

PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD FRUTÍCOLA ANDINA.

Producto 6. Informe técnico de pruebas de duración de postcosecha de la fruta

Diana Manrique
William Viera
Carlos Orrego

2020





Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un programa de cooperación administrado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), pero con su propia membresía, estructura de gobernabilidad y activos. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Diana Manrique, William Viera, Carlos Orrego.

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

Esta publicación puede solicitarse a:

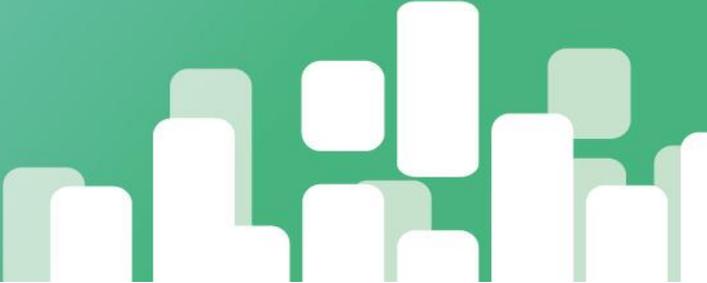
FONTAGRO

Banco Interamericano de Desarrollo
1300 New York Avenue, NW, Stop W0502
Washington, D.C., 20577

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org



Tabla de Contenidos



Resumen 4

Introducción..... 5

Objetivos..... 8

Metodología 9

Resultados 27

Discusión..... 62

Conclusiones 75

Referencias Bibliográficas 79



Resumen

Colombia, Ecuador y Perú son países productores de frutas tropicales, de importancia mundial, pues cuentan con varios tipos de clima y suelo para producir una gran variedad de productos agrícolas como frutas, hortalizas y plantas ornamentales, los cuales son productos promisorios de exportación. Dentro de los productos más sobresalientes se encuentran algunas pasifloras como el maracuyá, la gulupa y la granadilla, algunos cítricos como la naranja y el limón y el aguacate variedad Hass, los cuales en los últimos años han incrementado los niveles de exportación a diferentes nichos de mercado como Norte América, Países bajos y Japón (González, 2017).

Dada la relevancia de estos tipos de frutas es necesario evaluar las características fisicoquímicas de la fruta desde su recolección en finca hasta su madurez comercial, con el fin de monitorear los cambios presentados durante su almacenamiento y distribución en los puntos de venta y determinar su tiempo de vida útil. Para ello se estudió en la Universidad Nacional de Colombia-Manizales (UNAL) la vida de anaquel bajo dos condiciones de almacenamiento para el Aguacate Hass (*Persea americana 'Hass'*), Maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*), Gulupa (*Passiflora edulis f. edulis Sims*), Granadilla (*Passiflora ligularis Juss*), Naranja (*Citrus x sinensis*) y Limón Tahití (*Citrus x latifolia*). Las mejores condiciones y el tiempo de vida útil más alto se alcanzaron bajo condiciones de almacenamiento en frío. Además, se evaluó la vida de anaquel bajo condiciones de congelación de una pasta de aguacate, que resultó ser estable durante 6 meses.

Una de las principales desventajas del manejo de fruta en fresco es su deterioro, razón por la cual se hace necesario buscar alternativas que preserven el producto por más tiempo sin afectar sus propiedades fisicoquímicas ni organolépticas, dado que las exigencias de los consumidores son cada vez más altas. Si bien las propiedades funcionales de un fruto son su atractivo principal, la apariencia y mitigación de daños físicos cumple un papel relevante a la hora de la selección de frutos por parte del consumidor. En este caso una adecuada manipulación, empaque y almacenamiento, tendrá la capacidad de garantizar por más tiempo la calidad de la fruta, conservando sus propiedades fisicoquímicas.

El co-ejecutor INIAP en Ecuador realizó ensayos para el aguacate y maracuyá en su comercialización en varias condiciones de empaque y almacenamiento, determinando la vida útil de cada uno, de acuerdo a las condiciones a las que fueron sometidos.

Palabras Clave:

Aguacate Hass, Maracuyá, Gulupa, Granadilla, Naranja, Limón Tahití, Aguacate fuerte, vida de anaquel, calidad, recubrimientos, atmósfera modificada, postcosecha, altura, variedad.



Introducción

Colombia, Ecuador y Perú se han aprovechado del crecimiento mundial del mercado de frutas exóticas y tropicales ya que cuentan con clima y suelo para ello. Dentro de las frutas con potencial de exportación, se destacan algunas variedades de pasifloras, el aguacate Hass y el limón.

Los tres países Andinos mencionados se han presentado mejoras tecnológicas con diferente intensidad en las zonas de cultivo de fruta. El cultivo de aguacate evidencia una fuerte alza en siembra y comercialización, paralela a la tecnificación de los cultivos lo que ha permitido aumentar el rendimiento en ciertas zonas. Cabe resaltar que algunas de estas regiones son líderes en exportaciones, tales como los departamentos de Antioquia y Risaralda en Colombia y Piura en Perú debido a la alta demanda del aguacate en el mercado internacional. El cultivo de cítricos ha se ha afectado en los últimos años debido a la presencia del HLB, por lo que se constantemente se buscan alternativas para que los productores puedan afrontar esta enfermedad. Sin embargo, sigue siendo el cultivo de mayor producción y de mayor rendimiento. Las pasifloras, por su parte, han incrementado su importancia en el mercado Europeo y Japón, destacándose entre ellas la gulupa, la granadilla y el maracuyá (González, 2017).

Sin embargo, una de las limitaciones que se presentan son las pérdidas de calidad durante la postcosecha de las frutas, las cuales pueden ser causadas por factores genéticos del cultivo, por el transporte y/o por las condiciones de almacenamiento.

No existe consenso sobre una definición generalmente aceptada para la vida útil de un producto alimenticio. El Instituto de Tecnología de Alimentos de Estados Unidos (IFT), la define como “el periodo de tiempo entre la fabricación y la compra al por menor de un producto alimenticio, durante el cual el producto se encuentra en un estado de calidad satisfactoria en términos de valor nutricional, sabor, textura y apariencia”. Sin embargo, está definición no contempla el tiempo que el consumidor puede almacenar un producto hasta su consumo. El Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos del Reino Unido (IFST) define la vida útil como “el periodo de tiempo durante el cual el producto alimenticio permanecerá seguro; asegurándose de conservar las características sensoriales, químicas, físicas, microbiológicas y funcionales deseadas; y cumplir con cualquier declaración de etiqueta de datos nutricionales cuando se almacena en las condiciones recomendadas” (Robertson, 2009).

Existen varias maneras de determinar la vida útil de un alimento, ya sea por métodos directos o indirectos los cuales son calculados mediante predicciones. El método directo se utiliza en productos de corta duración, que se almacenan bajo condiciones controladas hasta alcanzar el deterioro. Los métodos indirectos se emplean en productos de media y larga duración que requieren para su determinación el uso de cinéticas de reacción y modelos para estudiar el efecto



de la temperatura; también se aplican en ellos estudios de vida acelerada.

Teniendo en cuenta que el consumidor final es quien acepta o rechaza un producto, los estudios de vida útil o de anaquel basados en la percepción del consumidor han tomado gran importancia. Se denominan vida de anaquel sensorial, SSL (por las iniciales en idioma inglés, Sensory Shelf Life) y se definen como “el periodo durante el cual se conservan las características sensoriales del producto y los beneficios que pretendía el productor” (Giraldo Gómez & Rodríguez Barona, 2015). Los métodos que permiten la estimación de la vida útil sensorial se pueden resumir en:

- **Método del punto de corte o cut-off-point (COP):** Es una combinación de medición de intensidad y el límite de aceptabilidad, lo que permite trabajar con un panel entrenado en lugar de consumidores. Se requiere la identificación de los descriptores (defectos sensoriales), establecidos de manera arbitraria por parte del investigador, basados en datos de la literatura o mediante el COP obtenido (Giménez, Ares, & Ares, 2012).
- **Método de fallo de producto o rechazo del consumidor:** (vida de anaquel acelerada). Se basa en métodos estadísticos de estimación de la vida media de un producto, tales como el método de Weibull (Giménez et al., 2012).
- **Determinación directa:** Se usa para productos de corta duración (como frutas y verduras), con condiciones de almacenamiento controladas se mide cuando el producto alcance su deterioro completo. Las condiciones de almacenamiento incluyen la temperatura, la humedad e iluminación, puesto que todas ellas pueden influir en la velocidad de deterioro del producto, (Ellis, 1994).
- **Estimación indirecta y predicción de la vida útil:** En este método es necesario conocer las cinéticas de reacción y los modelos utilizados para estimar el efecto de variables como la temperatura, para determinar la vida útil de productos de media y larga duración (Giraldo Gómez & Rodríguez Barona, 2015).

Se utilizó la determinación directa dado que es el método más adecuado en productos perecederos tales como frutas y vegetales (Giraldo Gómez & Rodríguez Barona, 2015). Se estimaron los tiempos de vida útil de las frutas del proyecto maracuyá, gulupa, granadilla, naranja, limón y aguacate variedad Hass, bajo dos condiciones de almacenamiento. Los parámetros de calidad de fruta monitoreados se encuentran en las Normas técnicas Colombianas –NTC- para cada una de las frutas:

- NTC 6345 – Frutas frescas. Aguacate Variedad Hass. Especificaciones (Icontec, 2019).
- NTC 1267 – Frutas frescas. Maracuyá (Icontec, 1979).
- Propuesta de Norma Técnica Colombiana. Frutas frescas. Gulupa. Especificaciones



(Orjuela Baquero, Pérez Martínez, Flórez, Hernández, & Melgarejo, 2011).

- NTC 4101 – Frutas frescas. Granadilla. Especificaciones (Icontec, 1997c).
- NTC 4086 – Frutas frescas. Naranja valencia. Especificaciones (Icontec, 1997a)
- NTC 4087 – Frutas frescas. Lima Tahití. Especificaciones (Icontec, 1997b)

En las normas se describen las características principales de cada fruta, los parámetros de calidad que deben cumplir, recomendaciones de empaque y rotulado para la exportación de la fruta en fresco.

Para la conservación de frutas y hortalizas es necesario identificar y ponderar los factores favorables y desfavorables que generaría una reducción de oxígeno y dióxido de carbono. Adicionalmente, se deben tener en cuenta cuatro factores que permitirán una óptima técnica de empaque con atmósfera modificada: el material del envase empleado, la adecuada mezcla de los gases, los materiales de envase y el equipo utilizado. Se denomina atmósfera (Ángel & Estrella, 2018) modificada al proceso que pretende proteger las características organolépticas, microbiológicas y sensoriales de un alimento, mediante la modificación del ambiente gaseoso, al reemplazar el aire por un gas o mezcla de gases inertes (Ospina & Cartagena, 2008). Esta técnica es ampliamente aplicada en la industria alimentaria y los gases más comúnmente inyectados son: O₂, CO₂ y N₂. Las frutas una vez recolectadas continúan respirando, mediante procesos bioquímicos en los que los carbohidratos, ácidos orgánicos y demás son metabolizados en moléculas más simples produciendo calor, lo que genera cambios en las propiedades del alimento. Un apropiado diseño de empaque con atmósfera modificada tendrá la capacidad de mitigar estas alteraciones (Najarro Barrientos, Tinoco Gómez, & Huari Evangelista, 2016).

En Ecuador, el co-ejecutor INIAP, dentro de sus actividades, planteó realizar un ensayo para evaluar la influencia de 4 atmósferas modificadas en la vida útil y calidad fisicoquímica del aguacate Hass y Fuerte, este ensayo fue suspendido al iniciar 2020, dada la situación actual de salud pública a nivel mundial a causa de la pandemia.



Objetivos

General

Determinar la vida útil postcosecha de las frutas del proyecto, aguacate variedad Hass, cítricos (naranja y limón Tahití) y pasifloras (maracuyá, gulupa y granadilla) bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaques.

Objetivos específicos

1. Evaluar la vida útil de las frutas del proyecto, aguacate variedad Hass, cítricos (naranja y limón Tahití) y pasifloras (maracuyá, gulupa y granadilla) en dos condiciones de almacenamiento (Colombia-UNAL).
2. Evaluar e identificar algunas técnicas de producción de pasta de aguacate variedad Hass, que proporcione además de buena calidad comercial, una larga vida de anaquel en almacenamiento bajo congelación (Colombia-UNAL).
3. Evaluar la pérdida de la calidad de las frutas del proyecto en diferentes condiciones de empaque (Ecuador-INIAP).
4. Determinar el tiempo de vida útil en fresco y en el tipo de empaque de las frutas del proyecto bajo las condiciones estudiadas.



Metodología

Parte I: Vida de anaquel de frutas frescas

En primer lugar, se presenta una breve revisión bibliográfica acerca de los procesos metabólicos que sufren los frutos durante su almacenamiento, es decir, los cambios en su estructura física, química, nutricional y sensorial ocasionados por las condiciones del ambiente donde se almacenan, tales como la temperatura, humedad relativa, presencia de luz, etc.

La humedad del aire es un factor clave que define muchos de los cambios que sufre la fruta durante su almacenamiento, debido a que el fruto pierde humedad hacia el ambiente, ocasionando pérdida de peso, encogimiento y reducciones en el contenido de pulpa. Los cambios que ocurren en la fruta tal como respiración y otras reacciones metabólicas, dependen en gran medida de la temperatura a la que se encuentre el fruto, debido a que altas temperaturas pueden acelerarlas, acortando su vida de anaquel. Las reacciones metabólicas pueden ser (Román & Kazuz, 2009):

- Degradación de ácidos orgánicos, proteínas, aminoácidos y lípidos, favoreciendo la aparición o desaparición de sabores y aromas propios de la fruta.
- Descomposición de la clorofila asociada a la pérdida de color verde.
- Electrólisis de los compuestos fenólicos (aparición de colores marrones en la pulpa).
- Transformación del almidón en monómeros de azúcares reductores y posterior transformación a dióxido de carbono (CO₂) y agua a través de la respiración.
- Rompimiento de las pectinas y otros polisacáridos, disminuyendo la firmeza de la estructura de la fruta.

La presencia de fitohormonas como el etileno, también puede acelerar los procesos metabólicos del fruto, acortando la vida de anaquel, por lo que la ventilación es muy importante durante el almacenamiento (Román & Kazuz, 2009).

Las Normas Técnicas Colombianas –NTC- propias para cada una de las frutas del proyecto, detallan las especificaciones técnicas, categorías y pruebas necesarias para el control de calidad de las frutas, así mismo mencionan las condiciones de empaque y transporte para cada una de ellas. En el caso de la gulupa, aún no está la NTC, sin embargo, se encuentra un prototipo de la norma. A partir de la revisión de tales normas se identificaron los parámetros fisicoquímicos más importantes para definir la calidad de las frutas mencionadas y determinar su vida de anaquel, como se muestra en la Tabla 1:



Tabla 1. Pruebas realizadas para cada fruta de acuerdo a las especificaciones dadas en las Normas Técnicas Colombiana –NTC- para cada fruta.

Fruta						
	Aguacate Hass (Icontec, 2019)	Maracuyá (Icontec, 1979)	Gulupa (Orjuela, et al., 2011)	Granadilla (Icontec, 1997c)	Naranja (Icontec, 1997a)	Limón (Icontec, 1997b)
% Pérdida de peso	X	X	X	X	X	X
Encogimiento	X	X	X	X	X	X
Cambio de color cáscara	X	X	X	X	X	X
Cambio de color pulpa	X					
Firmeza	X	X	X	X	X	X
pH		X	X	X		
Sólidos totales		X	X	X	X	X
Acidez titulable		X	X	X	X	X
Consistencia de la pulpa	X					
Contenido de jugo/pulpa	X				X	X
Contenido de humedad	X					

A continuación, se muestra la metodología empleada para la determinación de la vida de anaquel de las frutas.

- Selección y preparación de las muestras:



Las frutas, maracuyá, gulupa, granadilla, naranja, limón y aguacate variedad Hass, fueron adquiridas en el mercado local de la ciudad de Manizales (Caldas, Colombia), los cuales se proveen de productores de la región. Las frutas fueron seleccionadas manualmente teniendo en cuenta que estuvieran en un estado de madurez de cosecha.

Las frutas seleccionadas fueron lavadas con una solución de hipoclorito de sodio al 5% con el fin de eliminar impurezas y suciedad de la cáscara, además de eliminar microorganismos que podrían ocasionar daño superficial. Las frutas fueron secadas y ubicadas en estantes para su almacenamiento y análisis. En la Gráfica 1 se muestra el estado inicial para el Aguacate variedad Hass.



Gráfica 1. Estado inicial para el Aguacate variedad Hass.

- Vida de anaquel de las frutas:

El estudio de vida de anaquel de las frutas se realizó en las instalaciones del Instituto de Biotecnología y Agroindustria de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, en donde se escogieron dos espacios, uno en la planta piloto del instituto, la cual es un área ventilada y a temperatura ambiente, el otro fue el cuarto frío en donde se mantuvo una temperatura controlada de 10°C (esto con el fin de mantener una diferencia de 10 °C entre los ambientes escogidos). Adicionalmente, se aseguró una adecuada ventilación del espacio donde se almacenaron las frutas para evitar la acumulación del etileno. En la Gráfica 2 se muestran los espacios de almacenamiento de las frutas.



Gráfica 2. Espacios de almacenamiento de las frutas: A. Planta piloto, B. Cuarto frío.

Las condiciones de almacenamiento fueron monitoreadas periódicamente durante 10 días antes de realizar el estudio, para determinar la temperatura y humedad relativa promedio que fueron $20,1 \pm 1,9^{\circ}\text{C}$ y $71,0 \pm 7,35\%$, respectivamente (Condición de almacenamiento A). En el cuarto frío las condiciones fueron de $9,7 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ y $89,3 \pm 6,13\%$ (Condición de almacenamiento B).

Los días de medición se muestran en la Tabla 2 para ambas condiciones de almacenamiento. Para realizar las mediciones de los parámetros de calidad se dividieron las pruebas en no destructivas y destructivas. Las primeras fueron pérdida de peso, encogimiento y color de la cáscara. Las pruebas destructivas fueron la firmeza, pH, sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de pulpa o jugo, consistencia de la pulpa, color de la pulpa y contenido de humedad. Para las pruebas no destructivas se seleccionaron 10 frutos del lote inicial (control). A estas mismas 10 frutas se les realizaron las pruebas no destructivas durante todo el estudio. Para las pruebas destructivas se seleccionaron 7 muestras para cada día de medición y se obtuvieron los resultados promedio. También se realizó un seguimiento fotográfico de las frutas durante su almacenamiento.



Tabla 2. Días de monitoreo para cada condición de almacenamiento de las frutas.

Fruta	Condición de almacenamiento	Días de medición	Tiempo total [Días]
	A	0, 3, 6, 8, 11, 14, 17	17
	B	0, 4, 8, 13, 20, 24, 28, 35	35
	A	0, 3, 6, 10, 13, 17, 20	20
	B	0, 3, 6, 10, 14, 22, 31	31
	A	0, 3, 6, 10, 15, 19, 24	24
	B	0, 3, 6, 10, 15, 19, 24	24
	A	0, 3, 6, 10, 13, 17, 20 20	20
	B	0, 3, 6, 10, 14, 22, 31 31	31
	A	0, 3, 8, 15, 22, 37	37
	B	0, 13, 28, 35, 42, 50, 64,78	78
	A	0, 3, 8, 15, 20, 24	24
	B	0, 3, 8, 15, 22, 30	30

▪ Pérdida de peso (PP):

Este ensayo se realizó a las 10 muestras control durante cada de monitoreo. Las muestras se pesaron empleando una balanza analítica OHAUS Adventure® (AR3130, Parsippany, EE.UU.). La PP se calculó como un porcentaje donde %PP corresponde a la pérdida de peso, M_i es la masa inicial de la fruta (día 0) y M_f es la masa medida en cada día de monitoreo (Ecuación 1).

$$\%PP = \frac{(M_i - M_f)}{M_f} * 100 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

▪ Encogimiento:

Durante el tiempo de almacenamiento se midieron los diámetros extremos (diámetro longitudinal -DL- y ecuatorial -DE-) de la fruta. Para esto se empleó un calibrador digital Mitutoyo Absolute Corp. (500-173, Japón). El diámetro longitudinal se obtuvo de la medida desde la cicatriz



de la inserción del pedúnculo de los frutos hasta el extremo opuesto; el diámetro ecuatorial de midió en la parte más ancha de los frutos.

- Color de la cáscara:

El color de la cáscara de las frutas se midió usando un espectrofotómetro portátil (colorímetro) Konica Minolta (CR-700, Tokio, Japón) que hace lecturas en el espacio de color CIELab, donde los parámetros de dimensión de color a^* (rojo-verde), b^* (amarillo-azul) y L^* (luminosidad) fueron determinados. Esta prueba no destructiva se realizó a las muestras control, en lados opuestos en la zona ecuatorial de la fruta, siempre en el mismo sitio. Los resultados se expresaron como cambio total de color (ΔE) en función del tiempo de almacenamiento, según la ecuación 2, donde los subíndices i y n corresponden a día 0 y día “ n ” de monitoreo, respectivamente.

$$\Delta E_n = \sqrt{(L_n^* - L_i^*)^2 + (a_n^* - a_i^*)^2 + (b_n^* - b_i^*)^2} \quad (\text{Ecuación 2})$$

- Color de la pulpa

El color de la pulpa se midió para el Aguacate variedad Hass, usando un espectrofotómetro portátil (colorímetro) Konica Minolta (CR-700, Tokio, Japón) en el espacio de color CIELab, a través de los parámetros de color a^* (rojo-verde), b^* (amarillo-azul) y L^* (luminosidad). Debido a que los aguacates empleados para esta medición eran diferentes en cada día de ensayo, no fue posible calcular un cambio total de color ya que no se tenían valores de referencia.

