, ‘Reina’ y ‘Anna’ procedentes del municipio de Tibaná, Boyacá. Según la prueba de Tukey ($p < 0,05$) letras distintas indican diferencias estadísticas significativas

Fuente: autores.

pH

Esta variable no presentó diferencias estadísticas significativas entre las variedades evaluadas. ‘Dorsett Golden’, ‘Pensilvania’, ‘Early’, ‘Winter Banana’, ‘Anna’, ‘Reina’ y ‘Salamina’, mostraron un pH de 3,93, 3,91, 3,87, 3,87, 3,84, 3,74 y 3,5, respectivamente. ‘Dorsett Golden’ tuvo el mayor valor de pH, mientras que ‘Salamina’ el menor (Figura 2), poniendo de manifiesto cómo la amplia gama de variedades en el trópico alto Boyacense

constituyen un patrimonio genético importante que puede expresar características similares de pH influenciando en la acidez de la fruta. Según Rodríguez *et al.* (2006), el pH es una de las variables de mayor importancia en la agroindustria, pues está relacionado con los costos de transformación de la materia prima. El valor de pH puede fluctuar en función de la variedad, las condiciones de postcosecha y las condiciones agroecológicas de la zona (Cepeda *et al.*, 2021).

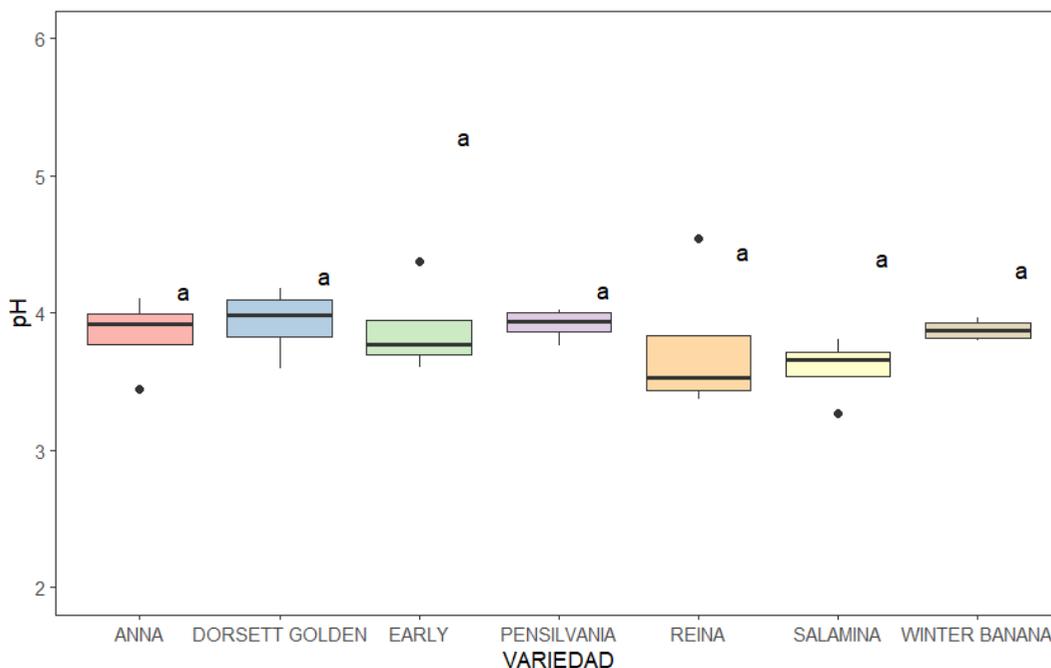


Figura 2. pH de las variedades ‘Dorsett Golden’, ‘Pensilvania’, ‘Early’, ‘Winter Banana’, ‘Anna’, ‘Reina’ y ‘Salamina’ procedentes del municipio de Tibaná, Boyacá. Según la prueba de Tukey ($p < 0.05$), letras distintas indican diferencias estadísticas significativas

Fuente: autores.