- Firmeza:

Para la medición de la firmeza, se realizó un ensayo de compresión no invasiva empleando un texturómetro Stable MicroSystem (TX.XT.Plus, Godalming, Reino Unido). La compresión se realizó usando una probeta de 75 mm de diámetro sobre una placa plana, registrando la fuerza total necesaria para comprimir las frutas así: un 8% para el aguacate, un 10% para el maracuyá y la gulupa y 5% para las demás frutas, dado que una mayor compresión podría causar daños y/o grietas en la cáscara. El ensayo se llevó a cabo a una velocidad de compresión de 2 mm/s y se realizó dos veces para cada fruta, rotando 90° la fruta. El valor total de la fuerza no es un indicador confiable de la firmeza de los frutos, puesto que no es preciso y repetible, ya que no se tiene en cuenta la distancia comprimida en la fruta, por lo tanto, es más conveniente utilizar el cociente Fuerza máxima/ Distancia comprimida (Valero & Ruiz Altisent, 1996). Los resultados de firmeza se expresaron en unidades de fuerza por área de superficie de la fruta (N/mm).



- pH:

De acuerdo a la Tabla 1, la medida del pH solo se realizó para el maracuyá, la gulupa y la granadilla. Para esto se extrajo el jugo de la fruta por medio de un colador, separando las semillas del jugo, el pH se midió directamente en el jugo con un potenciómetro Schott Gerate® modelo C6820, sumergiendo el electrodo dentro del jugo durante varios minutos hasta lectura estable..

- Sólidos solubles totales (SST):

El contenido de solidos solubles totales (SST) se determinó por el método refractométrico y se expresó en grados Brix (°Brix). Se empleó un refractómetro Brixco Instruments (ABBE 3030, Medellín, Colombia). Esta medida se realizó en el maracuyá, gulupa, granadilla, naranja y limón. Es importante mencionar que, si la medición no se realiza a 20 °C, se debe hacer una corrección por temperatura de acuerdo con las normas NTC de las frutas mencionadas. El STT se calculó mediante la ecuación 3:

$$S.S.T_{COR} = 0,19 \times A + S.S.T \quad (\text{Ecuación 3})$$

En donde: A = % Ácido cítrico
S.S.T = Grados Brix

- Acidez titulable:

La acidez titulable se midió siguiendo las metodologías de las normas técnicas de las pasifloras y los cítricos, para ello se tomaron 2 mL de jugo de fruta y se mezclaron con 18 mL de agua destilada (pH=7), posteriormente fueron valorados hasta pH 8.1 (viraje de la fenolftaleína) con solución de hidróxido de sodio (NaOH, 0,1N). Las titulaciones se realizaron sobre placa magnética para garantizar homogeneidad. Los resultados se expresan según el ácido mayoritario, en este caso ácido cítrico (Ac) de acuerdo con la ecuación 4:

$$\% \text{ Ácido cítrico} = \frac{V_1 \times N \times K}{V} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

En donde: V_1 = Volumen de NaOH consumido [mL]
 V = Volumen de la muestra [mL]
 K = Peso equivalente del ácido cítrico [0,06404 g/meq]
 N = Normalidad del NaOH [0,1 meq/mL]

- Consistencia de la pulpa



Esta prueba se realizó únicamente para el aguacate variedad Hass. Para determinar la consistencia de la pulpa se siguió la metodología descrita en la NTC 6345 con algunas modificaciones. Para esto se realizó un ensayo de penetrometría (mide la dureza y por tanto sirve para hacer control de la madurez de la fruta), en las caras opuestas de cada fruto, empleando un penetrómetro digital PCE (FM200, Albacete, España), equipado con un puntal de penetración de 6 mm de diámetro. Primero se retiró la cáscara de la fruta y se procedió a insertar lentamente el puntal hasta una profundidad de 7 mm, se registró la fuerza necesaria y se dividió por el área de contacto del punzón. Los resultados se expresaron en unidades de fuerza por área de la fruta (Kgf/cm^2).

- Contenido de la pulpa o jugo

La determinación del contenido de pulpa se realizó para los cítricos y el aguacate variedad Hass. Para el aguacate se siguió la metodología expuesta en la NTC 6345. Se pesó primero el fruto entero en una balanza analítica OHAUS Adventure® (AR3130, Parsippany, EE.UU.), posteriormente, se retiró la semilla y la cáscara y se pesó la pulpa. El contenido de pulpa se calculó como un porcentaje, según la ecuación 5:

$$\%CP = \frac{M_P}{M_T} * 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

En donde $\%CP$ corresponde al contenido de pulpa, M_P corresponde a la masa de la pulpa y M_T a la masa total del fruto.

Para la naranja y el limón esta prueba se realizó según la metodología presentada en la NTC 4086. Se pesó primero el fruto entero con una balanza analítica OHAUS Adventure® (AR3130, Parsippany, EE.UU.), posteriormente, se realizó la extracción y filtración de la parte comestible, determinándose la masa del zumo, libre de semillas, fibra y cáscara. El contenido de jugo se calculó como un porcentaje, según la ecuación 6:

$$\%PJ = \frac{M_J}{M_T} * 100 \quad (\text{Ecuación 6})$$

En donde $\%PJ$ corresponde al contenido de pulpa, M_J corresponde a la masa del jugo y M_T a la masa total del fruto.

- Contenido de humedad



Se extrajeron muestras representativas de cada fruto y se ubicaron en una balanza de humedad (MOC-120H, Shimadzu Corporation, Japan) a 105°C; las muestras se dejaron en la balanza hasta alcanzar peso constante.

- Determinación de la vida de anaquel

Para determinar el fin de la vida útil de las frutas del proyecto a las distintas condiciones de almacenamiento, se analizaron los parámetros estudiados y se estimó la vida de anaquel por método directo para determinar en qué punto las frutas pierden la calidad comercial y empieza su deterioro por maduración.

Parte II: Técnicas de producción de pasta de aguacate variedad Hass y vida de anaquel durante su almacenamiento bajo congelación

- Preparación de las muestras

Las frutas utilizadas procedieron de 3 fincas, una ubicada en el municipio de Apia (Risaralda) a una Altura de 2100 msnm (A2100), esta finca cuenta con sistema de fertirrigación. Las otras dos fincas, que no usan riego, están localizadas en el municipio Villamaría (Caldas) en alturas de 1850 y 2300 msnm (A1850 y A2300). Las condiciones de manejo y clima influenciaron el tamaño de los aguacates. Los aguacates más pequeños proceden de las fincas sin riego. De cada una de las fincas se seleccionaron 30 aguacates tipo exportación, con un peso por fruto entre 85 g y 300 g y un grado de madurez de consumo. A los frutos seleccionados se les determinó el peso total, el peso de la pulpa, la cáscara y la semilla. Se midió, además, el diámetro y la altura. Así mismo se elaboró una pasta de aguacate con la pulpa de los aguacates mencionados.

- Pardeamiento y cambio total de color

Para determinar el cambio en el color de la pulpa, se midió el color CieLab con un colorímetro Konica Minolta (CR-700, Konica Minolta, Tokio, Japón) desde el minuto cero a intervalos de 15 minutos hasta alcanzar la hora, las mediciones se hicieron por triplicado (Giné Bordonaba et al., 2014).

- Pardeamiento enzimático por Polifenil oxidasa (PPO) y Peroxidasa (POD)

La pulpa de las distintas muestras de aguacate se mezcló con una solución buffer fosfato (pH 6.5 y 4°C) en una proporción 3:25 (w/v). Cada muestra fue homogeneizada durante un minuto a 13.500rpm (MICCRA D1, MICCRA GmbH., Müllheim, Alemania) manteniendo la temperatura a 4°C. El resultante se filtró al vacío usando un filtro Whatman (No 1). La solución filtrada se centrifugó a 4°C durante 35 minutos a 6.000rpm. El sobrenadante obtenido fue utilizado para los



ensayos de PPO y POD. Las mediciones de la actividad de POD se realizaron mezclando 0.120 ml de extractos enzimáticos con 3,8 mL de solución de sustrato. La actividad de la PPO se determinó mezclando 2,3 ml de tampón fosfato 0,1 M (pH 6,5), 0,6 mL de catecol 0,5 M y 0,1 mL de extracto enzimático. La actividad de PPO y POD se midió a 420 nm y 470 nm, respectivamente. Las mediciones se realizaron en un espectrofotómetro (UV / Visible-Model 6405, Jenway, Felsted, Reino Unido).

- Análisis sensorial

Las muestras de las frutas fueron presentadas a un panel no entrenado, en donde se calificó el color, el olor y el sabor, los cuales asignaban un valor de 1 a 5 (escala hedónica de 5 niveles: 1 me disgusta demasiado, 2 me disgusta, 3 no me gusta ni me disgusta, 4 me gusta, 5 me gusta demasiado).

- Análisis estadístico (análisis de componentes principales)

Se usaron técnicas de análisis multivariable para determinar cuáles fueron las variables más importantes para la caracterización de los resultados obtenidos y encontrar si existe alguna relación entre estos (Falguera et al., 2012). . En este caso, un análisis de componentes principales (PCA) de los datos obtenidos fue aplicado usando el software XLSTAT 2014 (Addinsoft, París, Francia).

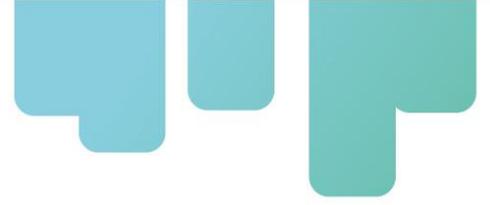
Un nuevo grupo de variables fue creado a partir de los datos obtenidos de actividad enzimática y pardeamiento, sobre el cual fue realizado otro análisis PCA, con el fin de determinar si alguna de las variables caracterizadas tenía influencia sobre la actividad enzimática, pardeamiento o cualidades sensoriales del fruto.

- Análisis ANOVA

A partir de las relaciones encontradas con el PCA, distintos ANOVA de una variable, multivariados y por cada altura, fueron realizados con el fin de encontrar relaciones o diferencias entre las variables analizadas.

Parte III: Calidad en la postcosecha y comercialización del aguacate (*Persea americana* Mill) y maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) en Ecuador.

El mercado mundial hortofrutícola se ha caracterizado por elevar sus exigencias cada vez más, en cuanto a normas sanitarias, requerimientos de calidad y presentación de los productos; es por esto que la selección de un buen empaque, acompañado de un adecuado transporte y



almacenamiento es fundamental para la calidad final de la fruta. Un buen manejo postcosecha del fruto tiene la capacidad de evitar o mitigar daños físicos, conservar una mejor apariencia del fruto y por lo tanto una mayor retribución al momento de comercializar, las cuales son ventajas directas para el productor, comerciante y consumidor.

Los ensayos desarrollados por el co-ejecutor INIAP en Ecuador, consistieron en evaluar las pérdidas de la calidad fisicoquímica en la postcosecha de las variedades de aguacate Hass y Fuerte, y de maracuyá variedad criollo y Mejorada INIAP 2009. Los ensayos se realizaron teniendo en cuenta diferentes variables como: dos tipos de empaque para cada uno de los frutos, para el aguacate las muestras provenían de dos zonas productoras, el maracuyá provenía de una misma zona de producción y dos sitios de comercialización para cada caso.

Los ensayos fueron realizados, conforme a las Normas Técnicas Ecuatorianas –NTE- y Normas Técnicas Colombianas –NTC- de cada una de las frutas. En estas normas se describe la clasificación de cada fruta, los requisitos fisicoquímicos, las especificaciones técnicas, categorías y pruebas necesarias para control de calidad de las frutas, condiciones de empaque y transporte. A continuación, se relacionan las NTE y NTC de cada una de las frutas en estudio:

- NTE INEN 1755:2015- Frutas frescas. Aguacate. Requisitos. (INEN, 2015)
- NTC 1248:1996. Frutas frescas. Aguacate. (Icontec, 1996)
- NTE INEN 1971:1994- Maracuyá Requisitos. (INEN, 2012)
- NTC 1267 – Frutas frescas. Maracuyá (Icontec, 1979)

En la tabla 3 se indican los parámetros fisicoquímicos más importantes para definir la calidad de las frutas mencionadas y determinar su vida de anaquel:



Tabla 3. Parámetros monitoreados para Aguacate y Maracuyá.

Fruta		
Parámetros	Aguacate Hass	Maracuyá
Pérdida de peso	x	x
pH	x	x
Solidos solubles		x
Acidez Titulable (% ácido tartárico)	x	
Acidez titulable (% ácido cítrico)		x
Firmeza	x	
Materia seca	x	
Grasa	x	
Descripción visual de daños físicos	x	x

A continuación, se describen los procedimientos para el análisis de acidez titulable (%ácido tartárico) y contenido de grasa. Es de aclarar, que los demás parámetros fisicoquímicos monitoreados fueron descritos anteriormente:

- Acidez titulable:

Se tomaron 10 mL de extracto de fruta y se mezclaron con 25 mL de agua destilada (pH=7), posteriormente fueron valorados hasta pH 8,1 (viraje de la fenolftaleína) con solución de hidróxido de sodio (NaOH, 0,1N). Las titulaciones se realizaron sobre una placa magnética para garantizar homogeneidad. Los resultados se expresan según el ácido mayoritario, en este caso ácido tartárico de acuerdo con la ecuación 7:

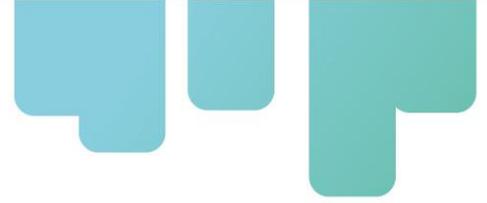
$$\% \text{ Ácido Tartarico} = \frac{V_1 \times N \times K}{V} \times 100 \quad (\text{Ecuación 7})$$

En donde: V_1 = Volumen de NaOH consumido [mL]

V = Volumen de la muestra [mL]

K = Peso equivalente del ácido tartárico [g/meq]

N = Normalidad del NaOH [meq/mL]



- Contenido de grasa:

El contenido de grasa se determinó conforme al procedimiento estipulado en la NTE del aguacate, se empleó el método Soxhlet, el cual utiliza un sistema de extracción cíclica de los componentes solubles en éter que se encuentran en el alimento. Se tomaron 2 g de muestra secada previamente, se colocó en el cartucho o dedal, y se cubrió con una porción de algodón, luego se introdujo el cartucho dentro de extractor Soxhlet, en la parte inferior se debe ajustar un matraz con cuerpos de ebullición (llevados previamente a peso constante por calentamiento a 100 °C a 110 °C). Luego se acondiciona el sistema refrigerante, y se añade el éter por el extremo superior del refrigerante en cantidad suficiente (alrededor de 80 mL). Se hace circular el agua por el refrigerante y se calienta hasta que se obtenga una frecuencia de unas 2 gotas por segundo. La extracción se realizó durante 4 h a 6 h. Una vez finalizado se suspende el calentamiento, se quita el extractor del matraz y se deja caer una gota de éter del extractor a un papel o vidrio de reloj, si al evaporarse el éter se observa una mancha de grasa, ajustar el Soxhlet de nuevo al matraz y continuar la extracción. Evaporar el éter del matraz y secar a 100 °C hasta peso constante. El cálculo del contenido de grasa se realiza con la ecuación 8:

$$\%A = \frac{P_F - P_i}{m} \times 100 \quad (\text{Ecuación 8})$$

En donde: % A=es el contenido de grasa expresada como fracción másica en porcentaje.

P_f = es la masa del matraz con grasa expresada en gramos

P_i = es la masa del matraz sin grasa expresada en gramos

M = es la masa de la muestra expresada en gramos

- Descripción visual de daños:

Este parámetro tiene en cuenta diferentes tipos de daños, (deshidratación, pudrición, físicos), se llevó a cabo mediante escala descriptiva y la puntuación asignada de acuerdo a la intensidad del daño, fue la siguiente: sano = 0, leve = 1, moderado = 2, severo = 3.

Para el aguacate cada tratamiento estaba conformado por una malla con ocho frutos de la variedad Fuerte y 10 frutos de aguacate de la variedad Hass, para cada periodo (0, 5, 10, 15, 20 días de conservación) por triplicado. En intervalos de 5 días de almacenamiento, se monitoreaba los daños que presentaba el fruto, los más visibles los tuvo la calidad Fuerte.

Para el maracuyá cada tratamiento estaba conformado por una malla con ocho frutos de cada variedad para cada periodo de conservación (0, 1, 7, 14 días), por triplicado. En cada periodo se



controlaban visualmente los daños que empezaban a presentar los frutos, los más notorios se registraron en la variedad.

Evaluación de las pérdidas de calidad física y química durante la comercialización de dos variedades de aguacate Hass y Fuerte.

La investigación se llevó a cabo en dos fases. La primera fase inició en la cosecha de las dos variedades de aguacate (Hass y Fuerte), cada una producida en las provincias de Imbabura y Pichincha. La fruta se empacó en dos tipos empaques: costal plástico y gaveta plástica, cada uno con capacidad de 10 Kg. En la Tabla 4, se relaciona: la información geográfica de las dos zonas de producción (Z.P.), los sitios de comercialización (S.C.) y las Estaciones Experimentales del INIAP donde se realizó la conservación y dos tipos de empaque utilizados.

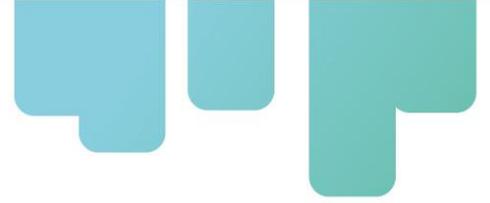
Tabla 4: Descripción de los factores en estudio analizados para la variedad de aguacate Hass y Fuerte

Lugar	Provincia	Cantón	Ubicación	
Producción	Imbabura (I)	Ibarra	Urcuqui	
	Pichincha (P)	Quito	Perucho	
Comercialización 1 y conservación	Pichincha	Quito (Q)	Mercado Mayorista	Estación Experimental Santa Catalina. INIAP
Comercialización 2 y conservación	Guayas	Guayaquil (Gy)	Mercado de Transferencia	Estación Experimental Litoral Sur. INIAP
Empaques	C, Costal plástico, 10 kg			
	G, gaveta plástica, 10 kg			

En la tabla 5, se relaciona la georreferenciación de las dos zonas de producción y dos zonas de comercialización del ensayo.

Tabla 5. Zonas de producción y comercialización georreferenciadas.

Ubicación	Altitud	Latitud	Longitud
Z. P. Imbabura	2.254 m	00° 25' 41'' N	78° 11' 19'' O
Z. P. Pichincha	1.850 m	00° 06' 20'' N	78° 25' 26'' O
S. C. Quito	3.050 m	00° 22' 00'' S	78° 33' 00'' O



S. C. Guayaquil	12 m	2° 05' 48" S	79° 41' 41" O
------------------------	------	--------------	---------------

Fuente: INHAMI

Una vez descritos los factores de estudio, se realizó el correspondiente control de calidad de la fruta desde su recolección. En el momento de la cosecha (día cero), se pesó en una balanza semi-analítica y se midió con un calibrador digital la longitud y el diámetro del aguacate, provenientes de las zonas de producción de Urcuqui en la provincia de Imbabura y Perucho en la provincia de Pichincha, la clasificación según su masa unitaria y el Grado al que corresponde se realizó conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1755.

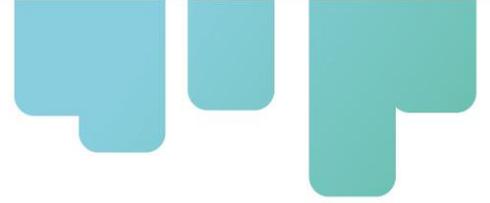
En la segunda fase, la fruta fue transportada y se envió a cada uno de los centros de comercialización (Quito y Guayaquil), posteriormente se definió el tiempo de vida de anaquel del fruto a la temperatura ambiente de esas dos ciudades. Lo anterior, conforme a las variables monitoreadas en muestreos que se presentan en intervalos de 5 días, hasta alcanzar los 20 días. Es necesario recordar que las variables monitoreadas fueron en cada periodo de almacenamiento (0, 5, 10, 15, 20 días): pérdida de peso (%), descripción visual de daños, pH, acidez titulable (% ácido tartárico), firmeza de la pulpa (Newton), materia seca (%) y grasa (%), cada una de estas propiedades de monitoreo de acuerdo a los procedimientos establecidos en la (INEN, 2015) y la (Icontec, 1996)

Una vez transcurrió la duración del ensayo y recolección de la información monitoreada, se aplicó un diseño completamente al azar para los factores en estudio, se analizó mediante el análisis de la varianza, para las medias que resultaron significativas se utilizó la prueba de significancia de Tukey al 5%, con el software estadístico InfoStat Estudiantil.

Alternativas de mejora en el manejo postcosecha y comercialización del maracuyá variedad Mejorada INIAP 2009 y cultivar Criollo

Se seleccionó el maracuyá de variedades INIAP 200 y Criolla, cosechadas en las localidades San Isidro, Jama y Rocafuerte de la provincia de Portoviejo, y comercializadas en dos localidades Guayaquil y Quito, en un periodo de 14 días. El maracuyá es una fruta climatérica, se comercializa en la madurez de cosecha, es decir cuando ha completado su desarrollo fisiológico, lo cual le brinda cualidades como consistencia firme, haciendo más sencilla su manipulación, transporte y comercialización. Es fundamental garantizar una adecuada comercialización desde el primer eslabón que es el productor hasta llegar al consumidor final. Comúnmente el maracuyá es empacado en gavetas plásticas y costales plásticos, para este ensayo se utilizaron estos dos empaques con capacidad de 10 Kg.

La investigación se llevó a cabo en dos fases. La primera fase inició en la cosecha de las dos



variedades de maracuyá (Mejorada INIAP 2009 y cultivar Criollo), producidas en una misma provincia, Manabí, cada variedad fue empacada en dos tipos empaques: el costal plástico y gaveta plástica, cada uno con capacidad de 10 Kg, y su comercialización se realizó en Quito y Guayaquil. Los factores de estudio se describen a continuación en la tabla 6:

Tabla 6. Descripción de los factores en estudio analizados para la variedad de aguacate Criollo e INIAP 2009.

Lugar	Provincia	Cantón	Ubicación	
Producción	Manabí (M)	Portoviejo	Rocafuerte, San Isidro, Jama	
Comercialización 1 y conservación	Pichincha	Quito (Q)	Mercado Mayorista	Estación Experimental Santa Catalina. INIAP
Comercialización 2 y conservación	Guayas	Guayaquil (Gy)	Mercado de Transferencia	Estación Experimental Litoral Sur. INIAP

En la tabla 7 se indica la georreferenciación, temperatura y humedad relativa promedio de la zona de producción y zonas de comercialización:

Tabla 7. Zona de producción y zonas de comercialización georreferenciadas.

Ubicación	Altitud	Latitud	Longitud	Temperatura* °C	Humedad Relativa* %
Z. P. Manabí	316 m	00° 55' 33,4" S	80° 21' 30,2" O	25 – 35	75 - 90
	346 m	00° 21' 57,2" S	80° 12' 40,3" O		
S. C. Quito	3.050 m	00° 22' 00'' S	78° 33' 00'' O	10 – 20	56 - 66
S. C. Guayaquil	12 m	2° 05' 48'' S	79° 41' 41'' O	25 – 30	75 - 80

* valor promedio, fuente INHAMI

En la fase inicial del ensayo, la cosecha se pesó en una balanza semi-analítica y se midió con un calibrador digital la longitud y el diámetro de la fruta adquirida en las localidades de San Isidro, Rocafuerte y Jama en la provincia de Manabí. Para las frutas frescas como el maracuyá, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1971, realiza la clasificación en función de su tamaño, según el diámetro ecuatorial.

En la segunda fase, se evaluó la calidad de las dos variedades procedentes de una misma zona productora, comercializada en dos ciudades en costales y gavetas de plástico, en un periodo de 14 días, con intervalos de muestreo (0, 1, 7, 14 días). En cada ciudad se almacenó la fruta, hasta que alcanzara un estado de sobremadurez (estado en que la fruta alcanza su maduración), que es cuando el maracuyá tiene su cáscara arrugada, pero es apta para consumo. Las propiedades



monitoreadas para el maracuyá fueron: pérdida de peso (%), sólidos solubles (° Brix), pH y acidez titulable (% ácido cítrico), como se describió anteriormente en la tabla 3, conforme a (INEN, 2012) y (Icontec, 1979).

Una vez obtenidos los datos de las propiedades monitoreadas, se aplicó un diseño completamente al azar para los factores en estudio, se analizó mediante el análisis de la varianza, para las medias que resultaron significativas se utilizó la prueba de significancia de Tukey al 5%, con el software estadístico InfoStat Estudiantil. Los resultados aportaron para definir las alternativas de mejora en la comercialización de las dos variedades de aguacate y maracuyá, con el establecimiento de la calidad que tiene la fruta durante el manejo postcosecha en el Ecuador.

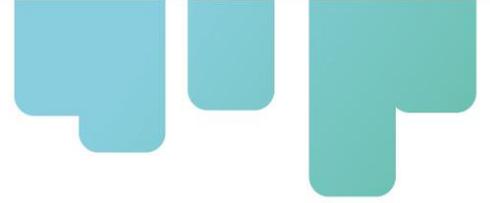
Parte IV: Implementación de ensayo para aumentar la vida útil del aguacate mediante atmósfera modificada

Este ensayo consistió en determinar los parámetros y rangos más adecuados para evaluar el efecto de la aplicación de diferentes atmósferas modificadas sobre la prolongación de vida útil del aguacate y calidad fisicoquímica del aguacate Hass y Fuerte.

Para este ensayo se utilizó el equipo mezclador de gases KM100-3 flow (WITT Gasetechnik) instalado en el laboratorio de postcosecha de la facultad de Ciencia en Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato. Se usaron 3 diferentes gases: oxígeno (pureza 99.5%), dióxido de carbono (pureza 99.9%), y nitrógeno (pureza 99.5%). El equipo se calibró con 3 diferentes mezclas de estos gases. En la tabla 8 se muestra la descripción de los factores en estudio.

Etapas:

- Etapa 1: En esta etapa se determina el efecto de la composición de los gases de las atmósferas modificadas activas (mezcla O_2 , CO_2 y N_2) sobre la prolongación de la vida útil, se evaluará la calidad física y química durante la etapa de maduración, la tasa respiratoria (con base al proceso de producción de CO_2) y el consumo de O_2 . Los parámetros evaluados fueron los siguientes: pérdida de peso %, firmeza de la pulpa (N), pH, acidez titulable (%), materia seca (%), grasa (%), daños visuales cualitativos (sano, leve, moderado, severo), color (externo fruta e interno de la fruta), la tasa respiratoria (TR).
- Etapa 2: En esta etapa se evaluó, para el mejor tratamiento, el efecto de la atmósfera modificada activa (mezcla de O_2 , CO_2 y N_2) en la degradación de la clorofila, la formación de pigmentos carotenoides, el contenido de compuestos antioxidantes (carotenoides,

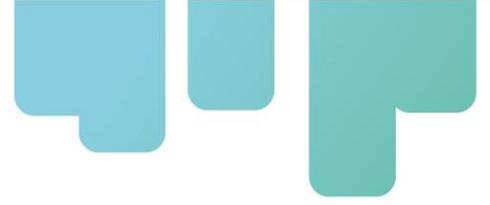


antocianinas, polifenoles, flavonoides, capacidad antioxidante), en la pulpa de aguacate Hass y Fuerte.

Tabla 8. Descripción de los factores en estudio

Factor	Nivel	Descripción del nivel
Factor A: composición de la atmósfera modificada mezcla oxígeno dióxido de carbono y nitrógeno	Ai	21% O ₂ - 79% N ₂
	AM1	4 O ₂ % - 6 CO ₂ % - 90 N ₂ %
	AM2	5,0 O ₂ % - 10,0 CO ₂ % - 85 N ₂ %
	AM3	80,0 O ₂ % - 20,0 CO ₂ %
	AM4	90,0 O ₂ % - 10,0 CO ₂ %
Factor B: Tiempo de almacenamiento	D1	Día 0
	D2	Día 15
	D3	Día 30
	D4	Día 45
	D5	Día 60

Es de aclarar que este ensayo fue suspendido por el co-ejecutor INIAP y quedó pendiente de ejecución, teniendo en cuenta la situación actual de salud pública y declaración de Pandemia por parte de la Organización Mundial de la Salud a causa de la propagación del virus Coronavirus (Covid-19), lo cual ha provocado medidas obligatorias de aislamiento, alteraciones en la ejecución de investigaciones, puesto que no se tiene ingreso a laboratorios y espacios de experimentación.



Resultados

Parte I: Vida de anaquel de frutas frescas

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para las frutas del proyecto. A pesar de que se hizo un gran esfuerzo por obtener la fruta en un mismo estado de maduración y con características de apariencia similares, fue muy difícil, debido a la gran cantidad de fruta requerida para el estudio no se pudo asegurar si la fruta era de una misma cosecha o incluso de un mismo proveedor. En la gráfica 3, se puede observar el estado inicial de las frutas empleadas en el estudio, para las dos condiciones de almacenamiento, donde se puede observar una notable heterogeneidad en los frutos, algunos con estados de maduración un poco más avanzados, presencia de manchas oscuras y diferencias en su textura. A pesar de esto, se trató de mantener la aleatoriedad en la selección de las muestras para cada día de monitoreo y obtener resultados que reunieran todo tipo de frutos que se comercializan normalmente en un supermercado.



Gráfica 3. Estado inicial del aguacate empleado en el estudio de vida de anaquel.

Las condiciones de almacenamiento fueron monitoreadas periódicamente durante 10 días antes de realizar el estudio, para determinar la temperatura y humedad relativa promedio en las dos zonas escogidas para el almacenamiento, tal como se muestra en la Tabla 9:

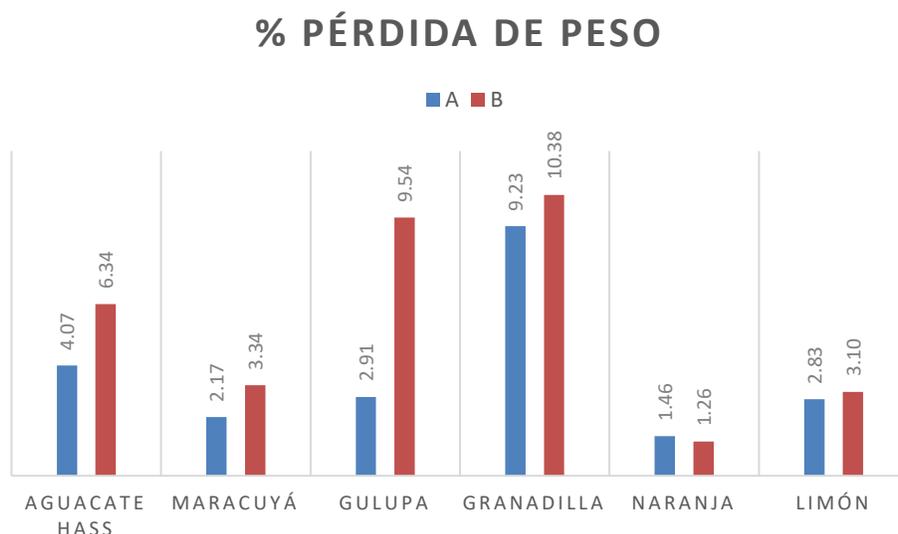


Tabla 9. Condiciones de almacenamiento

	Temperatura [° C]	Humedad relativa [%]
Condición de almacenamiento A	20,1 ± 1,9°C	71,0 ± 7,35%,
Condición de almacenamiento B	9,7 ± 1,0 °C	89,3 ± 6,13 %

- Pérdida de peso

En la gráfica 4 se presenta la pérdida de peso para cada una de las frutas estudiadas. Esta variable en las frutas está asociada principalmente a la pérdida de agua, a través de la cáscara hacia el ambiente, influenciado por la diferencia en la humedad relativa entre el interior y el exterior de la fruta. Humedades relativas del ambiente bajas aceleran el proceso de transpiración o pérdida de agua, igualmente, altas temperaturas del ambiente aceleran este proceso. La pérdida de peso también puede verse influenciada, aunque en menor medida, por la pérdida de compuestos volátiles y producción de gases de respiración como el CO₂, debido a los procesos metabólicos normales en la fruta. Es posible observar que las desviaciones estándar de los resultados obtenidos a la A son mayores que para el caso de la B, lo cual puede explicarse porque posiblemente a temperatura ambiente, los procesos de maduración de la fruta no se dan de manera controlada o uniforme, dando una mayor heterogeneidad en los resultados.



Gráfica 4. Pérdida de peso total para las frutas estudiadas bajo dos condiciones de almacenamiento.

En el caso del aguacate variedad Hass, se puede apreciar que la velocidad de pérdida de peso a la condición B es aproximadamente tres veces menor que a la condición A, en este caso, la temperatura promedio es menor y la humedad relativa promedio es mayor, reduciéndose el

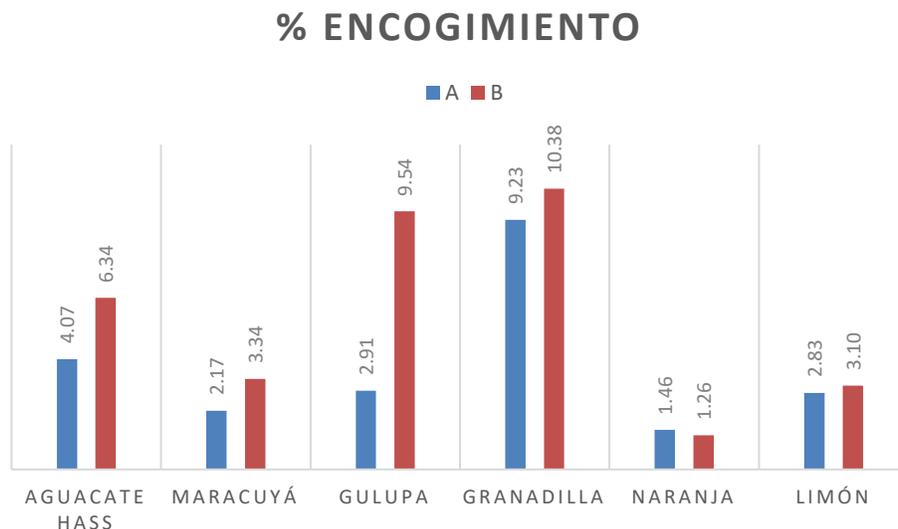


gradiente o fuerza motriz que provoca la pérdida de agua desde la fruta. En la condición A, los aguacates almacenados perdieron el 13,71% de su masa inicial, mientras que, a la condición B, los aguacates solo perdieron el 8,57%.

El maracuyá almacenado en la condición A tuvo una pérdida del 48% y la gulupa del 45% respecto de su masa inicial, en el caso de las frutas almacenadas la condición B el maracuyá tuvo una pérdida del 38% mientras que la gulupa solo perdió el 17% de peso inicial. En el caso de las granadillas almacenadas en condición A tuvieron una pérdida de 23,1% de su masa inicial, mientras que las almacenadas en condición B con 11 días más de estudio perdieron el 10,0%. Para el caso de las naranjas almacenadas en condición A se observa una pérdida aproximadamente de peso 6 % mayor con respecto a condición B, esto puede deberse a que la humedad relativa se mantuvo alta y constante, evitando la pérdida de agua del fruto hacia el ambiente circundante. Por este mismo motivo, para la condición B se obtuvo una pérdida de peso mayor (aproximadamente 2%), con respecto a la condición A.

- Encogimiento

En la gráfica 5, se presentan los resultados de encogimiento para las frutas estudiadas bajo dos condiciones de almacenamiento. En ella se puede observar que el porcentaje de encogimiento final obtenido para el tiempo del estudio fue de 17,55% y 12,55% para la condición A y B, respectivamente.



Gráfica 5. Encogimiento total para las frutas estudiadas bajo dos condiciones de almacenamiento.

Para medir el encogimiento del maracuyá y de la gulupa se midió el diámetro ecuatorial –DE- y el diámetro longitudinal –DL (parte más ancha de los frutos), se encontró que el encogimiento en el maracuyá fue del 41% y de 32% para la condición A y B respectivamente. En el caso de la gulupa

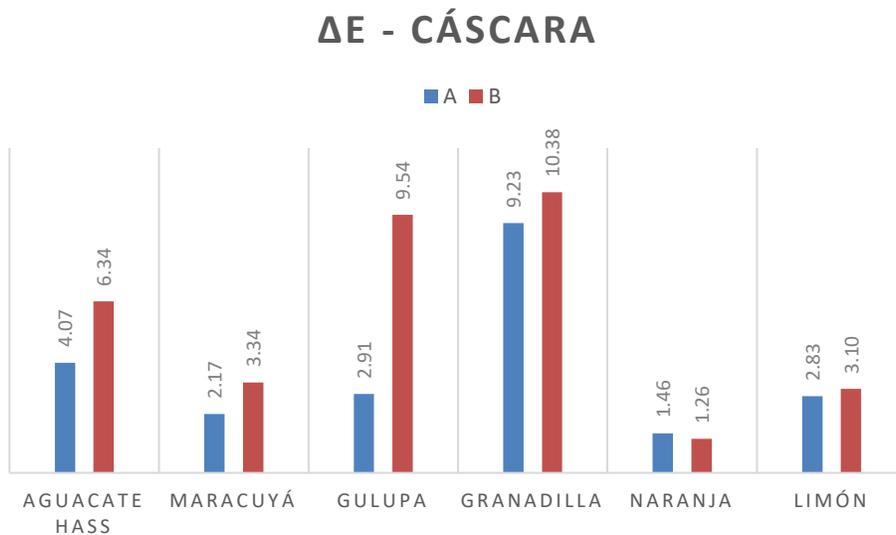


el porcentaje de encogimiento fue del 40% para la condición A y del 15% para la condición B. En el caso de la condición ambiente el encogimiento en ambas frutas fue similar, sin embargo, en el caso de la condición de cuarto frío fue menor el encogimiento en la gulupa que en el maracuyá. En el caso de la granadilla, el porcentaje de encogimiento final fue de 7,5% y 7,3% para la condición A y B respectivamente, en este caso se pudo apreciar que el encogimiento fue ligeramente mayor para las frutas almacenadas a temperatura ambiente.

En el caso de cítricos se puede observar que ambos tienen un encogimiento muy semejante y este es relativamente mayor en el caso de la condición de almacenamiento B. Se obtuvo entonces un porcentaje de encogimiento para las naranjas fue de 6,04% en la condición A y 6,1% en la condición B, en el caso de los limones el encogimiento fue de 30,7% y 31,0% para la condición A y B respectivamente

- Color de la cáscara

El cambio total de color promedio de la cáscara de las frutas se muestra en la gráfica 6. Se ha reportado que valores de ΔE superiores a 2.5 o incluso menores (para el caso de expertos), indica que el cambio de color es perceptible por el ojo humano (Mokrzycki W.S., 2011).



Gráfica 6. Cambio de color total para las frutas estudiadas bajo dos condiciones de almacenamiento.

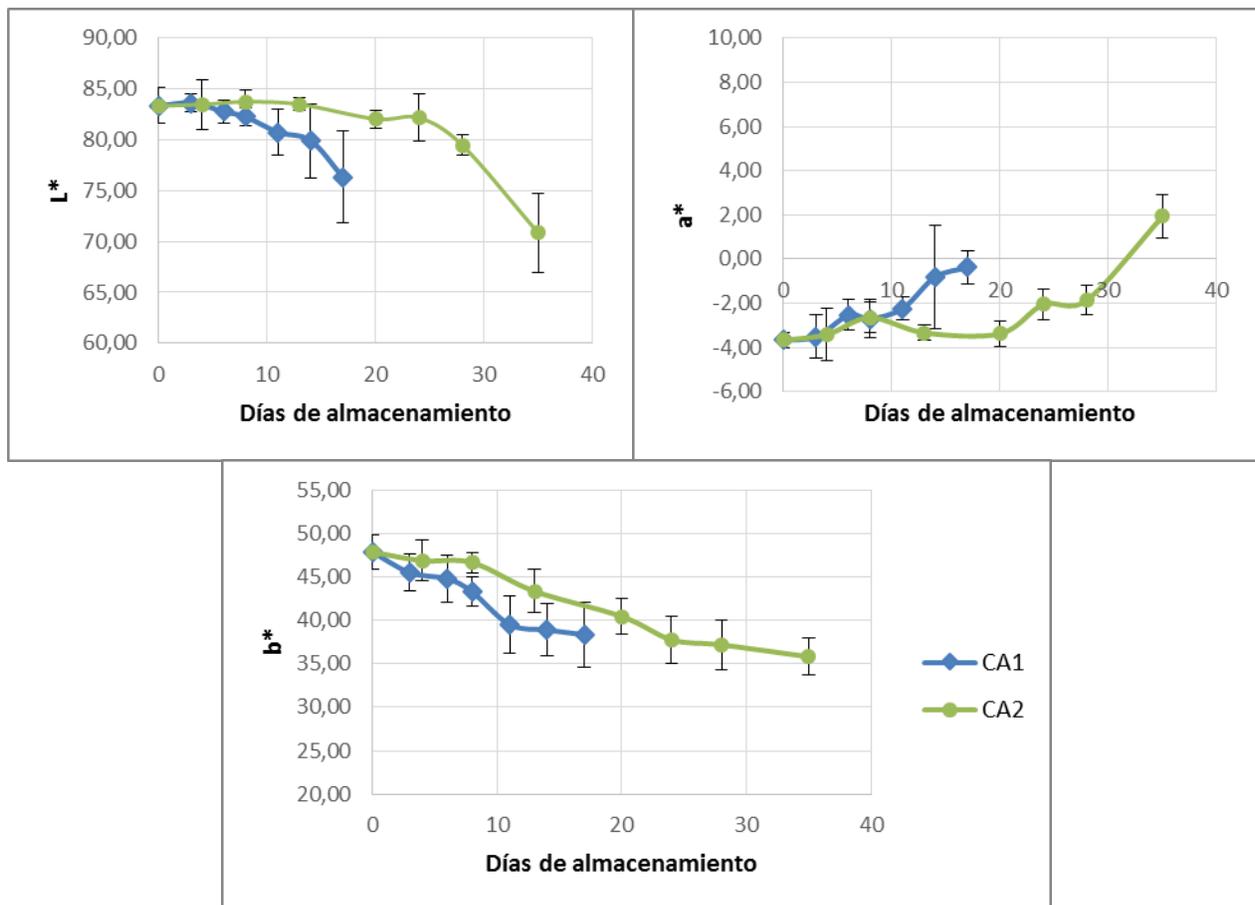
El cambio total de color para ambas condiciones de almacenamiento, permite apreciar que para la condición B el cambio en el color es más lento, sin embargo, ambos llegan aproximadamente a valores similares al final del tiempo de almacenamiento en cada caso. Se pueden observar también unos valores considerablemente altos de las desviaciones estándar de los resultados se puede explicar debido a la heterogeneidad de los frutos, pues entre las muestras control seleccionadas para llevar a cabo esta medición, la tasa de maduración de estas no era constante,



es decir, algunos frutos presentaban una maduración más rápida.

- Color de la pulpa (aguacate variedad Hass)

En la gráfica 7 se presenta el cambio de los parámetros L^* , a^* y b^* medidos sobre la pulpa en función del tiempo de almacenamiento.

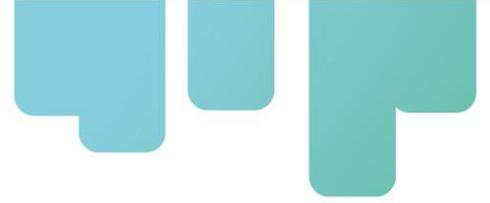


Gráfica 7. Parámetros de color de la pulpa en función del tiempo de almacenamiento (n=7).