Acidez total titulable ATT (%)

No se presentaron diferencias estadísticas significativas entre las variedades evaluadas para ATT. ‘Anna’, ‘Winter Banana’, ‘Salamina’, ‘Pensilvania’, ‘Dorsett Golden’, ‘Reina y Early’ mostraron una acidez titulable de 1,41, 1,38, 1,17, 1,15, 1,15, 1,11, 1,04 %, respectivamente (Figura 3). ‘Anna’ demostró tener la mayor acidez, mientras que Early la menor. Corona-Leo *et al.* (2020), afirman que el contenido de azúcares y el porcentaje de acidez en

manzana son componentes esenciales para determinar la calidad de la fruta. El contenido de ácidos (málico, succínico, láctico y cítrico) disminuye tanto durante la maduración como durante la etapa de postcosecha, caso contrario a la cantidad de azúcares, que aumentan durante la maduración y se mantienen en condiciones normales durante la postcosecha. Por otra parte, el pH y la acidez titulable están correlacionados, la reducción de la acidez titulable ocasionaría un incremento en el pH de la fruta (Wu *et al.*, 2007).

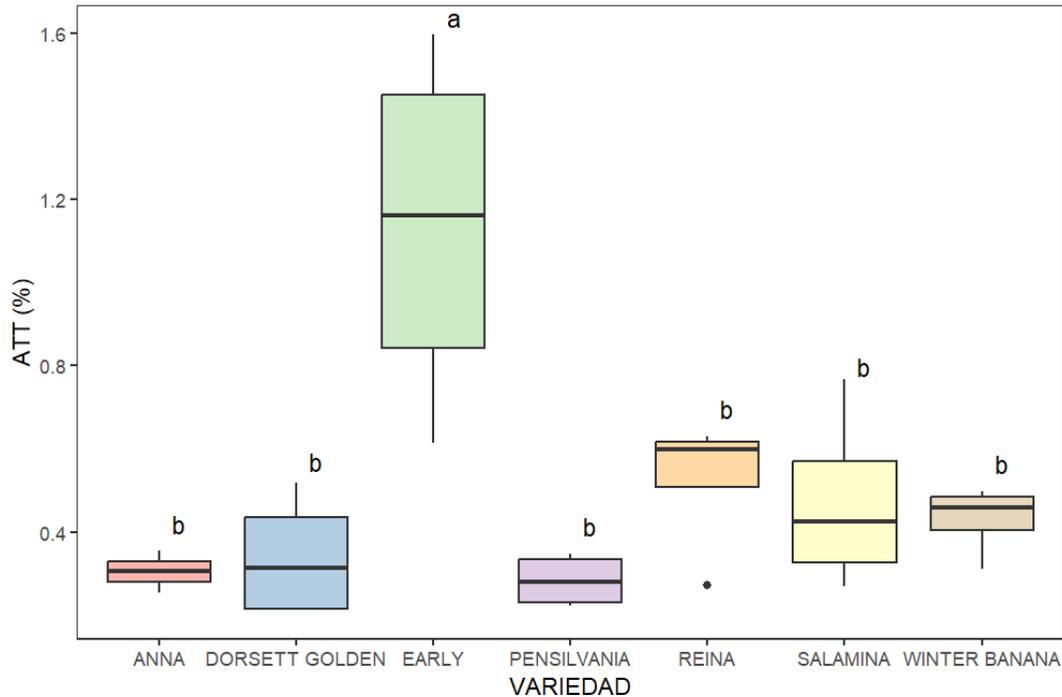


Figura 3. Acidez total titulable (%) de las variedades ‘Anna’, ‘Winter Banana’, ‘Salamina’, ‘Pensilvania’, ‘Dorsett Golden’, ‘Reina’ y ‘Early’, procedentes del municipio de Tibaná, Boyacá. Según la prueba de Tukey ($p < 0.05$) letras distintas indican diferencias estadísticas significativas

Fuente: autores.