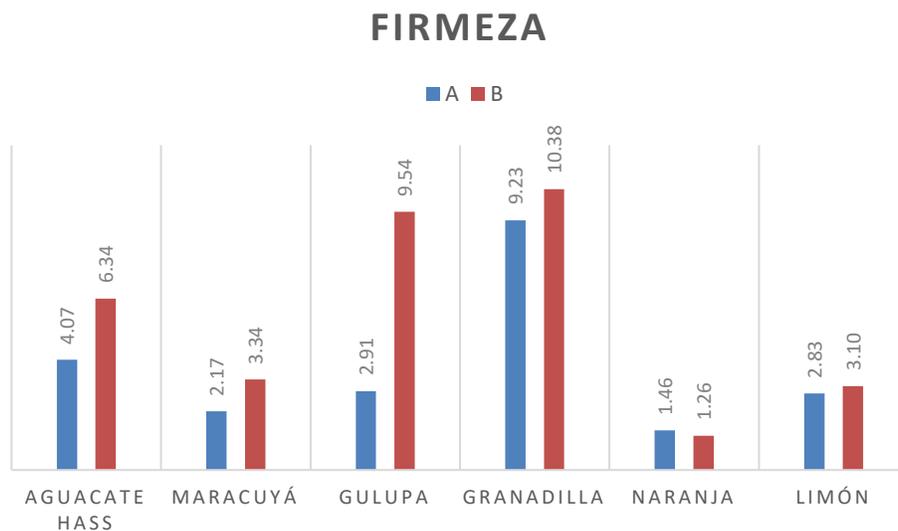
Como se puede observar, a lo largo del tiempo de almacenamiento se tiene un cambio de color de la pulpa, debido a las reacciones químicas que ocurren en su interior durante la maduración, se observa una disminución en la luminosidad, obteniendo colores más opacos.

- Firmeza

Además del color de la cáscara, la firmeza es una de las propiedades que afecta la decisión de compra de los consumidores dado que está relacionada con la frescura y la calidad de las frutas



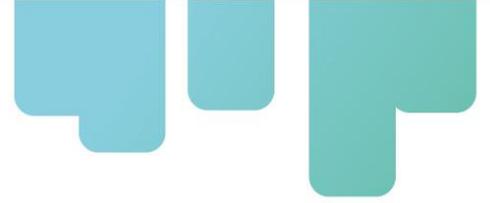
desde el punto de vista sensorial (Salazar, C. R., & Torres, 1977). En la gráfica 8 se presentan los resultados de la firmeza medida para las dos condiciones de almacenamiento, donde se observa que se da una gran disminución durante el periodo de estudio, lo cual se debe a los procesos naturales de maduración de las frutas, puesto que las macromoléculas que componen su pared celular (celulosa, hemicelulosa y pectinas) se solubilizan y/o degradan en moléculas más pequeñas, provocando cambios directos en la rigidez de la pared celular, es decir, en la firmeza de las frutas (Haard, 1984; Hansen, 1966). La pérdida de agua a la atmósfera también afecta la turgencia o rigidez de las frutas. A temperatura ambiente (Condición A), la textura tuvo una disminución mucho más rápida ya que la temperatura y composición de la atmósfera de almacenamiento puede acelerar estos procesos de degradación de la estructura de los tejidos de la cáscara y pulpa (Lieberman, 1981).



Gráfica 8. Pérdida total de firmeza para las frutas estudiadas bajo dos condiciones de almacenamiento.

Se evidencia que los aguacates almacenados en la condición A pierden su firmeza más rápido que los almacenados en la condición B. Sin embargo, al final del estudio los valores tienen a ser constantes pues adquieren valores semejantes (entre 4 y 6 N/mm). Este comportamiento es semejante para todas las frutas estudiadas, la condición B preserva mejor esta propiedad.

La firmeza del maracuyá almacenadas a temperatura ambiente disminuyó mucho más rápido que aquella para el maracuyá almacenado en el cuarto frío, este cambio se percibe luego del día 3 de estudio y se debe a la elasticidad de la superficie de la fruta. En el caso de la gulupa, también se observó un cambio significativo a partir del día 3 de estudio, sin embargo, para la gulupa almacenada a temperatura ambiente se presentó un descenso mayor respecto a aquellas almacenadas en cuarto frío. Para la granadilla se presentó la misma tendencia.



En el caso de la firmeza de los cítricos evaluados se encontró que a medida que fueron transcurriendo los días, las naranjas perdieron paulatinamente su firmeza, pasando de aproximadamente 3,46 kgf a 1,26 kgf. Caso contrario ocurrió con los limones de las dos temperaturas estudiadas, los cuales tuvieron un aumento significativo en su dureza.

- pH

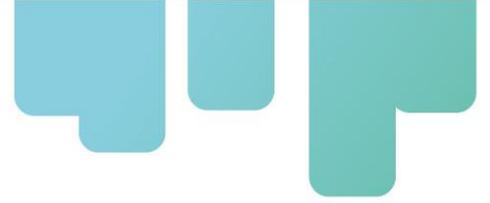
El cambio de pH solo se midió para las frutas del género pasiflora durante el tiempo de almacenamiento como se muestra en la tabla 10. Para ello en los siete días de muestreo se monitoreo el cambio mediante la medida potenciométrica del potencial de hidrógeno de la parte comestible del fruto. El pH en un alimento sirve como criterio de calidad, dado que este está relacionado con el crecimiento microbiano y posible degradación de un alimento (Miranda et al., 2009).

Tabla 10. Cambio total del pH durante el almacenamiento (n=7).

Maracuyá				Gulupa				Granadilla			
Día	CA	Día	CB	Día	CA	CB	Día	CA	Día	CB	
0	2,286 ± 0,448	0	2,286 ± 0,448	0	2,786 ± 0,267	2,786 ± 0,267	0	4,429 ± 0,787	0	4,429 ± 0,787	
3	2,714 ± 0,487	3	2,571 ± 0,535	3	2,835 ± 0,072	2,741 ± 0,046	3	4,571 ± 0,189	3	4,286 ± 0,267	
6	3,000 ± 0,577	6	2,714 ± 0,488	6	2,948 ± 0,118	2,940 ± 0,151	6	4,214 ± 0,393	6	4,143 ± 0,378	
10	3,143 ± 0,378	10	2,929 ± 0,189	10	2,930 ± 0,095	2,940 ± 0,131	10	4,714 ± 0,488	10	4,571 ± 0,535	
13	3,118 ± 0,103	14	3,062 ± 0,049	15	3,023 ± 0,179	2,890 ± 0,057	13	4,929 ± 0,189	14	4,692 ± 0,071	
17	3,159 ± 0,057	22	2,830 ± 0,229	19	3,072 ± 0,125	2,857 ± 0,162	17	4,768 ± 0,034	22	4,488 ± 0,047	
20	2,803 ± 0,050	31	2,747 ± 0,046	24	3,077 ± 0,079	2,941 ± 0,084	20	4,633 ± 0,071	31	4,541 ± 0,074	

En la tabla 10, se puede apreciar que el pH del maracuyá, gulupa y granadilla permanece prácticamente constante a lo largo del periodo de estudio, es decir, no hay un cambio significativo en el pH en el tiempo.

- Sólidos solubles totales



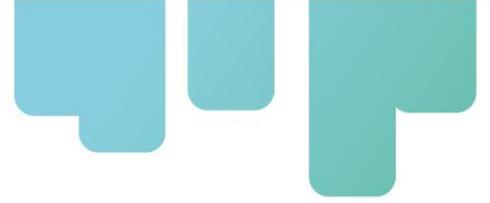
Esta prueba se les realizó solamente a las pasifloras y cítricos estudiados. En la tabla 11 se muestran los valores obtenidos para los sólidos solubles totales medidos en la parte comestible del maracuyá y de la gulupa. Los sólidos solubles totales en las frutas están constituidos principalmente por los azúcares disueltos en el jugo. Los principales azúcares en los zumos de frutas son la sacarosa, glucosa y fructosa (Melgarejo, 2002).

Tabla 11. Cambio de los sólidos totales durante el almacenamiento (n=7).

Maracuyá		Gulupa		Granadilla						
Día	CA	Día	CB	Día	CA	CB	Día	CA	Día	CB
0	11,857 ± 1,464	0	11,857 ± 1,464	0	12,857 ± 0,748	12,857 ± 0,748	0	12,355 ± 0,252	0	12,355 ± 0,252
3	12,857 ± 1,069	3	12,929 ± 1,397	3	12,357 ± 0,556	12,786 ± 0,859	3	11,688 ± 1,036	3	12,504 ± 0,674
6	13,786 ± 0,859	6	13,357 ± 1,651	6	12,857 ± 1,107	12,071 ± 1,239	6	12,938 ± 0,806	6	12,791 ± 0,570
10	13,571 ± 1,718	10	12,929 ± 2,110	10	12,543 ± 0,580	12,200 ± 0,893	10	11,333 ± 0,900	10	12,056 ± 0,581
13	12,286 ± 1,524	14	12,571 ± 0,932	15	13,071 ± 0,607	12,286 ± 0,072	13	12,756 ± 0,391	14	11,978 ± 0,535
17	13,286 ± 0,567	22	13,071 ± 1,134	19	12,143 ± 0,627	12,000 ± 0,866	17	12,513 ± 0,451	22	11,831 ± 1,186
20	13,357 ± 0,988	31	13,357 ± 0,690	24	11,714 ± 0,567	11,929 ± 0,732	20	12,409 ± 0,554	31	12,199 ± 0,625

A lo largo del periodo de estudio, los sólidos solubles totales del maracuyá, gulupa y granadilla permanecen casi constantes, se presentan algunas pequeñas variaciones entre el día 10 y 15 de almacenamiento en la condición A. La poca variación en los °Brix se debe al efecto de la temperatura de almacenamiento ya que disminuye la velocidad de los cambios en los frutos lo que puede afectar la acumulación de azúcares en la parte comestible de la fruta (Orjuela Baquero, Moreno Chacón, Hernández, & Melgarejo, 2011).

En el caso de los cítricos, para la naranja en la condición A los valores de sólidos solubles totales tuvieron un incremento tras cada día de medición, obteniendo valores desde 7,47 hasta 9,14, mientras que para la condición B se presentaron valores un poco mayores, pero en general se



presentó una tendencia similar. Los valores obtenidos para los limones almacenados en la condición A y B se encuentran dentro del mismo rango del obtenido para las naranjas.

- Acidez titulable

Al igual que la prueba de sólidos solubles totales, se realizó a las pasifloras y los cítricos. En la tabla 12 se presentan los resultados obtenidos para el cambio en la acidez titulable del maracuyá y de la gulupa durante el periodo de almacenamiento. Como se puede observar hay una disminución en la acidez de las frutas a medida que avanza en su proceso de maduración, esto muestra que un incremento en el pH repercute en una disminución de la acidez como se muestra en estas frutas (Reina, 1997).

Tabla 12. Cambio de la acidez titulable durante el almacenamiento (n=7).

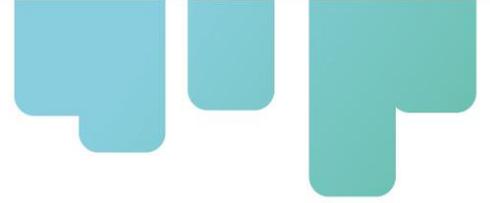
Maracuyá				Gulupa		
Día	Condición A	Día	Condición B	Día	Condición A	Condición B
0	3,555 ± 0,760	0	3,555 ± 0,760	0	1,886 ± 0,130	1,886 ± 0,130
3	3,146 ± 0,371	3	3,239 ± 0,410	3	1,717 ± 0,223	1,990 ± 0,161
6	2,894 ± 0,368	6	3,069 ± 0,369	6	1,469 ± 0,315	1,382 ± 0,167
10	2,025 ± 0,356	10	2,221 ± 0,144	10	1,317 ± 0,152	1,665 ± 0,224
13	1,834 ± 0,292	14	2,334 ± 0,202	15	1,425 ± 0,254	1,317 ± 0,198
17	3,442 ± 0,456	22	2,495 ± 0,196	19	1,156 ± 0,171	1,360 ± 0,296
20	2,134 ± 0,250	31	2,290 ± 0,250	24	1,056 ± 0,179	1,273 ± 0,185

En el caso del maracuyá la acidez disminuye a medida que aumenta el estado de madurez. Para la gulupa se encontró que en las dos condiciones de almacenamiento hay una disminución en la acidez de los frutos evaluados. En las granadillas, se encontraron ligeras variaciones en los datos obtenidos durante el tiempo de estudio, esto se debe a que no todas las frutas se maduraron de manera similar.

Para el caso de las naranjas almacenadas en ambas condiciones se presentó una tendencia constante en el valor de acidez, un factor importante a destacar es que las naranjas sometidas a la condición B, presentan un valor bastante alto y fuera del límite de la NTC 4086. Para el caso de los limones en la condición A y la condición B se obtienen valores similares y una tendencia de aumento.

- Consistencia de la pulpa (aguacate variedad Hass)

Los resultados de la consistencia de la pulpa de aguacate variedad Hass se presentan en la tabla



13 para las dos condiciones de almacenamiento.

Tabla 13. Cambio de la consistencia de la pulpa durante el almacenamiento (n=7)

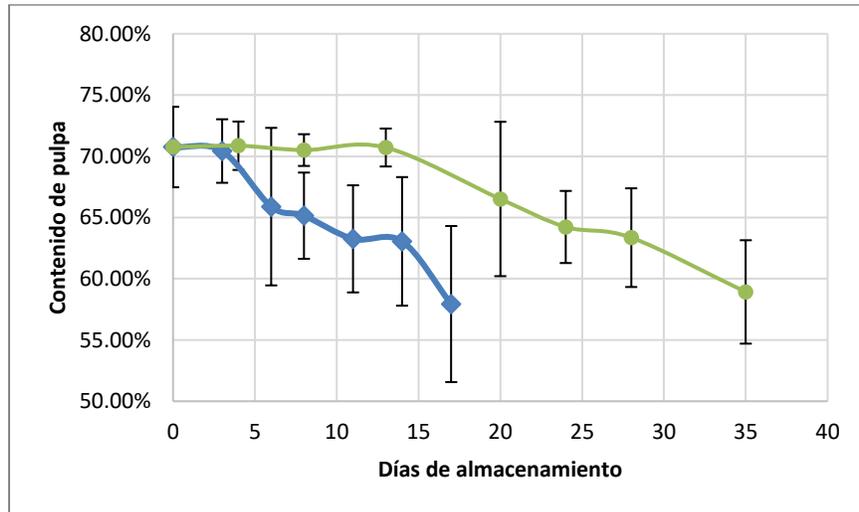
CA		CB	
Días	Consistencia [Kgf/cm ²]	Días	Consistencia [Kgf/cm ²]
0	45,96 ± 3,42	0	45,96 ± 3,42
3	43,40 ± 3,07	4	46,28 ± 1,91
6	30,92 ± 5,39	8	45,26 ± 2,04
8	14,43 ± 12,31	13	36,75 ± 5,71
11	3,34 ± 6,39	20	6,88 ± 7,49
14	0,37 ± 0,17	24	1,22 ± 0,37
17	0,38 ± 0,29	28	0,90 ± 0,25
-	-	35	0,66 ± 0,34

Al igual que la firmeza, se observa una disminución fuerte en el valor de la consistencia de la pulpa, debido a los procesos de degradación de la estructura de la fruta. Esta propiedad está muy relacionada a la firmeza de la fruta y su comportamiento es similar.

- Contenido de pulpa o jugo (aguacate variedad Hass y cítricos)

Esta prueba se realizó para determinar el contenido de pulpa de los aguacates variedad Hass, así como también para determinar el contenido de jugo o zumo de los cítricos ya que las respectivas NTC reportan el contenido de pulpa o jugo como parámetro de control de calidad.

En la gráfica 9 se presentan las curvas de contenido de pulpa de aguacate variedad Hass, en función del tiempo de almacenamiento.



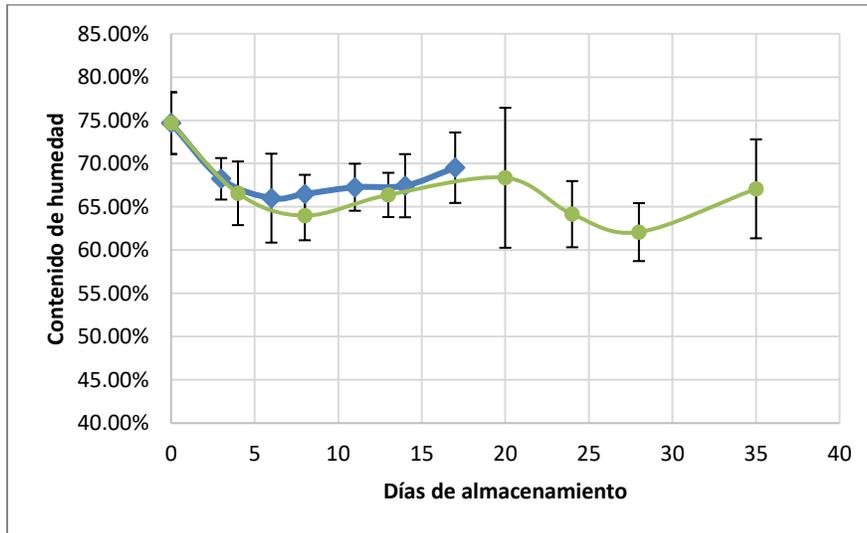
Gráfica 9. Contenido de pulpa en función del tiempo de almacenamiento (n=7)

Como se puede observar en la gráfica 9, el contenido de pulpa del aguacate tiene una pequeña disminución a través del tiempo, explicada posiblemente por la pérdida de humedad hacia el ambiente y las reacciones metabólicas que ocurren en la fruta, las cuales degradan componentes de la pulpa para convertirlos en energía y gases como CO_2 , los cuales se pierden también en el ambiente.

En el caso de los cítricos, el contenido de jugo estuvo entre 40,18 y 46,08 % para las naranjas de la condición A y entre 46,08 y 52,99 % para las de la condición B; aunque para esta última fue superior se encuentra dentro de los valores de la NTC 4086 la cual reporta un valor mínimo de contenido de jugo de 40 % y además del CODEX STAN 245 indica como mínimo 35% contenido de jugo en naranjas, el cual es similar a lo solicitado por la Comunidad Europea (FAO-WHO, 2008). Para los limones de la condición A los valores oscilaron entre 37,04 y 48,09 %, obteniéndose este último valor transcurridos 24 días, mientras que para el caso de los limones almacenados en la condición B el contenido de jugo estuvo entre 38,77 y 43,53 %.

- Contenido de humedad (aguacate variedad Hass)

El contenido de humedad solo se midió a la pulpa del aguacate variedad Hass. En la gráfica 10 se presentan las curvas de contenido de pulpa en función del tiempo de almacenamiento.



Gráfica 10. Contenido de humedad de la pulpa en función del tiempo de almacenamiento (n=7)

Sin embargo, en la figura se observa que la humedad de la pulpa con respecto al tiempo no presenta diferencias estadísticamente significativas entre el día 0 y el último día de almacenamiento, indicando que la pérdida de humedad hacia el ambiente fue mínima.

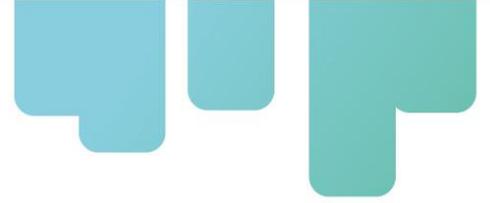
Parte II: Técnicas de producción de pasta de aguacate variedad Hass y vida de anaquel durante su almacenamiento bajo congelación

- Caracterización del fruto

De los 90 aguacates analizados, 27 fueron descartados debido a problemas en su maduración (presencia de hongos, fibras o daño en la cáscara), se caracterizaron los aguacates restantes obteniendo los resultados presentados en la tabla 14.

Tabla 14. Caracterización de aguacate variedad Hass

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Peso	91,6350	253,1090	147,6676	40,8948
Relación Altura: Diámetro	0,9989	1,5823	1,3153	0,1193
% Semilla	0,0489	0,3602	0,1744	0,0607
% Cáscara	0,1165	0,2944	0,1644	0,0345
% Pulpa	0,3947	0,7879	0,6612	0,0714



- Pardeamiento

Se encontró que en los primeros 15 minutos ocurre la mayor parte del pardeamiento, siendo L* y b* las dimensiones de color que experimentaron más cambios. En la tabla 15 se pueden apreciar estos cambios y la influencia de la actividad enzimática sobre el color de la fruta.

Tabla 15. Pardeamiento de la pulpa del aguacate variedad Hass

Altura	$\overline{\Delta E}$	$\overline{\Delta L}$	$\overline{\Delta a^*}$	$\overline{\Delta b^*}$	\overline{U}_{PPO}	\overline{U}_{POD}
1850	2,8314a	0,7100a	0,0133a	2,1433a	0,1493a	0,1390a
2300	1,8734a	-0,4300a	-0,0200a	0,0433a	0,1402a	0,0753b
2100	1,4223a	-2,2167a	-0,0267a	-0,5800a	0,0973a	0,0742b

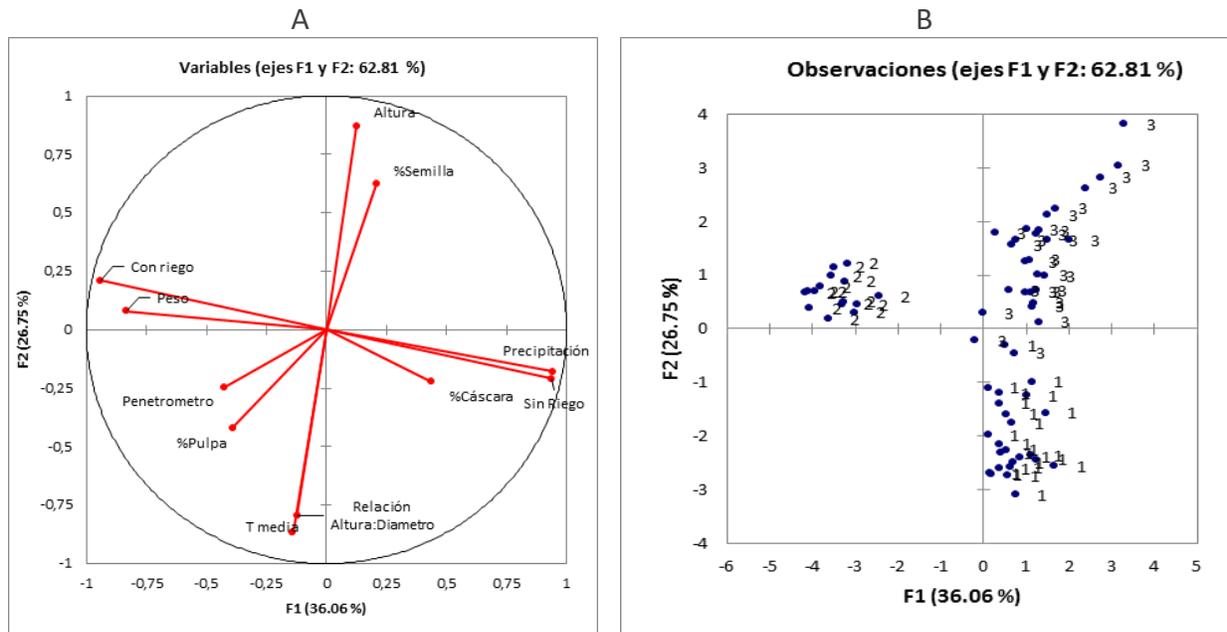
- Actividad enzimática

La actividad de las enzimas PPO y POD, relacionadas con el pardeamiento, fue medida con el fin de encontrar la influencia de estas enzimas sobre el cambio en el color de la pulpa y el pardeamiento.

- Análisis de componentes principales - PCA

Aguacate Hass (*Persea americana* v. *Hass*) cultivado a distintos niveles de altura y riego en Colombia fue analizado con el fin de encontrar relaciones que permitan predecir sus parámetros de calidad. Para esto se evaluaron los siguientes parámetros: el peso, el porcentaje de semilla, la cáscara y la pulpa del fruto y la fuerza necesaria para penetrar la cáscara, además se midió la oxidación del fruto maduro abierto a partir del cambio de color y la actividad de las enzimas Polifenil oxidasa (PPO) y Peroxidasa (POD) (responsables del pardeamiento). Los aguacates medidos oscilaron entre los 90g y los 250g, con un promedio de 150g y una relación media entre su altura y diámetro de 1,3.

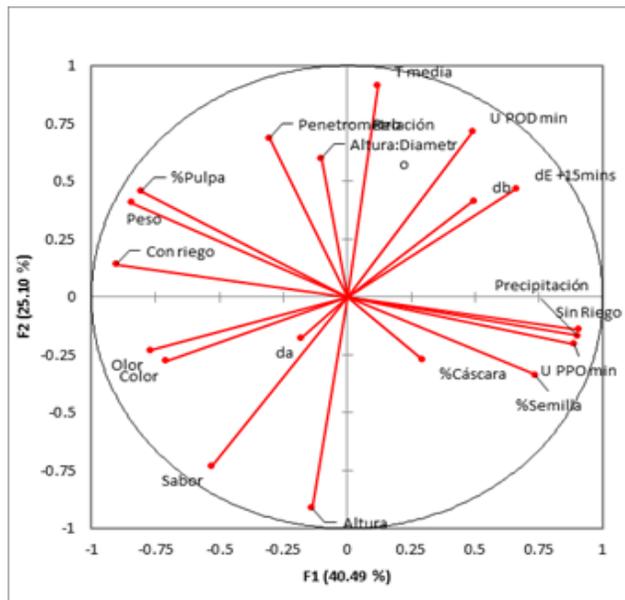
Un análisis de componentes principales PCA, fue llevado a cabo con el fin de determinar cuáles de las variables monitoreadas (peso, relación altura/diámetro, %semilla, %cáscara, %pulpa) pueden explicar los resultados experimentales obtenidos y de esta forma determinar si existen tendencias entre las muestras analizadas de aguacate.



Gráfica 11. Análisis PCA de los datos completos de aguacate Hass vs altura: A) variables B) observaciones.

Este primer análisis permitió explicar aproximadamente el 63% de la varianza total contenida en los datos e inferir que el peso del aguacate está fuertemente influenciado por la cantidad de agua que recibe durante la época en la que se desarrolla el fruto. Como se observa en la gráfica 11 hay variables que no tienen mayor influencia en el estudio, es decir las variables con líneas más cortas, cuando se realizar un PCA estas variables de baja influencia pueden ser eliminadas con el fin de evaluar si eliminándolas, se elimina ruido en el análisis y se torna más preciso. Así mismo, la gráfica 11-A refleja que hay diferencias claras entre los aguacates sobre los que se aplicó riego y sobre los que no tuvieron riego, por otro lado, que las series 2 se encuentran más juntas, lo que podría inferir que en esta las muestras de aguacate con riego tienen mayor homogeneidad.

De los tres grupos de aguacates (A2100, A1850, A2300) utilizados se tomó una muestra representativa de tres aguacates por grupo, a los que se les realizó análisis de actividad enzimática de PPO y POD y oxidación, además de mediciones de color cada 15 minutos para determinar el pardeamiento de la pulpa., además del pardeamiento de la pulpa durante una hora después de ser abierta.

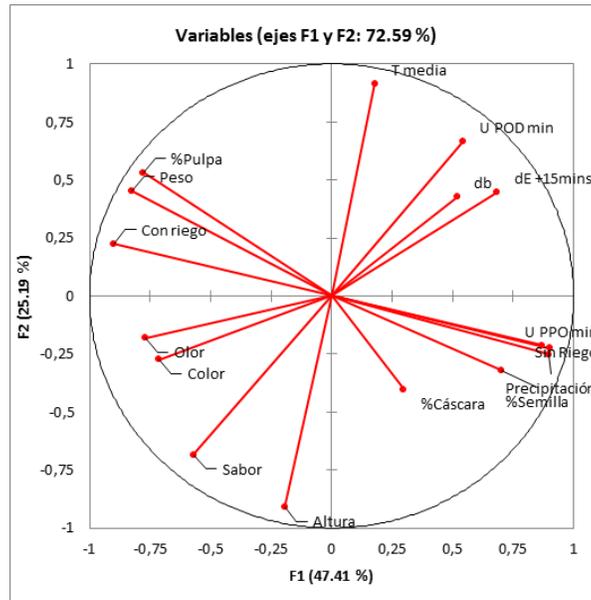


Gráfica 12. PCA con actividad enzimática y parámetros organolépticos.

En este análisis de componentes principales, se incluyen los parámetros de actividad enzimática y oxidación de la pulpa, tal como se presenta en la gráfica 12, tienen baja influencia en el análisis las variables de % de cáscara y da. Se aprecia una relación entre el peso del fruto con la cantidad de agua aplicada sobre la planta, así mismo aparecen nuevas relaciones:

- ✓ Relación entre la cantidad de agua que la planta recibe con la cantidad de pulpa y semilla en el fruto, así como la actividad de la enzima PPO. Se encuentra una relación directa entre la precipitación y la actividad de PPO, lo que podría permitir inferir que un estrés hídrico por exceso de agua aumentaría la actividad de esta.
- ✓ Relación de la actividad de la enzima POD con parámetros sensoriales, sobre todo con el sabor del fruto.
- ✓ Relación entre el cambio de color y la actividad de la enzima POD, así mismo se establece que los pigmentos amarillos (b^*) tienen mayor influencia sobre el pardeamiento que los pigmentos rojos.

Debido al poco aporte (peso) que tiene el cambio en la pigmentación de rojo a verde, la relación altura – diámetro del fruto y la resistencia a la penetración para explicar los datos, se decide eliminar estas variables del análisis. Tras su eliminación, se logra una mejora del 7% y se explica el 72.59% de los datos con un nuevo análisis de componentes principales, en donde se confirman las relaciones anteriormente mencionadas.



Gráfica 13. PCA con actividad enzimática y parámetros organolépticos influentes.

En la gráfica 13 se pueden apreciar las variables de alta influencia en el estudio, aquellas que tienen líneas más largas acercándose a la circunferencia. Se ha encontrado entonces que hay una relación entre el riego y la precipitación (consumo de agua de la planta) con el tamaño, cantidad de pulpa y semilla, y la actividad de la enzima PPO. Teniendo en cuenta que, de todas estas variables medidas, la más costosa de medir es la de actividad enzimática, se plantea la búsqueda de un modelo que permita predecirla a partir de las variables anteriormente mencionadas.

- Análisis ANOVA

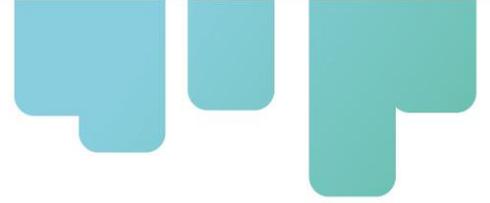
Grupo principal

Relación Altura: Diámetro: Se encuentra que hay diferencias significativas en la relación altura diámetro entre 1850msnm con el resto de las alturas, siendo los aguacates de 1850msnm más alargados que los de 2100 y 2300 msnm.

Porcentaje de semilla: Se encontró que no hay una diferencia significativa entre la cantidad de semilla que traen los frutos a las diferentes alturas.

Porcentaje de cáscara: Se encuentra que hay diferencias significativas entre el porcentaje de cáscara en los aguacates a 1850 msnm y 2100 msnm, al solo existir entre estas dos alturas se podría sospechar que hay una influencia al aplicar riego.

Porcentaje de pulpa: Se encuentra que no hay diferencias significativas en el contenido de pulpa de los aguacates a las distintas alturas.



Grupo Pequeño

Se analizaron las diferencias entre el porcentaje de semilla, pulpa y la actividad de PPO y POD, los resultados son los siguientes

Porcentaje de pulpa: Se encontró que hay diferencias significativas en el porcentaje de pulpa entre los aguacates a 2100 msnm y con riego y los aguacates a 2300 msnm. Lo que lleva a pensar que hay importancia de alguno de estos criterios, anteriormente en el PCA se pudo observar la variable que podría tener una influencia sobre el porcentaje de pulpa de estas dos sería la aplicación de riego.

Actividad de PPO y POD: Se encontró que hay diferencias significativas entre la actividad de POD a 1850 msnm con las otras dos alturas, indicando que podría haber algún tipo de relación entre la altura y la actividad de POD, como también se muestra en la matriz de correlación y el análisis PCA.

Parte III: Calidad en la postcosecha y comercialización del aguacate (*Persea americana* Mill) y maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) en Ecuador.

Evaluación de las pérdidas de calidad física y química durante la comercialización de dos variedades de aguacate Hass y Fuerte.

En la tabla 16 se indica el peso promedio y las dimensiones de las dos variedades de aguacate; cosechadas en la provincia de Imbabura y Pichincha.

Tabla 16. Peso y dimensiones de variedades de aguacate Hass y Fuerte de dos zonas productoras

	Z. P. Imbabura		Z. P. Pichincha	
	Variedad Hass	Variedad Fuerte	Variedad Hass	Variedad Fuerte
Peso (g)	181,67 ± 9,85	268 ± 58,65	204,2 ± 25,59	288,8 ± 62,24
L (mm)	88,67 ± 4,30	107,75 ± 5,03	94,66 ± 6,97	109,1 ± 14,43
D (mm)	64,01 ± 1,24	72,65 ± 7,84	67,99 ± 2,99	75,8 ± 4,16

n = 120 frutos

El aguacate cosechado en la provincia de Imbabura, variedad Hass corresponde al Grado 22 y la



variedad Fuerte está entre los Grados 18 al 14. El aguacate cosechado en la provincia de Pichincha, variedad Hass se encuentra en los Grados 22 al 18 y Fuerte en los Grados 18 al 12. Lo anterior teniendo en cuenta la tabla de clasificación de aguacate según su masa unitaria, NTE INEN 1755. La fruta de Imbabura es más pequeña y pesa menos, con relación a la de Pichincha.

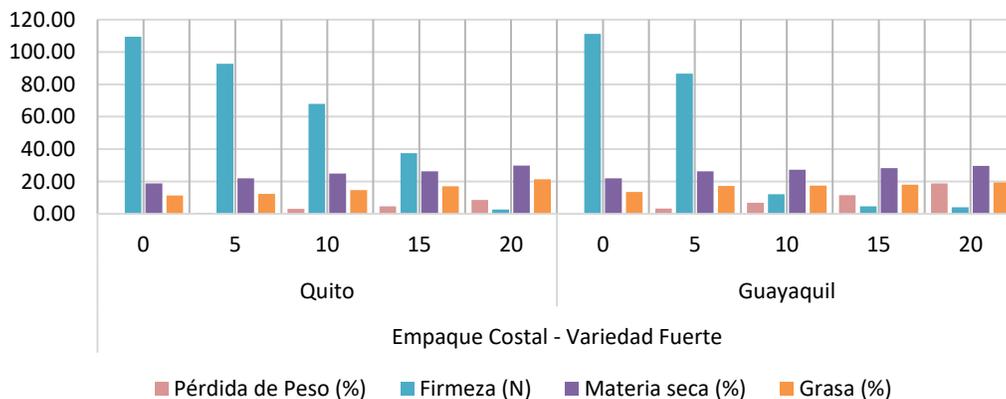
- Pérdida de peso, Firmeza de la pulpa, materia seca y grasa:

Se monitoreó la calidad de aguacate variedad Hass y Fuerte, procedente de dos zonas de producción y comercializado en Quito, empacado en gavetas plásticas y costales plásticos, hasta llegar a su estado de maduración. Adicionalmente, se analizó el pH y la acidez titulable, valores que no aportan significativamente en los resultados. A continuación, se presentan los resultados de calidad en la postcosecha y comercialización del aguacate:

- Zona de Producción - Provincia de Imbabura-Varietal Fuerte-Costal Plástico

En análisis estadístico permitió concluir que: en los 20 días de conservación: la variedad Fuerte de Imbabura, comercializada en costal plástico en Quito registró una menor pérdida de peso con 8,58%, mientras que en Guayaquil se obtuvo un 18,82%. La firmeza de la pulpa en los dos sitios de comercialización hasta los 20 días de conservación no tiene diferencias significativas, las diferencias estadísticas existen entre los días de almacenamiento, como se puede observar en la figura x. La materia seca en los sitios de comercialización de Guayaquil y Quito registró valores similares estadísticamente, a los 20 días, con 29,60 y 29,75%, respectivamente. Para el contenido de grasa, en Guayaquil obtuvo un valor de 19,44% y en Quito de 21,33%. En el gráfico 14 se presentan los resultados obtenidos:

Zona de Producción - Provincia de Imbabura-Varietal Fuerte-Costal Plástico

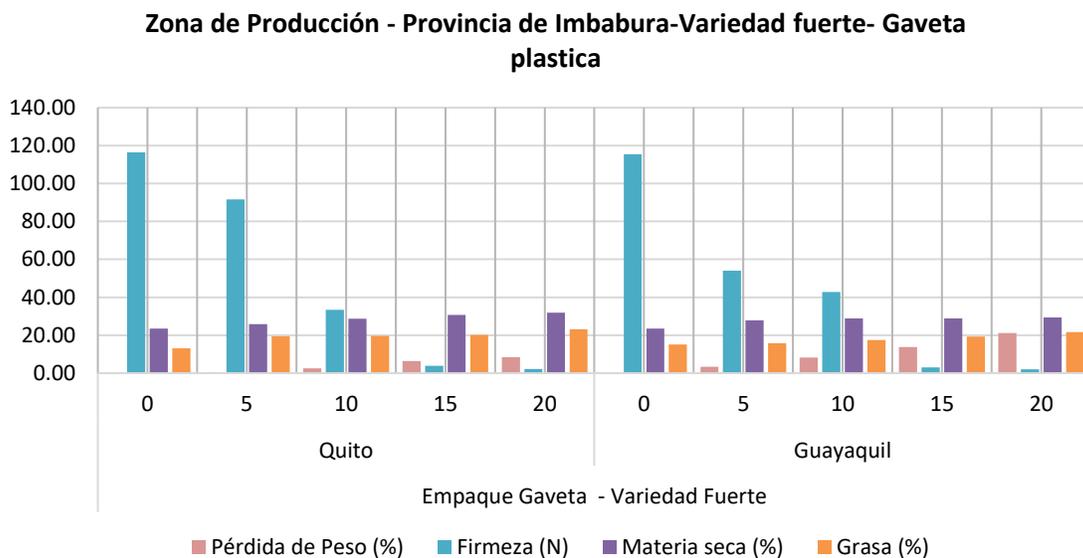


Gráfica 14. Registro pérdida de peso, firmeza, materia seca y grasa del aguacate variedad Fuerte-Imbabura-Costal en dos sitios de comercialización



- Zona de Producción - Provincia de Imbabura-Variedad fuerte- Gaveta plástica

Para la variedad Fuerte de Imbabura, comercializada en gaveta en las dos ciudades, se registró la menor pérdida de peso en Quito 8,34% y el mayor valor en Guayaquil con 21,15%. La firmeza de la pulpa no presentó diferencias significativas. La materia seca y el contenido de grasa en Guayaquil fue de 29,43% y 21,59 %, en Quito de 31,83% y 23,16%, respectivamente, estadísticamente significativos. En la gráfica 15 se presentan los resultados analizados.



Gráfica 15. Pérdida de peso, firmeza, materia seca y grasa del aguacate variedad Fuerte (zona de producción Imbabura) empacado en gaveta, durante los días de almacenamiento en dos sitios de comercialización.

- Zona de Producción - Provincia de Pichincha-Variedad fuerte-costal plástico

El análisis estadístico de los resultados hasta los 20 días de conservación a las condiciones ambientales comercializado en costal en las dos ciudades, la variedad Fuerte procedente de Pichincha. La pérdida de peso en Quito registró un menor valor de 9,89% y en Guayaquil de 22,88%, con diferentes rangos estadísticos entre los diferentes días. La firmeza de la pulpa de la fruta no tiene diferentes estadísticas significativas con los datos obtenidos hasta los 20 días de almacenamiento, llegando a valores de 3,50 N en Quito y de 1,85 N en Guayaquil. La materia seca y grasa en Guayaquil registró un valor menor de 28,15% y 17,59%, en comparación de Quito con 36,09% y 22,85%, respectivamente, siendo estadísticamente significativos. En el gráfico 16 se presentan los resultados analizados:

Zona de Producción - Provincia de Pichincha-Variedad fuerte-costal plástico

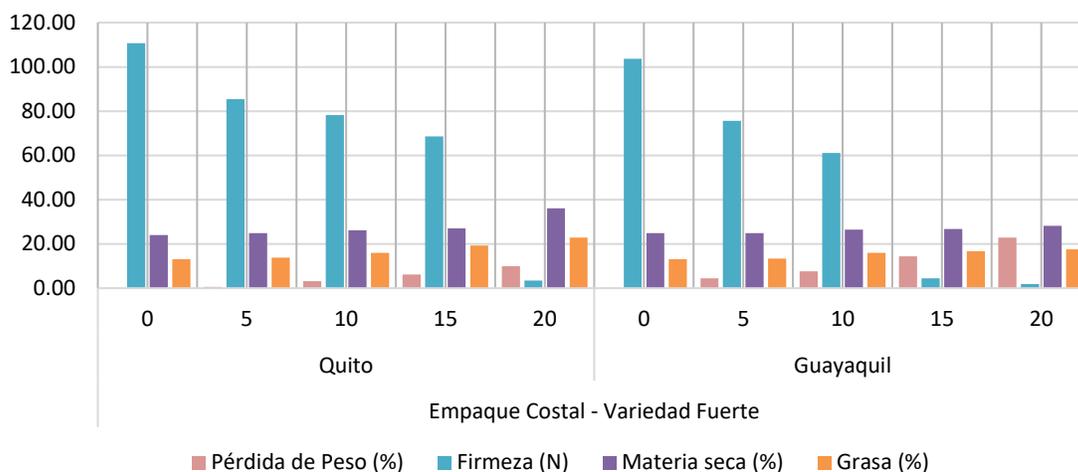


Gráfico 16. Pérdida de peso, firmeza, materia seca y grasa del aguacate variedad Fuerte (zona de producción Pichincha) empacado en costal, durante los días de almacenamiento en dos sitios de comercialización.

- Zona de Producción - Provincia de Pichincha-variedad Fuerte- gaveta

La variedad Fuerte procedente de Pichincha comercializada en gaveta plástica, en Quito presentó un 10,39% en %pérdida de peso, mientras que en Guayaquil fue de 25,30%. La firmeza de la pulpa en los aguacates almacenados en los dos sitios fue similar, con valores 1,41 N y 2,40 N. Para el porcentaje de materia seca y contenido de grasa de la fruta comercializada en Quito fue 31,94% y 19,15%, respectivamente, y para Guayaquil un valor menor de 27,38%, 16,30%, contrario a lo que se obtiene en Quito. En el gráfico 17 se presentan los resultados.

Zona de Producción - Provincia de Pichincha-variedad Fuerte- gaveta

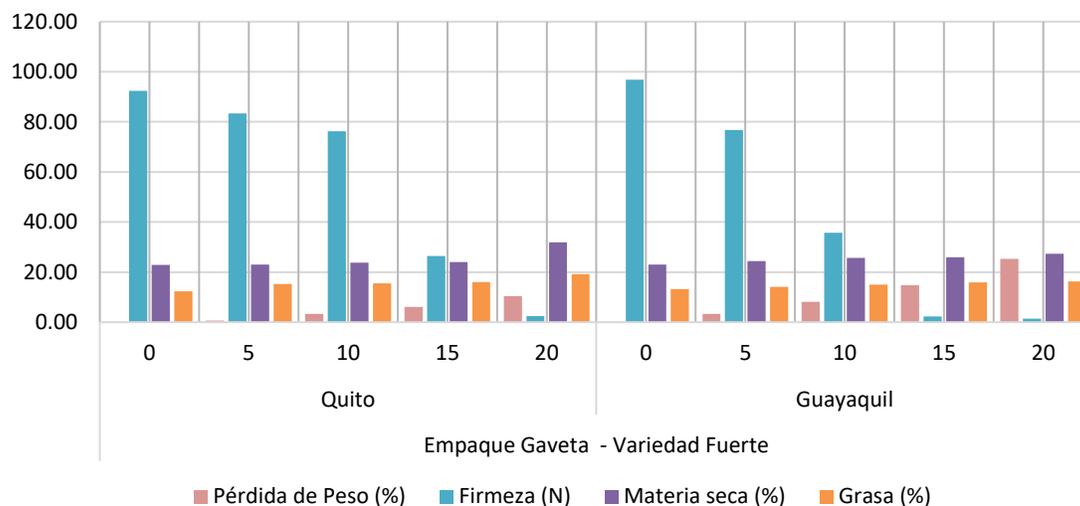


Gráfico 17. Pérdida de peso, firmeza, materia seca y grasa del aguacate variedad Fuerte (zona de producción Pichincha) empacado en gaveta, durante el almacenamiento en dos sitios de comercialización.