Peso fresco (g)

Esta variable presentó diferencias estadísticas significativas entre ‘Pensilvania’, y las variedades ‘Reina’ y ‘Salamina’, donde se obtuvieron pesos de 99,97, 49,37 y 47,10 gramos, respectivamente. No obstante, las variedades ‘Winter Banana’, ‘Dorsett Golden’, ‘Early’ y ‘Anna’ no mostraron diferencias estadísticas significativas entre ellas, con pesos de 86,80, 77,05, 63,80 y 63,47 gramos, correspondientemente. ‘Pensilvania’ fue la variedad de mayor peso, mientras que ‘Salamina’ fue la de menor (Tabla 3).

El peso del fruto depende directamente de la acumulación de agua y materia seca propia de la variedad, además está determinado por la disponibilidad de metabolitos en la planta, donde el crecimiento y desarrollo de los frutos de cada variedad de manzana depende de los procesos hormonales endógenos, los cuales influyen en la producción de fotoasimilados en la planta (Cepeda *et al.*, 2021), jugando el potasio un papel importante (Battaglia, 2011).

En el trópico, la variedad ‘Anna’ ha sido manejada con diferentes técnicas para obtener dos cosechas al año (cultivo continuo),

donde el manejo de las podas puede estar controlando el tamaño de la fruta, como también lo hacen el efecto que tiene la temperatura y la nutrición del cultivo (Fischer y Orduz-Rodríguez, 2012).

Relación de madurez

Esta variable presentó diferencias estadísticas significativas entre ‘Dorsett Golden’ y ‘Early’ y las variedades ‘Winter Banana’ y ‘Anna’, donde se obtuvo una relación de madurez de 13,93, 13,69, 13,11 y 8,11, respectivamente. No obstante, las variedades ‘Sa-

lamina’, ‘Pensilvania’ y ‘Reina’ no mostraron diferencias estadísticas significativas entre ellas, con valores de 12,31, 12,21 y 11,80 (Figura 4). ‘Dorsett Golden’ tuvo la mayor relación de madurez, mientras que ‘Anna’ la menor. La concentración de ácidos orgánicos depende directamente de la maduración y de las características metabólicas del fruto, ocasionada por una máxima tasa respiratoria (Corona-Leo *et al.*, 2020). No obstante, esta no es la única razón, ya que Del Pilar *et al.* (2007) afirman que existe una gran correlación entre la relación de madurez, con la cantidad de sólidos solubles y el pH.