- Zona de Producción - Provincia de Imbabura-Variedad Hass-Empaque Costal

Para la variedad Hass proveniente de Imbabura, la pérdida de peso fue mayor en Guayaquil con un 22.79% y para Quito solo un 8,68%. La firmeza obtuvo resultados similares al finalizar los 20 días de monitoreo. Para la materia seca se obtuvo, en Guayaquil un valor de 33,52% y Quito 32,51% y finalmente para contenido de grasa en Guayaquil fue de 19,57% y Quito 21%. En el gráfico 18 se presentan los resultados.

Zona de Producción - Provincia de Imbabura-Variiedad Hass-Empaque Costal

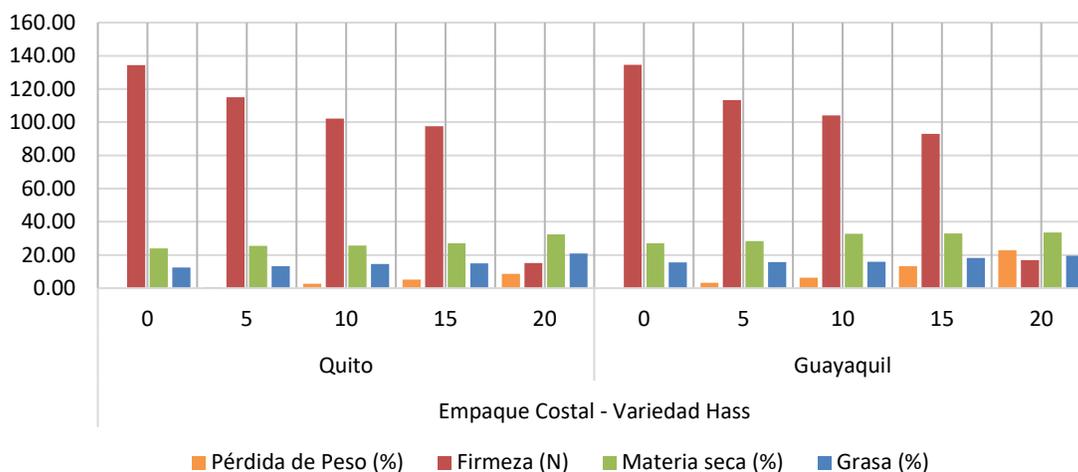
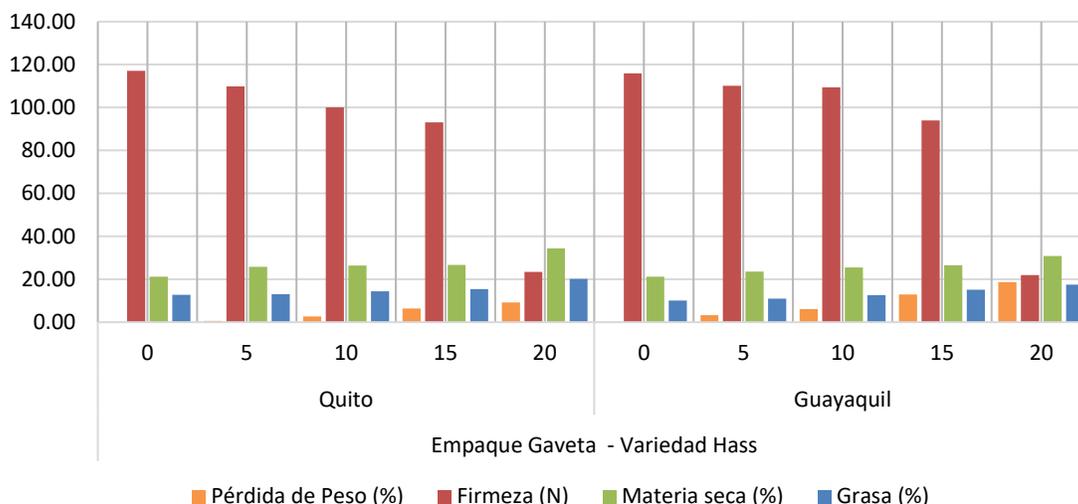


Gráfico 18. Pérdida de peso, firmeza, materia seca y grasa del aguacate variedad Hass (zona de producción Imbabura) empacado en costal, durante los días de almacenamiento en dos sitios de comercialización

- Zona de producción-provincia Imbabura-Variiedad Hass-Empaque Costal

La variedad Hass cosechada en la zona productora de Imbabura, transportada en gaveta a los 20 días de conservación presentó una pérdida de peso en Quito de 9,23% y en Guayaquil de 18,65%. La Firmeza de la pulpa en los dos sitios de comercialización produce un efecto similar 23,94N en Quito y 1,93N en Guayaquil. La materia seca y grasa a los 20 días de almacenamiento en Quito fue 34,42% y 20,12%, mientras que en Guayaquil llegó a 30,89% y 17,47%, respectivamente. Resultados en el gráfico 19.

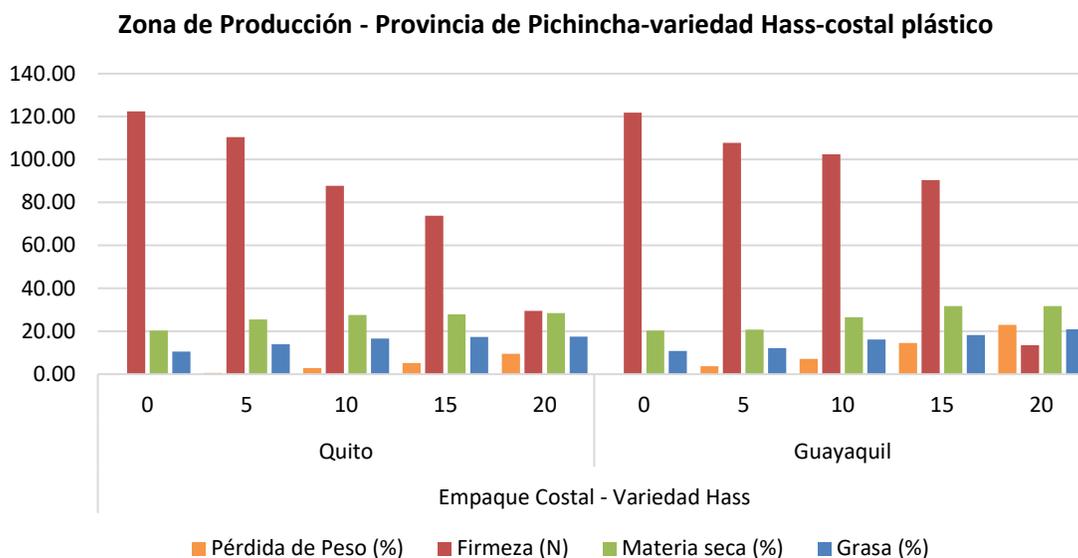
Zona de Producción - Provincia de Imbabura-Variedad Hass- gaveta



Gráfica 19. Pérdida de peso, firmeza, materia seca y grasa del aguacate variedad Hass (zona de producción Imbabura) empacado en gaveta, durante los días de almacenamiento en dos sitios de comercialización.

- Zona de Producción - Provincia de Pichincha-variedad Hass-costal plástico

La variedad Hass cosechada en la provincia de Pichincha y comercializada en costal en Quito, registró la menor pérdida de peso de 9,50% transcurridos los 20 días de monitoreo, mientras que en Guayaquil fue de 23,02%. La firmeza de la pulpa en Quito fue 29,45N y en Guayaquil 13,44N. El contenido de materia seca y grasa en Guayaquil alcanzó a los 20 días de almacenamiento el valor mayor 31,80% y 20,91%, respectivamente, contrario a Quito que se obtuvo 28,51% y 17,49%; como se puede ver en el gráfico 20.



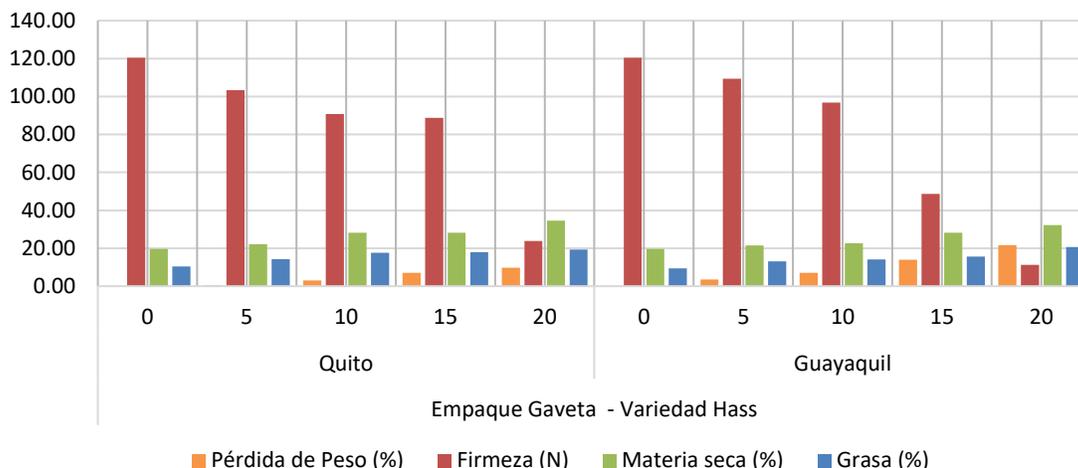
Gráfica 20. Pérdida de peso, firmeza, materia seca y grasa del aguacate variedad Hass (zona de producción Pichincha) empacado en costal, durante los días de almacenamiento en dos sitios de comercialización.

- Zona de producción Pichincha-variedad Hass-Gaveta Plástica

El aguacate variedad Hass proveniente de la provincia de Pichincha y comercializado en gaveta plástica, tuvo la pérdida de peso a los 20 días de conservación en la ciudad de Quito del 9,76% y en Guayaquil del 21,73%. La firmeza de la pulpa de la fruta conservada 20 días en la ciudad de Guayaquil fue de 11,19N y en Quito de 23,84N. En Quito el contenido de materia seca alcanzó 34,54% y la grasa 19,25%, a diferencia que en Guayaquil se obtuvo 32,28% de materia seca y 20,59% de grasa. Resultados presentados en el gráfico 21.

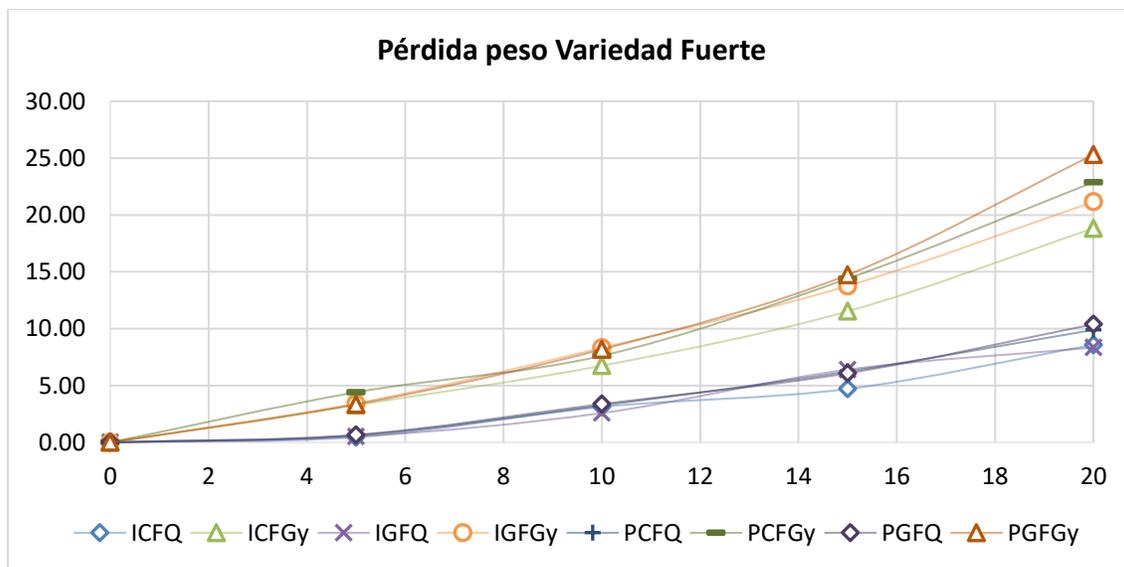


Zona de Producción - Provincia de Pichincha-Varietas Hass- Gaveta plástica

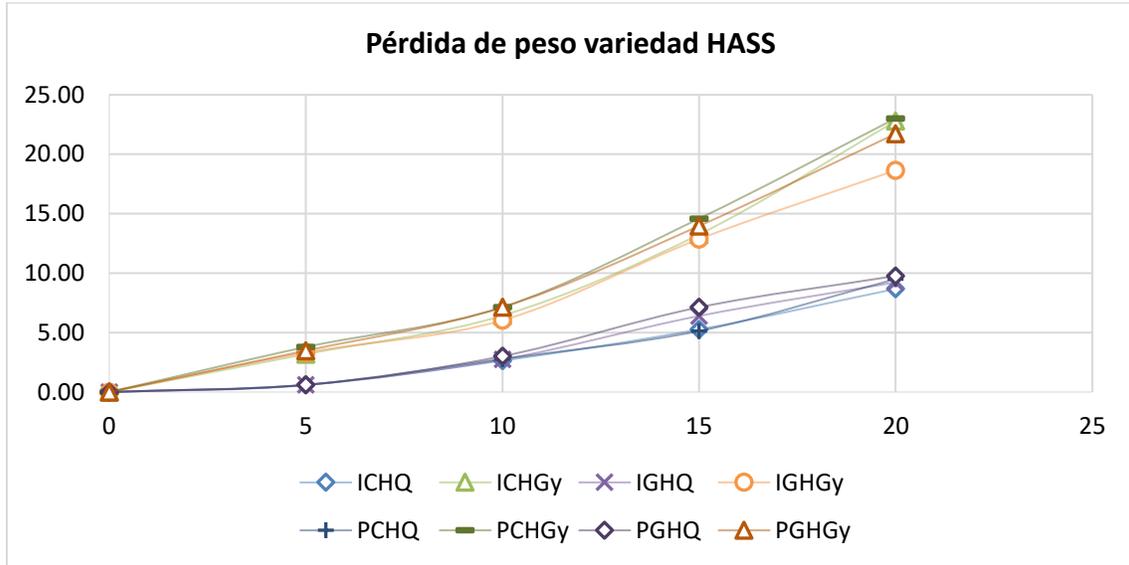


Gráfica 21. Pérdida de peso, firmeza, materia seca y grasa del aguacate variedad Hass (zona de producción Pichincha) empacado en gaveta, durante el almacenamiento en dos sitios de comercialización.

De manera general conforme al análisis estadístico para la variedad Fuerte y Hass, no existe diferencias estadísticas en la pérdida de peso, para la interacción de los cuatros factores: zona de producción (Imbabura y Pichincha) y dos ciudades de comercialización (Guayaquil y Quito), dos empaques y cinco intervalos de almacenamiento. En el gráfico 22 y 23 se presentan los resultados de las dos variedades.



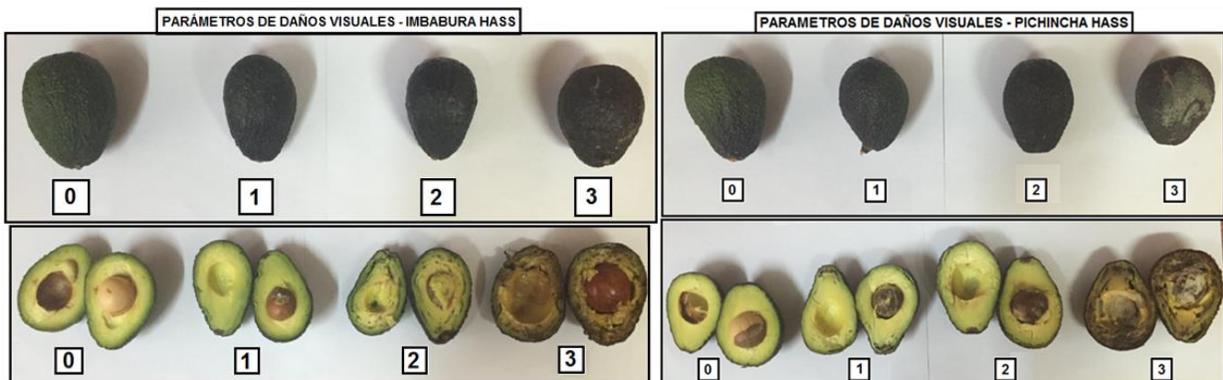
I = Imbabura, P=Pichincha, C=costal, G=gaveta, F= Fuerte, Q=Quito, Gy=Guayaquil
Gráfica 22. Tendencia de la pérdida de peso durante la conservación del aguacate variedad Fuerte



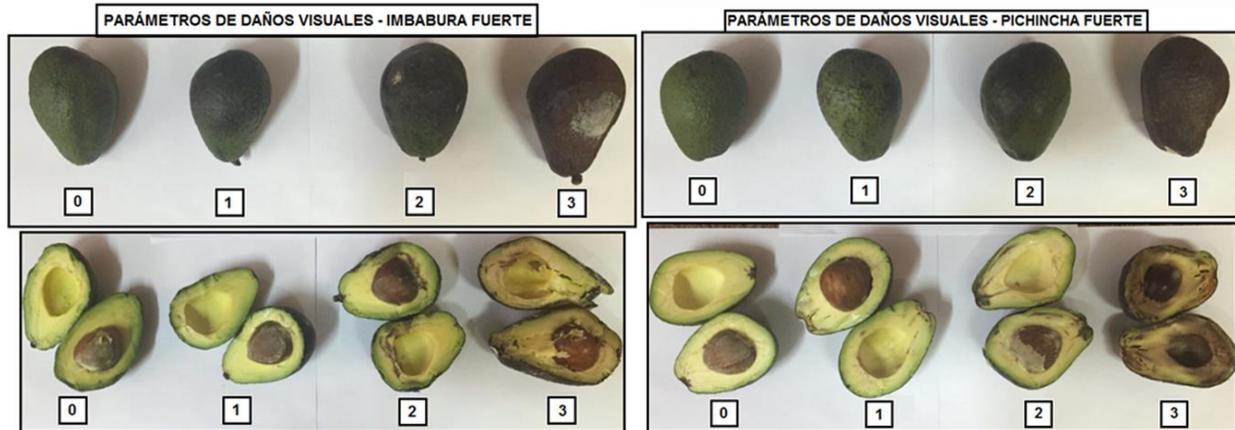
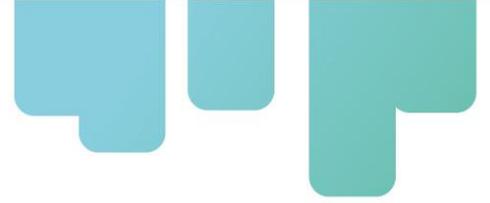
I = Imbabura, P=Pichincha, C=costal, G=gaveta, H= Hass, Q=Quito, Gy=Guayaquil
 Gráfica 23. Tendencia de la pérdida de peso durante la conservación del aguacate variedad Hass.

▪ Descripción visual de diferentes daños

En la gráfica 24 se presenta la descripción visual de los daños en la variedad Hass y en la gráfica 25 para la variedad Fuerte.



Gráfica 24. Escalas de descripción visual de daños en el aguacate variedades Hass



Gráfica 25. Escalas de descripción visual de daños en el aguacate variedades Fuerte

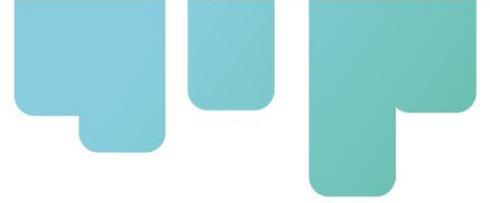
Los valores obtenidos del monitoreo visual de la variedad de aguacate Fuerte y Hass, en empaque de costal plástico y gaveta plástica, comercializada en Quito, durante 0, 5, 10, 15 y 20 días se presentan en la Tabla 17. Es de aclarar que el tiempo que tardó la fruta empacada en llegar a Quito desde Imbabura fue de 3 horas y de Pichincha 2 horas. A partir de los datos se infiere que los daños aumentan en el tiempo de almacenamiento conforme a la escala de intensidad asignada.

La variedad Fuerte proveniente de Imbabura en la gaveta a los 15 días el 79,17% estuvo sana con relación al 73,81% de Pichincha, solo presentaron daños leves los frutos transportados en costal.

En cuanto a la variedad Hass transportada en gaveta desde Pichincha a los 15 días en su maduración el 85,85% se encontraba en estado comestible, es decir sano, en relación con el 83,33% del transportado desde Imbabura. Valores muy similares se obtuvieron si los frutos son transportados en costal desde Imbabura o Pichincha.

Tabla 17. Daños del aguacate variedades Hass y Fuerte conservada al ambiente en Quito.

% DE DAÑOS VISUALES – QUITO																
Día	Fuerte, Pichincha, Gaveta				Fuerte, Pichincha, Costal				Hass, Pichincha, Gaveta				Hass, Pichincha, Costal			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
5	100,0	0,0	0,0	0,0	79,2	20,8	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	96,7	3,3	0,0	0,0
10	83,3	16,7	0,0	0,0	73,8	17,3	4,7	4,2	87,9	12,1	0,0	0,0	86,7	13,3	0,0	0,0
15	73,8	26,2	0,0	0,0	70,8	25,0	4,2	0,0	85,9	15,2	0,0	0,0	80,0	20,0	0,0	0,0
20	69,6	30,4	0,0	0,0	69,1	31,0	0,0	0,0	70,0	30,0	0,0	0,0	69,7	21,2	9,1	0,0
Día	Fuerte, Imbabura, Gaveta				Fuerte, Imbabura, Costal				Hass, Imbabura, Gaveta				Hass, Imbabura, Costal			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
5	100,0	0,0	0,0	0,0	87,5	12,5	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
10	87,5	12,5	0,0	0,0	76,7	23,3	0,0	0,0	90,0	6,7	3,3	0,0	83,3	16,7	0,0	0,0
15	79,2	16,7	4,2	0,0	70,8	29,2	0,0	0,0	83,3	16,7	0,0	0,0	80,0	20,0	0,0	0,0
20	62,5	37,5	0,0	0,0	62,5	37,5	0,0	0,0	83,3	13,3	3,3	0,0	76,7	23,3	0,0	0,0



En la tabla 18 se presenta el porcentaje de daños, identificados visualmente del fruto comercializado en Guayaquil. Es de aclarar que el tiempo total de transporte desde Pichincha e Imbabura es casi de 20 horas, dado que inicialmente la fruta se transporta con un intermediario que llega hasta el mercado mayorista de Ambato y de allí se envía hasta Guayaquil.

La variedad Fuerte proveniente de Pichincha, transportada en gaveta los 10 días el 61,11% estuvo sana, presentó daños severos el 5,56%. Para Imbabura en este mismo periodo solo el 38,89% de fruta sana y el 61,11% presentaba daños leves, se tuvo mejor porcentaje de fruta sana cuando se transportó en costal plástico.

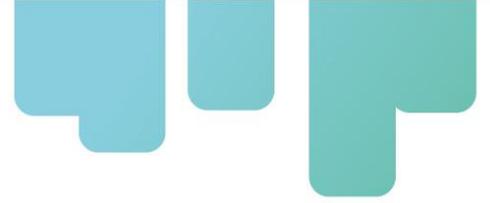
La variedad Hass transportada en gaveta desde Pichincha a los 10 días en la madurez comestible el 83,33% estuvo sana con relación, mientras que solo el 45,83% estaba sana de la transportada en costal. Presentó mejor resistencia y llegó a una mejor calidad a los 10 días la fruta que fue cosechada en Imbabura con un 91,67% de fruta sana en la gaveta y 70,83% en el costal.

Tabla 18. Daños del aguacate variedades Hass y Fuerte conservada al ambiente en Guayaquil.

% DE DAÑOS VISUALES – GUAYAQUIL																
Días	Fuerte, Pichincha, Gaveta				Fuerte, Pichincha, Costal				Hass, Pichincha, Gaveta				Hass, Pichincha, Costal			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
5	100,0	0,0	0,0	0,0	94,4	0,0	5,6	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,00	0,00
10	61,1	33,3	0,0	5,6	33,3	50,0	16,7	0,0	83,3	12,5	4,17	0,0	45,8	41,7	12,5	0,00
15	11,1	5,6	22,2	61,1	5,6	5,6	33,3	55,5	20,8	41,7	29,2	8,3	16,7	25,0	41,6	16,6
20	0,0	22,2	27,8	50,0	0,0	0,0	22,2	77,8	4,2	20,8	45,8	29,2	0,0	12,5	54,2	33,3
Días	Fuerte, Imbabura, Gaveta				Fuerte, Imbabura, Costal				Hass, Imbabura, Gaveta				Hass, Imbabura, Costal			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
5	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
10	38,9	61,1	0,0	0,0	27,8	61,1	11,1	0,0	91,7	8,3	0,0	0,0	70,8	25,0	4,2	0,0
15	0,0	44,4	38,9	22,2	5,6	22,2	38,9	33,3	62,5	20,8	12,5	4,2	41,7	45,8	12,5	0,0
20	0,0	0,0	38,9	61,1	0,0	0,0	16,7	83,3	22,7	24,5	40,7	12,0	8,3	29,2	33,3	29,2

Alternativas de mejora en el manejo postcosecha y comercialización del maracuyá variedad Mejorada INIAP 2009 y cultivar Criollo

En la tabla 19 se indica el promedio del peso y las dimensiones de las dos variedades de maracuyá, cosechadas en la zona de Manabí. Las dos variedades son: variedad Mejorada INIAP 2009 corresponde al Tipo I de tamaño grande y con mayor peso, y la variedad cultivar Criollo se encuentra entre el Tipo I y II que corresponde al tamaño grande y mediano, y tiene un menor peso. La relación que existe entre su largo y diámetro es lo que proporciona la forma del fruto, caracterizado por ser ovalado (INEN, 1994), para este con el valor de 1,09 la variedad INIAP 2009



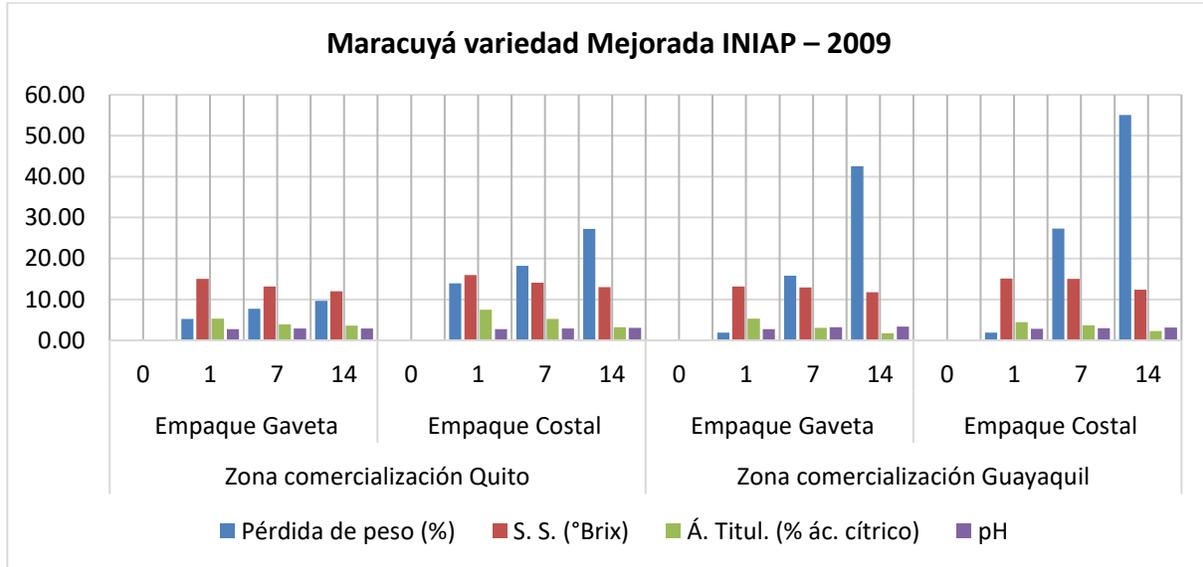
y el valor 1,12 para el cultivar Criollo.

Tabla 19. Peso y dimensiones de las variedades de maracuyá variedad Mejorada INIAP 2009 y cultivar Criollo

Zona Productora Manabí		
	Variedad Mejorada INIAP 2009	Cultivar Criollo
Peso (g)	162,86 ± 31,96	90,47 ± 28,56
Largo (mm)	85,41 ± 8,89	69,87 ± 7,62
Diámetro (mm)	78,46 ± 8,54	62,58 ± 7,70

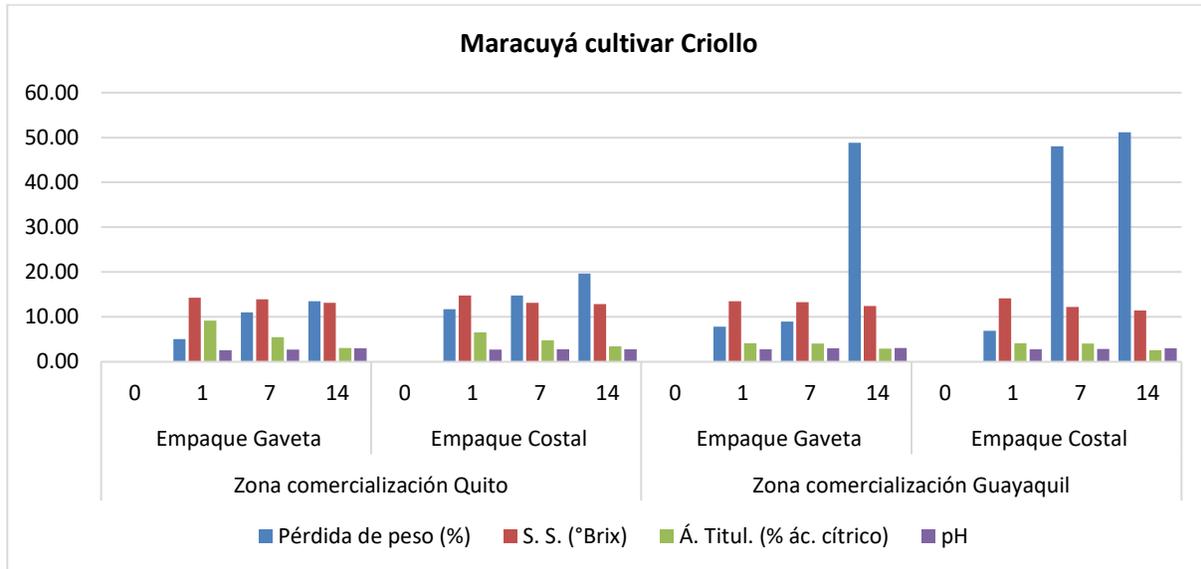
n = 80 frutos

El análisis estadístico de los resultados hasta los 14 días de conservación a las condiciones ambientales de las dos ciudades, comercializada la variedad Mejorada INIAP 2009 en gaveta plástica registró en Quito una menor pérdida de peso de 9,64%, mientras que en Guayaquil se obtuvo un valor mayor de 42,58%, valor estadísticamente significativo para las dos ciudades. Los sólidos solubles en los dos sitios de comercialización en el primer día se registraron los valores más altos en Quito con 15° Brix en la gaveta y 16° Brix en el costal, disminuyendo a 12 y 13° Brix a los 14 días de almacenada la fruta, respectivamente. En Guayaquil el primer día se obtuvo en la gaveta 13,33° Brix y en el costal 15,13° Brix, disminuyendo a los 14 días a 11,80 y 12,40° Brix. Se analizó la acidez titulable que tiende a disminuir durante la conservación y el pH sube. La disminución de los dos parámetros se debe a que la fruta toma los azúcares y ácidos orgánicos de su pulpa para mantenerse con vida, pero disminuye el sabor, ya que se vuelve menos dulce y más ácida. En la gráfica 26 se presentan los resultados obtenidos.



Gráfica 26. Pérdida de peso, sólidos solubles, acidez y pH del maracuyá variedad Mejorada INIAP 2009, empacada en gaveta y costal, almacenada en dos sitios de comercialización

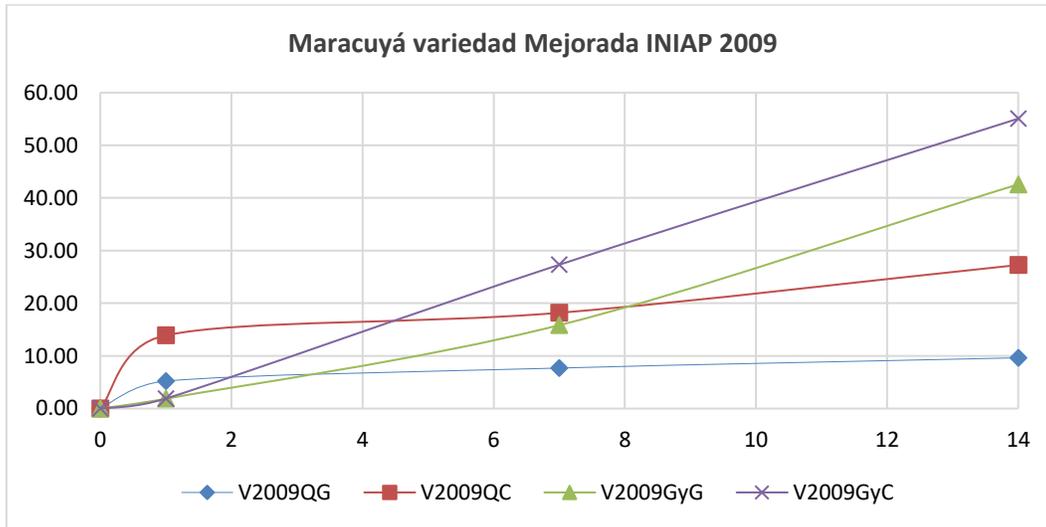
El análisis estadístico de los resultados hasta los 14 días de conservación a las condiciones ambientales de las dos ciudades, el cultivar Criollo en gaveta plástica registró en Quito una menor pérdida de peso con 13,49%, mientras que en Guayaquil se obtuvo un valor mayor con 48,86%; en el costal fue de 19,66% y 51,18%, respectivamente, siendo estadísticamente significativos para las dos ciudades. Los sólidos solubles en los dos sitios de comercialización en el primer día obtuvieron los valores más altos en Quito con 14,25° Brix en la gaveta y 14,75° Brix en el costal, disminuyendo a 13,17 y 12,83° Brix a los 14 días de almacenada la fruta, respectivamente. En Guayaquil el primer día se obtuvo en la gaveta 13,53° Brix y en el costal 14,13° Brix, disminuyendo a los 14 días a 12,47 y 11,43° Brix. Se analizó la acidez titulable que disminuye en la conservación y el pH sube. La disminución de los dos parámetros tiene el mismo comportamiento que en la variedad Mejorada INIAP 2009. En el gráfico 27 se presentan los resultados obtenidos.



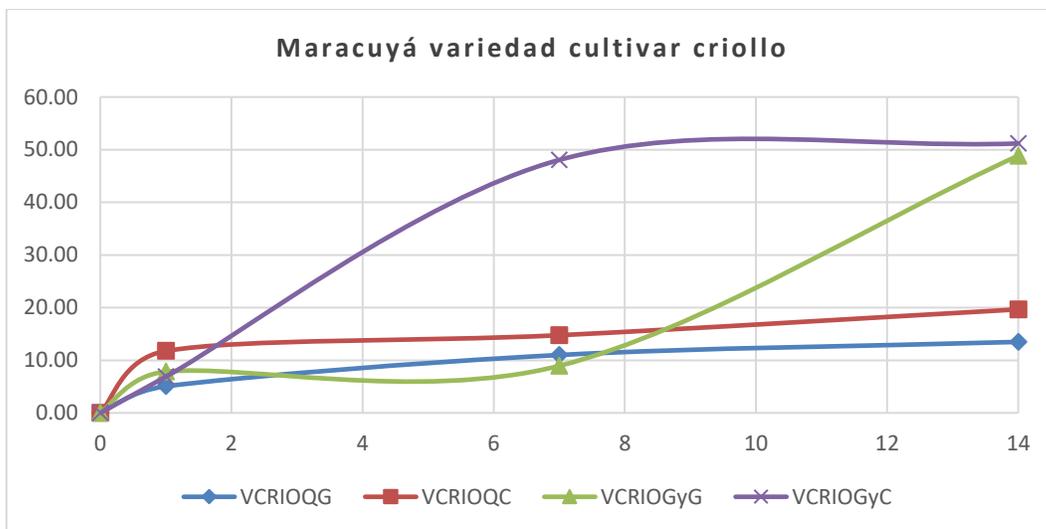
Gráfica 27. Pérdida de peso, sólidos solubles, acidez y pH del maracuyá cultivar Criollo, empacada en gaveta y costal, almacenada en dos sitios de comercialización

La calidad de una fruta o producto, se deteriora con el paso del tiempo y el manejo, de modo que aquello que sale de la bodega clasificado como calidad excelente, puede ser clasificado de buena calidad a su llegada al mercado mayorista o minorista, si el tiempo que transcurre es excesivo junto con una manipulación deficiente. La evaluación de la calidad en los productos frescos, como el maracuyá, es subjetiva ya que varía con la opinión de los productores, comerciantes y consumidores; siendo importante emplear criterios físicos y químicos, medibles que reflejen y definan la calidad de los productos estandarizados.

No existen diferencias estadísticas en la pérdida de peso para la interacción de los cuatro factores: una zona de producción, dos sitios de comercialización, dos empaques y cuatro tiempos de almacenamiento, en el cultivar Criollo y la variedad Mejorada INIAP, parámetro que afecta directamente en el precio de comercialización de la fruta. Existe mayor pérdida de peso en la variedad Mejorada INIAP 2009 cuando se transporta en los dos empaques en Quito y Guayaquil, almacenada hasta los 14 días. En las gráficas 28 y 29 se presentan la tendencia en las dos variedades.



Gráfica 28. Tendencia de la pérdida de peso en la conservación del maracuyá variedad Mejorada INIAP 2009



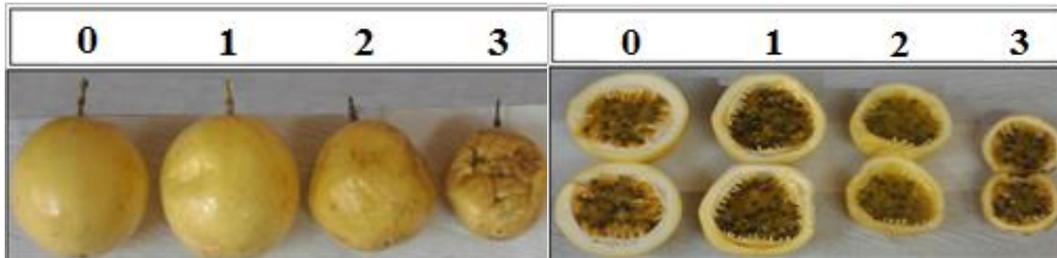
Gráfica 29. Tendencia de la pérdida de peso en la conservación del maracuyá cultivar Criollo

La descripción visual de los diferentes tipos de daños (deshidratación, pudrición, físico) es un método subjetivo, se evaluó mediante una escala adimensional, dándose una puntuación, de acuerdo a la intensidad del daño se da la clase a la que corresponde: sano = 0, leve = 1, moderado = 2, severo = 3.

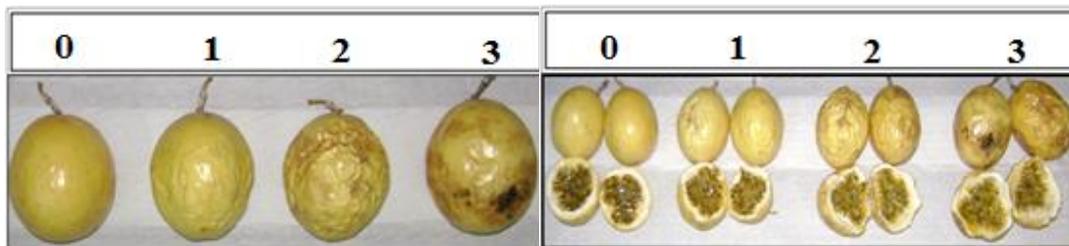
En la conservación cada tratamiento estaba conformado por una malla con ocho frutos de cada variedad para cada periodo de conservación (0, 1, 7, 14 días) por triplicado. En cada periodo se controlaban visualmente los daños que empezaban a presentar los frutos, los más notorios se registraron en la variedad. En la gráfica 30 se presenta la descripción visual de los daños en el maracuyá, para las cuatro clases de daño, que se obtuvo de la clasificación visual en el maracuyá

durante la conservación.

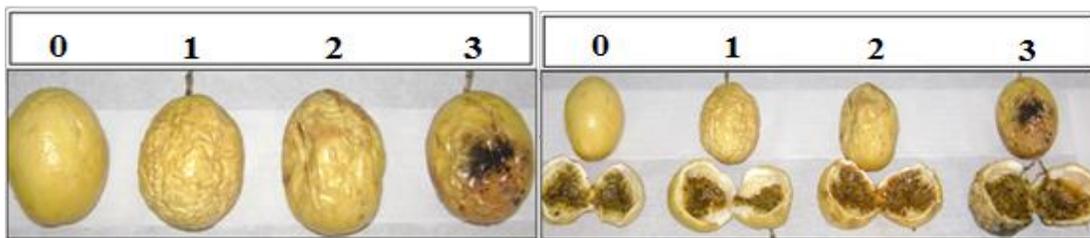
Parámetros de Daños visuales - Conservación día uno



Parámetros de Daños visuales - Conservación día siete



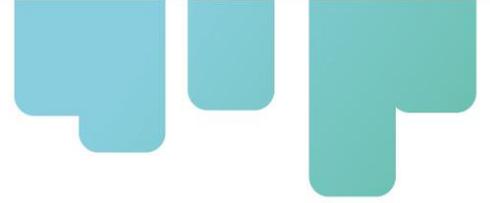
Parámetros de Daños visuales - Conservación día catorce



Gráfica 30. Escalas de descripción visual de daños en el maracuyá

Los valores para la intensidad de los daños ocasionados durante el almacenamiento al ambiente, de la zona productora en dos empaques, comercializada en Quito y Guayaquil para las dos variedades de maracuyá en cuatro periodos de almacenamiento se presentan en la tabla 20. El tiempo que demoró en transportarse la fruta empacada desde Manabí a Quito fue de 8 horas y 5 horas a Guayaquil; siendo importante señalar que el tiempo total que permaneció la fruta empacada desde que salió de la zona productora a los dos sitios de comercialización fue de 24 horas.

La conservación en Quito, en la variedad mejorada INIAP 2009 en la gaveta en el primer día de almacenamiento se obtuvo el 77,39% del fruto sano y empacado en el costal el 63,10%. Con el tiempo de almacenamiento se observó que el fruto sano va disminuyendo para los dos tipos de empaques, los resultados a los 14 días de almacenamiento, en la gaveta, se tiene 8,12% de fruto



sin daños (0), 74,66% de clase 1, 13,93% de clase 2 y 3,29% de clase 3 con daños severos, determinándose que el canasto provoca un deterioro más rápido en la fruta.

De la misma forma el cultivar Criollo fruta comercializada en Quito, empacada en la gaveta tuvo 56,04% de fruta sana y 2,68% de fruto con daños severos en el primer día de almacenamiento, en la fruta empacada en el costal se obtuvo 51,67% de fruta sin daños y el 8,76% del fruto con daños severos; transcurridos los días de almacenamiento se observa un incremento en los daños leves y moderados en los dos tipos de empaques.