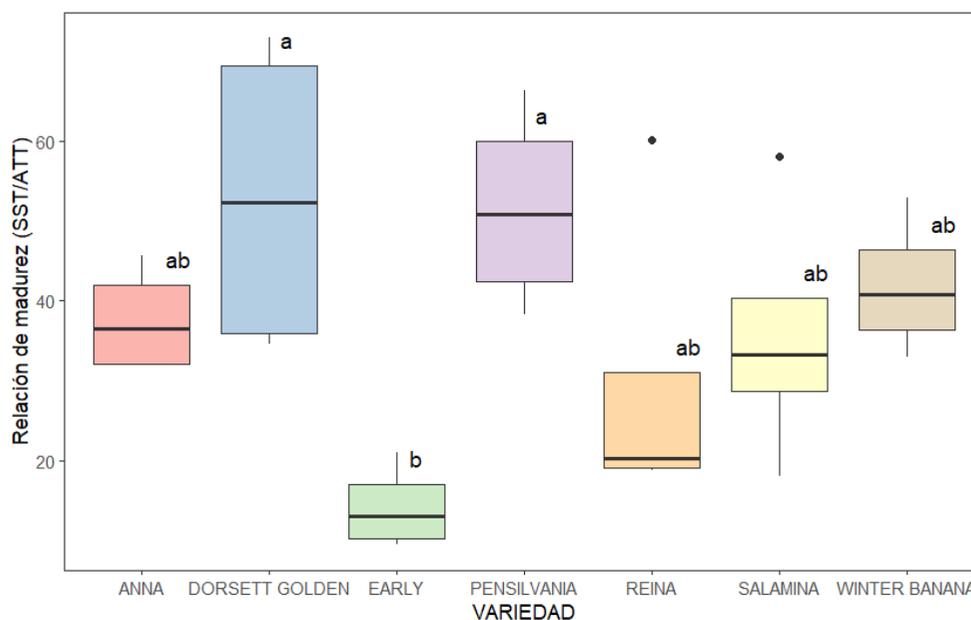


Figura 4. Relación de madurez (SST/ATT) de las variedades ‘Dorsett Golden’, ‘Early’, ‘Winter Banana’, ‘Salamina’, ‘Pensilvania’, ‘Reina’ y ‘Anna’ procedentes del municipio de Tibaná, Boyacá. Según la prueba de Tukey ($p < 0.05$) letras distintas indican diferencias estadísticas significativas

Fuente: autores.

Firmeza (N)

Esta variable presentó diferencias estadísticas significativas entre ‘Winter Banana’, ‘Anna’ y ‘Reina’ donde se obtuvieron valores de 16,14, 16,07 y 11,58 N. No obstante, las variedades ‘Dorsett Golden’, ‘Early’, ‘Pensilvania’ y ‘Salamina’ no mostraron diferencias estadísticas significativas entre ellas, con valores de 14,48, 14,34, 14,01 y 13,51 N, respectivamente. ‘Winter Banana’ tuvo la menor dureza de fruto, mientras que la variedad ‘Reina’ fue la de mayor dureza (Tabla 3).

Brummell (2006), afirma que el ablandamiento de los frutos depende directamente del efecto de una serie de modificaciones que ocurren en las redes de polímeros que componen la pared celular, debido a la despolimerización de la hemicelulosa y polióridos, lo cual se ve reflejado en la pérdida de firmeza y cambios en la calidad de la textura de los frutos.

La manzana tiene altos contenidos de agua, es rica en carbohidratos, proteínas y minerales, lo que contribuye a un rápido deterioro, siendo considerada altamente perecedera, además presenta pardeamiento enzimático

debido a su alto contenido en compuestos fenólicos que reaccionan con el oxígeno para formar melanoidinas, dándole este color al alimento, lo cual produce disminución de color, sabor y aromas, generando pérdidas durante la postcosecha. En Colombia se pierde del 30 al 40% del producto final por malos manejos en el cultivo, cosecha y postcosecha (Pinto-Medina *et al.*, 2016).

En este sentido, ‘Winter banana’ tendría un mejor desempeño en el manejo postcosecha, durante el almacenamiento, garantizando una mejor vida anaquel frente a las otras variedades estudiadas.

Índice de color

La luminosidad de la epidermis (L) no mostró diferencias estadísticas significativas entre las variedades evaluadas. ‘Dorsett Golden’, ‘Winter Banana’, ‘Reina’, ‘Anna’, ‘Early’, ‘Salamina’ y ‘Pensilvania’, revelaron una luminosidad promedio de 42,04, 41,50, 39,15, 37,67, 36,67, 35,46 y 35,12, respectivamente (Tabla 3). La variedad ‘Dorsett Golden’ tuvo la mayor luminosidad en su epidermis, mientras que ‘Pensilvania’ fue la que manifestó el menor valor.

Tabla 3

Características físicas de las variedades ‘Dorsett Golden’, ‘Early’, ‘Winter Banana’, ‘Salamina’, ‘Pensilvania’, ‘Reina’ y ‘Anna’ procedentes del municipio de Tibaná, Boyacá. Según la prueba de Tukey ($p < 0.05$) letras distintas indican diferencias estadísticas significativas

Variedades	Firmeza (N)	Peso (g)	Coordenadas Cielab			IC
			L	a*	b*	
Anna	16,07(±0,71) b	63,47(±2,06) b	37.70(±3,92) a	25,50(±4,95) a	25,80(±1,19) a	24,80(±5,48) b
Dorsett golden	14,48(±0,53) c	77,05(±3,68) b	42.00(±2,18) a	20,28(±1,83) a	26,30(±2,77) a	18,08(±1,67) c

Early	14,34(±1,13) c	63,80(±5,43) b	36.70(±5,51) a	21,40(±3,78) a	20,50(±2,10) a	38,21(±6,90) a
Salamina	13,52(±2,84) c	47,10(±4,12) c	35.50(±6,82) a	18.80(±2,45) a	25,50(±5,60) a	9,70(±2,16) d
Pensilvania	14,01(±1,04) c	99,97(±4,48) a	35,10(±4,98) a	24,50(±3,72) a	18,95(±0,68) a	27,11(±4,18) b
Reina	11,58(±1,10) d	49,37(±4,13) c	39,20(±2,91) a	23,00(±5,30) a	26,56(±3,73) a	21,24(±6,00) c
Winter banana	16,14(±0,73) a	86,80(±0,73) b	41.50(±2,40) a	20.70(±1,74) a	24,52(±4,35) a	26,43(±5,05) b

Fuente: autores.

El componente a (a*) no presentó diferencias estadísticas significativas entre las variedades evaluadas. ‘Anna’, ‘Pensilvania’, ‘Reina’, ‘Early’, ‘Winter Banana’, ‘Salamina’ y ‘Dorsett Golden’ mostraron valores promedio del componente a (a*) de 25,53, 24,53, 23,04, 21,40, 20,73, 18,82 y 18,73, respectivamente. La variedad ‘Anna’ tuvo el valor de componente a* más alto en su epidermis, mientras que ‘Dorsett Golden’ el menor.

El componente b (b*) no presentó diferencias estadísticas significativas entre las variedades evaluadas. ‘Reina’, ‘Dorsett Golden’, ‘Anna’, ‘Salamina’, ‘Winter Banana’, ‘Early’, y ‘Pensilvania’ mostraron valores promedio del componente b (b*) de 26,46, 26,30, 25,79, 25,49, 24,51, 20,46 y 17,80, respectivamente. La variedad ‘Reina’ tuvo el valor de componente b (b*) más alto en su epidermis, mientras que ‘Pensilvania’ el menor.

Según Kalinowska *et al.*, (2014), los cambios de color son excelentes indicadores prácticos de la maduración de las distintas variedades de manzana, y pueden deberse a diversos procesos ya sea de degradación o de síntesis.

Durante la maduración, y dependiendo de la variedad, ocurren cambios en el color que van desde tonalidades verdes a amarillas, en gran medida gracias al anabolismo de los pigmentos en los organelos celulares como las flavonas, las antocianinas y los carotenoides (Corona-Leo *et al.*, 2020), los cuales le proporcionan al fruto colores secundarios sobre una base de color primario, que por lo general es verde o amarilla, y es determinado por la presencia de clorofila o de xantofila en su defecto (Viera *et al.*, 2009).

Esta variable es importante a la hora de pretratamientos postcosecha por ejemplo el escaldado y antipardeantes, deshidratadas hasta valores de a* entre 0.5 y 0.7 han revelado una disminución en L* durante el almacenamiento a 30°C. La a*, en este sentido tiene una influencia significativa de la actividad enzimática, todavía presente después del escaldado (Cortes y Chiralt, 2008).

Potencial agroindustrial

De acuerdo a las características químicas obtenidas de las siete variedades de man-

zana procedentes del municipio de Tibaná, Boyacá, trópico alto de Colombia (Tabla 3), todas tradicionalmente cultivadas y adaptadas a esta zona, se posicionan como excelentes materias primas para la industrialización, en especial para la elaboración de jugos, néctares de frutas como también para la producción de jaleas, mermeladas y confituras (Tabla 4), pues cumplen con todos los parámetros establecidos para el procesamiento de la manzana instaurados en la re-

solución 3929 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social. No obstante, existen variedades que, por su alto contenido de sólidos totales, son ideales para la producción de zumos y pulpa de fruta concentrada, estas son: ‘Dorsett Golden’ y ‘Winter Banana’, con 15,7 y 17,5 °Bx, respectivamente. ‘Anna’, por su parte, es la única variedad ideal para la elaboración de refresco de frutas, debido a su volumen de sólidos totales correspondiente a 11.25 ° Bx.

Tabla 3.

Características químicas de las siete variedades de manzana evaluadas

	Anna	Dorsett Golden	Early	Salamina	Pensilvania	Reina	Winter Banana
pH	3,84	3,91	3,87	3,59	3,91	3,74	3,87
STT	11,25	15,72	14,30	14,40	13,97	13,15	17,5
Acidez	1,418	1,15	1,04	1,17	1,15	1,11	1,38

Fuente: autores.

Tabla 4.

Potencial agroindustrial de las siete variedades de manzana de acuerdo con las características químicas para el procesamiento de la manzana según la resolución 3929 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social

	Jugo	Pulpa de fruta azucarada	Zumo y pulpa de fruta concentrados	Néctares de frutas	Refresco de frutas	Jaleas, mermeladas y confituras	Bocadillo de frutas	Salsa de frutas
Anna	✓	X	X	✓	✓	✓	X	X
Dorsett Golden	✓	X	✓	✓	X	✓	X	X
Early	✓	X	X	✓	X	✓	X	X
Salamina	✓	X	X	✓	X	✓	X	X
Pensilvania	✓	X	X	✓	X	✓	X	X
Reina	✓	X	X	✓	X	✓	X	X
Winter Banana	✓	X	✓	✓	X	✓	X	X

X=No apta, ✓=apta

Fuente: autores.

4 CONCLUSIONES

Las variedades tradicionales muestran parámetros físicos muy favorables. La variedad 'Pensilvania' presentó el mayor peso y diámetro ecuatorial con respecto a las otras; por su parte, el índice de color cambió significativamente con la variedad siendo 'Dorsett Golden' la que expuso la mayor luminosidad de la epidermis; el valor del componente "a" más alto lo obtuvo 'Anna', siendo la manzana con mayor diámetro polar; mientras que la variedad 'Reina' tuvo una mayor firmeza del fruto.

Los resultados obtenidos en el análisis químico mostraron que la variedad 'Winter Banana' evidenció el mayor contenido de sólidos solubles; 'Dorsett Golden' obtuvo el pH y la relación de madurez más alta; y 'Anna' consiguió el mayor grado de acidez.

Las variedades 'Anna', 'Dorsett Golden', 'Early', 'Salamina', 'Pensilvania', 'Reina' o rayada y 'Winter Banana' son aptas para la industrialización, en especial para la elaboración de jugos, néctares de frutas al igual que para la producción de jaleas, mermeladas y confituras, debido a su excelente contenido de sólidos solubles, pH y acidez ideal.

Las variedades 'Dorsett Golden' y 'Winter Banana' se destacan como las aquellas con las mejores características fisicoquímicas para los procesos de industrialización, posicionándolas en un futuro cercano como alternativas agroindustriales importantes frente al uso de variedades comerciales.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Carmenza Pérez Fagua: investigación, conceptualización, escritura, borrador original.

Yuli Alexandra Deaquiz Oyola: investigación, análisis de datos y escritura. **Aman-**

da Silva Parra: logística, revisión y edición. **Germán Eduardo Cely Reyes:** administrador del proyecto, revisión y edición. **Pedro José Almanza Merchán:** supervisión, revisión y edición.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al grupo de investigaciones AOF de la Fundación Universitaria Juan de Castellanos por el préstamo

de laboratorio de postcosecha para la realización de las pruebas en laboratorio.

FINANCIAMIENTO

No aplica

LITERATURA CITADA

- AOAC. (2023). Official Method 942.15 Acidity (titratable) of fruit products. *In Official methods of analysis of AOAC International*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- Battaglia, M. (2011). Análisis de las potencialidades de desarrollo frutícola de tipo templado in Guatemala, Departamento del Quiché, Chichicastenango. *Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID)*, 105(2), 143-171. <https://doi.org/10.12895/jaeid.20112.49>
- Becerra, C., y Gallardo, C. (2015). Competitividad de las empresas agroindustriales de Boyacá. *Revista Criterio Libre*, 228 - 252. <https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2015v13n22.138>
- Bhat, Z., Pandit, A., Wani, W., & Rather, J. (2011). Effect of interstock on juvenility and tree size of 'ambri' apple. In *IX International Symposium on Integrating Canopy, Rootstock and Environmental Physiology in Orchard Systems* 903 (pp. 435-437). <https://doi.org/10.17660/Acta-Hortic.2011.903.58>
- Brummell, D.A. (2006). Cell wall disassembly in ripening fruit. *Functional Plant Biology*, 33, 103-119.
- Casierra-Posada, E., Cortés, L. E., Ramírez, J. and Castro, H. (2003). Estado nutricional de árboles de manzano 'Anna' durante la estación de crecimiento en los altiplanos colombianos. i. contenido de elementos minerales. *Agronomía Colombiana*, 21(1 y 2), 75-82. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/17780>
- Cepeda M., A.; Vélez-Sánchez, J. E., Balaguera-López, H. E. (2021). Analysis of growth and physicochemical changes in apple cv. Anna in a high-altitude tropical climate. *Revista de Ciencias Hortícolas*, 15(2), <https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i2.12508>
- Cornille, A., Gladieux, P., Smulders, M., Roldan, I., Laurens, F., Le Cam, B. & Giraud, T. (2012). New insight into the history of domesticated apple: secondary contribution of the European wild apple to the genome of cultivated varieties. *PLoS genetics*, 8(5), <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1002703>
- Corona-Leo, L. S., Hernández-Martínez, D. M., y Meza-Márquez, O. G. (2020). Análisis de parámetros fisicoquímicos, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en piel, pulpa y fruto entero de cinco cultivares de manzana (*Malus domestica*)

- cosechadas en México. *Biotecnia*, 22(1), 166-174. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i1.1193>
- Cortés, M., y Chiralt B, A. (2008). Cinética de los cambios de color en manzana deshidratada por aire fortificada con vitamina. *Vitae, revista de la facultad de química farmacéutica*, 15(1), 8-16. https://www.redalyc.org/pdf/1698/Resumenes/Resumen_169815394002_1.pdf
- Dan, C., Sestras, A., Bozdog, C., & Sestras, R. (2015). Investigation of wild species potential to increase genetic diversity useful for apple breeding. *Genetika*, 47(3), 993-1011. <https://doi.org/10.2298/GEN-SR1503993D>
- Del pilar, Pinzón, I., Fischer, G., y Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims.). *Agronomía Colombiana*, 25(1), 83-95. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/14408>
- Dobrzański, B., Rabcewicz, J., & Rybczyński, R. (2006). *Handling of apple: transport techniques and efficiency vibration, damage and bruising texture, firmness and quality*. B. Dobrzański Institute of Agrophysics Polish Academy of Sciences. https://www.ipan.lublin.pl/wp-content/uploads/2017/03/mat_coe27.pdf
- Fischer, G. y Orduz-Rodríguez, J.O. (2012). Ecofisiología en frutales. In: Fischer, G. (ed.). *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (pp. 54-72). Produmedios.
- Gutiérrez-Villamil, D. A., Álvarez-Herrera, J. G., & Fischer, G. (2022). Performance of the 'Anna' apple (*Malus domestica* Borkh.) in Tropical Highlands: A review. *Revista De Ciencias Agrícolas*, 39(1), 123-141. <https://doi.org/10.22267/rcia.223901.175>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (ICONTEC). (1996). NTC 3523-1: *Industrias agrícolas. Frutas, legumbres hortalizas y tubérculos frescos. Manzana*. 2da. Edición. ICONTEC. <https://tienda.icontec.org/gp-industrias-agricolas-frutas-legumbres-hortalizas-y-tuberculos-frescos-manzana-ntc3523-1-1996.html>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (IDEAM). (2007). *Sistema de información registros estacionales Corpochivor* (Tibaná, Boyacá, Colombia).
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2003). *Mapa suelos de Colombia, archivo de computador escala 1:500000: Memoria explicativa*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Kalinowska, M., Bielawska, A., Lewandowska-Siwkiewicz, H., Priebe, W., y Lewandowski, W. (2014). Apples: content of phenolic compounds vs. variety, part of apple and cultivation model, extraction of phenolic compounds, biological properties. *Plant Physiology and Biochemistry*, 84, 169-188. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.09.006>
- Kalkisim O., Ozdes, D., Okcu, Z., Karabulut, B. & Senturk, H.B. (2016). Determination of pomological and morphological characteristics and chemical compositions of local apple varieties grown in Gu-

- mushane, Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, 58, 41-48, <http://dx.doi.org/10.1007/s10341-015-0256-4>
- Ma, B., Liao, L., Peng, Q., Fang, T., Zhou, H., Korban, S., & Han, Y. (2017). Reduced representation genome sequencing reveals patterns of genetic diversity and selection in apple. *Journal of integrative plant biology*, 59(3), 190-204. <https://doi.org/10.1111/jipb.12522>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). *Resolución 003929 de 2013*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-3929-de-2013.pdf>
- Pinto, D. A., Fernández, Y., y Martínez, E. (2016). Costos y rendimientos de producción de tres néctares de manzana (*Pyrus malus*) variedades Anna, Pensilvania y Winter. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, 7(2), 157-169. <https://doi.org/10.22490/21456453.1565>
- Puentes, G. A., Rodríguez, L. F. y Bermúdez, L. T. (2008). Análisis de grupo de las empresas productoras de frutales caducifolios del departamento de Boyacá. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 146-154. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13929/14648>
- R Core, T. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. URL <https://www.R-project.org/>
- Rodríguez, M., Arjona, H. E., y Galvis, J. A. (2006). Maduración del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los clones 41 (Quimba) y 8-4 a temperatura ambiente en condiciones de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 24(1), 68-76. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/20008>
- Sarmiento, A. y C. Naranjo (eds.). (1997). *Frutales caducifolios: manzano, peral, durazno y ciruelo*. SIAC; Fenalce; Editorial Presencia. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/34341>
- Vieira, F.G.K., Borges, G.S.C., Copetti, C., Amboni, R.D.M.C., Denardi, F. y Fett, R. (2009). Physico-chemical and antioxidant properties of six apple cultivars (*Malus domestica* Borkh) grown in southern Brazil. *Scientia Horticulturae*, 122, 421-425. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423809002969>
- Wu, J., Gao, H., Zhao, L., Liao, X., Chen, F., Wang, Z. y Hu, X. (2007). Chemical compositional characterization of some apple cultivars. *Food Chemistry*, 103, 88-93. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.07.030>
- Zucoloto, M., Mosbah, K., Kushad, M. y Sawwan, J. (2015). Bioactive compounds and quality characteristics of five apples cultivars. *Ciência Rural*, 45(11), 1972-1979. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141160>



Conflicto de intereses
*Los autores declaran no tener
ningún conflicto de intereses.*



Licencia de Creative Commons

Revista de Investigación Agraria y Ambiental is licensed under a Creative Commons
Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional License.