Tabla 20. Daños del maracuyá variedad Mejorada INIAP 2009 y cultivar Criollo, conservadas al ambiente en Quito y Guayaquil.

% DE DAÑOS VISUALES – QUITO																
Días	Variedad Mejorada 2009, Gaveta				Variedad Mejorada 2009, Costal				Cultivar Criollo, Gaveta				Cultivar Criollo, Costal			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
1	77,4	11,0	5,4	6,2	63,1	32,6	2,7	1,6	56,0	35,4	5,9	2,7	51,7	30,0	9,6	8,7
7	18,3	61,7	16,8	3,2	14,0	53,5	26,3	6,2	9,3	72,1	11,7	6,9	6,0	66,1	18,6	9,3
14	8,1	74,7	13,9	3,3	12,4	62,6	16,9	8,1	6,1	83,6	3,0	7,4	0,0	71,0	14,8	14,4
% DE DAÑOS VISUALES – GUAYAQUIL																
Días	Variedad Mejorada 2009, Gaveta				Variedad Mejorada 2009, Costal				Cultivar Criollo, Gaveta				Cultivar Criollo, Costal			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,00	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
1	81,0	16,7	1,5	0,8	68,0	29,4	1,3	1,3	72,3	20,7	2,3	4,6	53,2	38,0	7,0	1,9
7	20,6	45,9	22,5	11,0	6,0	28,3	41,4	24,9	11,1	40,4	41,6	6,9	1,7	22,0	30,0	46,3
14	0,0	25,1	32,4	42,6	0,0	23,2	21,7	55,1	0,0	7,3	43,8	48,9	0,0	12,9	35,9	51,2

Las muestras almacenadas en Guayaquil, en la variedad Mejorada INIAP 2009 en la gaveta, para el día 1 tuvieron 81,02% de fruto sin daños y 0,77% con daños severos, mientras que las transportadas en costal el 67,96% sin daños y el 1,34% presentó daños severos. Transcurrido el tiempo del ensayo, a los 14 días de almacenada la fruta en la gaveta no había fruta sin daños, el 25,05% de clase 1, 32,37% de clase 2 y los daños severos con el mayor porcentaje 42,58%. La Variedad Mejorada INIAP2009, empacada en el costal el 23,19% de clase 1, 21,74% de clase 2 y 55,07% de clase 3, los daños severos se en mayor porcentaje en el costal en el día 1.

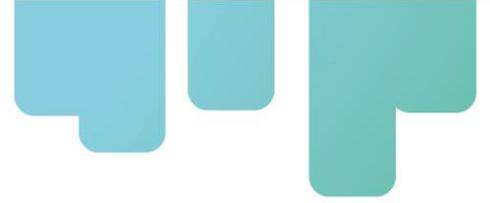
La variedad Mejorada INIAP, presentaron un mejor un comportamiento al ser comercializado en Quito. Al concluir el ensayo, en el día 14 aún permanecieron frutos sanos tanto para los empacados en gaveta como costal.

El cultivar Criollo almacenado en Guayaquil en gaveta tuvo 72,34% de fruto sin daños y 4,62% de



clase 3 con daños severos en el primer día de almacenamiento, y la fruta del costal tenía 53,16% sin daños y 1,88% con daños severos. A los 14 días de almacenamiento no hubo fruta sana de la gaveta, presentando el 7,30% con daños leves, 43,84% con daños moderados y el 48.86% ya fueron severos, mientras que para el empacado en costal 51,18% de los frutos presentaron daños severos.

El cultivar criollo comercializado en Quito en gaveta, presentó el 6,11% de frutos sanos, mientras que el almacenado en costal no tuvo frutos sanos en el primer día de almacenamiento. Al finalizar el ensayo, el criollo empacado en costal presentó un mayor porcentaje de frutos con daños severos.



Discusión

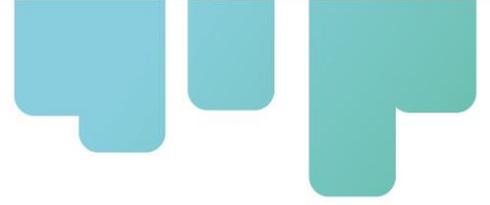
Parte I: Vida de anaquel de frutas frescas

- Pérdida de peso

La pérdida de peso en general para todas las frutas estudiadas, presenta una tendencia lineal con respecto al tiempo de almacenamiento, indicando que la pérdida de agua, compuestos volátiles y gases de respiración fue constante durante el almacenamiento, por lo menos en el periodo de tiempo del estudio. Este comportamiento da un indicio de que las condiciones del ambiente se mantuvieron aproximadamente constantes a lo largo del estudio, en términos de composición, temperatura y humedad relativa. Algunos autores han reportado resultados similares para el comportamiento del peso de frutas como banano (Kudachikar, Kulkarni, & Prakash, 2011) y maracuyá (Maniwara, Boonyakiat, Poonlarp, Natwichai, & Nakano, 2015), durante el almacenamiento a diferentes condiciones. Se puede apreciar que la velocidad de pérdida de peso a la condición B es aproximadamente tres veces menor que a la condición A, debido a que, en este caso, la temperatura promedio es menor y la humedad relativa promedio es mayor, reduciéndose el gradiente o fuerza motriz que provoca la pérdida de agua desde la fruta. A la condición A, los aguacates almacenados perdieron el 13,71% de su masa inicial, mientras que, a la condición B, incluso luego del doble de tiempo, los aguacates solo perdieron el 8,57%.

Los cambios en la pérdida de peso para las dos condiciones de almacenamiento del maracuyá, la gulupa y la granadilla, se evidenciaron en una tendencia lineal en la pérdida de peso respecto al tiempo de almacenamiento. Este comportamiento indica que las condiciones del ambiente (condición A) se mantuvieron relativamente constantes a lo largo del estudio en términos de temperatura y humedad relativa. La gulupa tiene un comportamiento similar al del maracuyá para las dos temperaturas evaluadas. Se pudo evidenciar también que la velocidad de pérdida de peso a la condición B es mucho menor que la condición A. El maracuyá almacenado a temperatura ambiente tuvo una pérdida del 48% y la gulupa del 45% respecto de su masa inicial, en el caso de las frutas almacenadas en cuarto frío el maracuyá tuvo una pérdida del 38% mientras que la gulupa solo perdió el 17% de peso inicial. Las granadillas almacenadas a temperatura ambiente tuvieron una pérdida de 23,120% de su masa inicial, mientras que las almacenadas en la condición B con 11 días más de estudio perdieron el 10,034%.

El peso de las naranjas y los limones disminuyó durante el almacenamiento, para el caso de la condición A en las naranjas, se observa una pérdida aproximadamente de peso 6 % mayor con respecto a la condición B, esto puede deberse a que la humedad relativa se mantuvo alta y constante, evitando la pérdida de agua del fruto hacia el ambiente circundante. Por este mismo motivo, para los limones almacenados en la condición B se obtuvo una pérdida de peso mayor (aproximadamente 2%), con respecto a la condición A.



- Encogimiento

El encogimiento o pérdida de volumen de la fruta está directamente relacionado con la pérdida de peso, por lo tanto, sus causas son similares, principalmente la transpiración o pérdida de agua de la fruta al ambiente. La reducción del volumen genera el arrugamiento de la cáscara, afectando la apariencia del fruto.

Tal y como se esperaba, el encogimiento tiene un comportamiento similar a la pérdida de peso en el tiempo, puesto que están directamente relacionados. Adicionalmente se puede apreciar que la reducción en el volumen es menor para el caso de la condición B, presentando diferencias estadísticamente significativas con respecto a los datos obtenidos para la condición A.

Un detalle importante de los resultados del encogimiento durante el tiempo corresponde a sus altas desviaciones estándar, esto posiblemente debido a errores durante la medición de las dimensiones del fruto, puesto que, al tener una forma heterogénea, es posible que en algunos casos no se midiera exactamente de la misma forma que en el día 0, por lo que daría lugar a variaciones erróneas en el volumen. A pesar de esto, el comportamiento general del parámetro se acerca a lo que se esperaba. El cambio en el encogimiento fue similar para todas las frutas estudiadas.

- Color de la cáscara

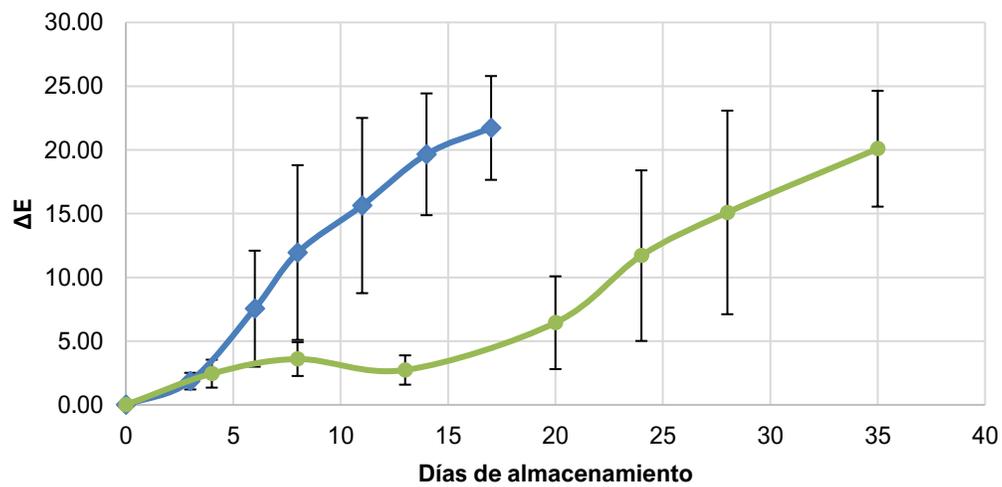
Analizando los resultados obtenidos en este caso, se puede observar claramente que, para ambas condiciones de almacenamiento, luego de 3 o 4 días, comienza a existir una diferencia de color perceptible para el ojo humano, sin embargo, para el caso específico de la condición B, esta diferencia no siguió aumentando si no luego de 13 días aproximadamente. El cambio de color en la cáscara se debe a las reacciones metabólicas que ocurren durante el proceso de maduración, en donde generalmente ocurre la degradación de compuestos como la clorofila o los flavonoides, responsables de los colores verdes y amarillos, respectivamente (Nunes & Wiley InterScience (Online service), 2008). La velocidad del cambio de color durante el almacenamiento de frutas se ve afectada principalmente por la temperatura, ya que esta acelera, inhibe o retarda las reacciones metabólicas (Abbott, 1999; Chen & Ramaswamy, 2002).

Según los resultados obtenidos se pudo presenciar reducciones en la luminosidad, cambiando de colores brillantes a opacos, por otra parte, el parámetro a^* cambio de valores negativos a positivos, indicando cambios de tonos verdes a tonos rojos. Por último, los valores del parámetro b^* disminuyeron indicando tonos cada vez menos amarillos. Para todos los parámetros, el cambio fue mayor para las frutas almacenadas a temperatura ambiente (condición A).

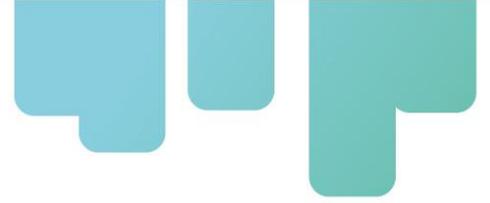
En la gráfica 31 se muestra gráficamente la evolución del cambio total de color para ambas condiciones de almacenamiento, donde se puede apreciar que para la condición B el cambio en



el color es más lento, sin embargo, ambos llegan aproximadamente a valores similares al final del tiempo de almacenamiento en cada caso. Se pueden observar también unos valores considerablemente altos de las desviaciones estándar de los resultados, lo cual se puede explicar debido a la heterogeneidad de los frutos, pues entre las muestras control seleccionadas para llevar a cabo esta medición, la tasa de maduración de las mismas no era constante, es decir, algunos frutos presentaban una maduración más rápida, lo cual se puede observar en las gráficas 32 y 33, que muestran la evidencia fotográfica tomada durante el estudio para condición A y la condición B, respectivamente.



Gráfica 31. Comportamiento del cambio total de color en función del tiempo de almacenamiento para el aguacate variedad Hass.



Gráfica 32. Registro fotográfico del cambio de color de los aguacates variedad Hass almacenados en la condición A. En orden descendente: Días 0, 3, 8, 14 y 17.

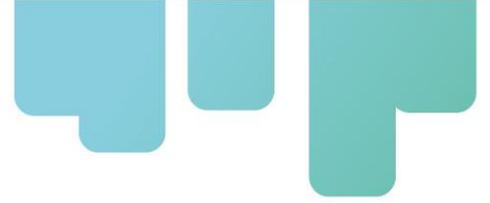


Gráfica 33. Registro fotográfico del cambio de color de los aguacates variedad Hass almacenados en la condición B. En orden descendente: Días 0, 13, 20, 24, 28 y 35.

La heterogeneidad en la maduración de las muestras control, además de los factores biológicos y metabólicos del fruto durante la cosecha, puede ser debida al alto nivel de manipulación a lo largo del estudio, pues era necesario retirar las frutas constantemente de su lugar de almacenamiento para realizar las respectivas pruebas, por lo que los cambios de temperatura además del continuo contacto, podría inducir cambios en su metabolismo.

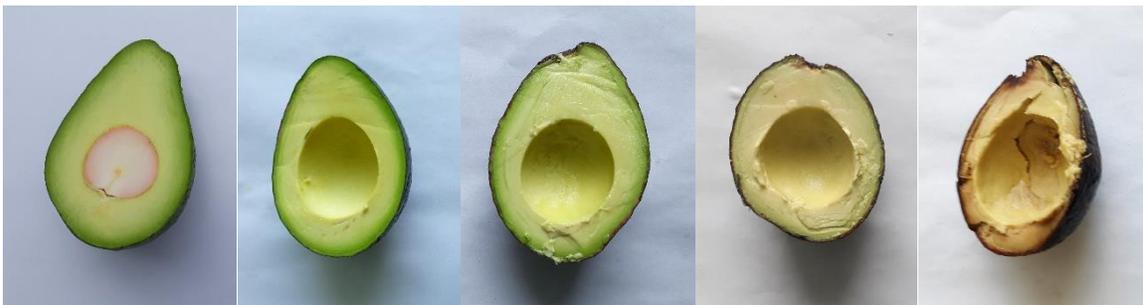
- Color de la pulpa (aguacate variedad Hass)

A lo largo del tiempo de almacenamiento se tiene un cambio de color de la pulpa, debido a las reacciones químicas que ocurren en su interior durante la maduración. En primer lugar, se observó una disminución en la luminosidad, obteniendo colores más opacos. El parámetro a^* , pasa de valores negativos a positivos indicando cambios de color de verdes a rojos y por último el parámetro b^* disminuye por lo que se tienen colores cada vez menos amarillos. No se notan diferencias significativas en la mayoría de los puntos entre las dos condiciones de almacenamiento, sin embargo, se nota una tendencia de mayor tasa de cambio de color en los aguacates almacenados a temperatura ambiente (condición A). Adicionalmente se puede observar que el cambio total para todos los parámetros de color es mayor para los aguacates refrigerados, lo cual se debe posiblemente a daños por frío o a reacciones influenciadas por la baja temperatura, lo cual se ha reportado en distintos trabajos como la acción de la enzima

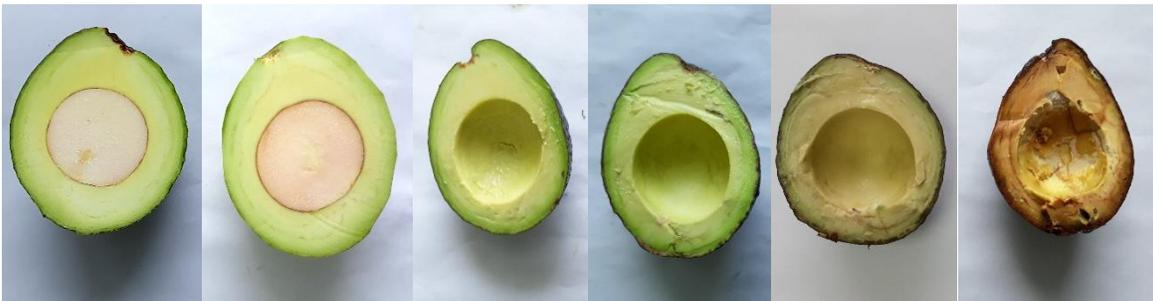


polifeniloxidasas, la cual se va acumulando con el tiempo de almacenamiento a bajas temperaturas. Esta enzima cataliza reacciones de degradación de *o*-difenoles a quinonas, las cuales a su vez son oxidadas generando melaninas que son responsables de los pigmentos oscuros (Román & Kazuz, 2009).

En las gráficas 34 y 35 se pueden observar fotografías que muestran el cambio de color de la pulpa con el tiempo de almacenamiento.



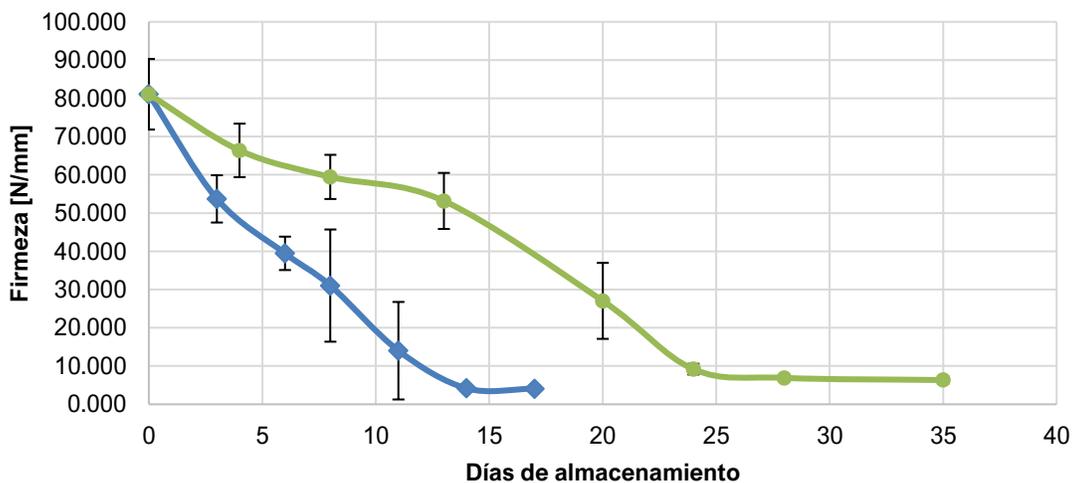
Gráfica 34. Fotografías del cambio de color de la pulpa de aguacates almacenados a CA1 (De izquierda a derecha: Días 0, 6, 11, 14 y 17).



Gráfica 35. Fotografías del cambio de color de la pulpa de aguacates almacenados a CA2 (De izquierda a derecha: Días 0, 13, 20, 24, 28 y 35).

- Firmeza

En la gráfica 36 se presenta la evolución de la firmeza de los aguacates variedad Hass durante el tiempo de almacenamiento. Se puede confirmar que la firmeza de los aguacates almacenados a temperatura ambiente disminuyó mucho más rápido que para los aguacates del cuarto frío, sin embargo, a ambas condiciones de almacenamiento se llega a un punto donde la firmeza se vuelve aproximadamente constante (Entre 4 y 6 N/mm). Las altas desviaciones estándar se explican de la misma forma que para el cambio total de color, pues la velocidad de maduración de los aguacates no es igual, a pesar de esto existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de las dos condiciones de almacenamiento. No fue posible comparar con datos reportados en la literatura ya que este parámetro es reportado siempre en Newtons, como la fuerza máxima de compresión sin dar una información detallada de cómo se realizó el ensayo o que tanto se comprimió la fruta.



Gráfica 36. Comportamiento de la firmeza en función del tiempo de almacenamiento

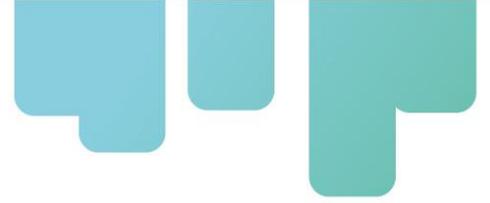
En el caso del maracuyá se evidenció que la firmeza de las frutas almacenadas a temperatura ambiente disminuyó mucho más rápido que las almacenadas en el cuarto frío, este cambio se percibe luego del día 3 de estudio y esto se debe a la elasticidad de la superficie de la fruta. En el caso de la gulupa también se ve un cambio significativo a partir del día 3 de estudio, sin embargo, para la gulupa almacenada en la condición A se tiene un descenso mayor respecto a las almacenadas en condición B.

En las granadillas se pudo determinar que la firmeza de las granadillas almacenadas a temperatura ambiente disminuyó mucho más rápido que en las granadillas en el cuarto frío, en este caso la compresión se realizó en un 5% del diámetro de la fruta, dado que a un mayor porcentaje se destruía la cáscara de la fruta lo que indicaba una medida errónea de la compresión del fruto y por ende su firmeza.

El comportamiento de la dureza de las naranjas y de los limones muestra que a medida que fueron transcurriendo los días, las naranjas perdieron paulatinamente su dureza, caso contrario ocurrió con los limones de las dos temperaturas estudiadas, los cuales tuvieron un aumento significativo en su dureza.

- pH (pasifloras)

En el caso del maracuyá se observó que el pH inicial de las frutas es bastante bajo, del orden del 2%. Sin embargo, a medida que avanza en su proceso de maduración el pH va aumentando progresivamente hasta un pH promedio de 3%, el comportamiento es semejante para las dos temperaturas evaluadas. En el caso de la condición A se observa un pH máximo de 3,2% entre el día 10 y 13 de estudio. Estos datos permiten afirmar que el maracuyá es un producto bastante ácido respecto de otras frutas.



En el comportamiento del pH en la gulupa para las dos condiciones de almacenamiento estudiadas, se observa un aumento progresivo desde 2,8% hasta 3,1%, lo cual concuerda con datos reportados para esta fruta bajo condiciones similares de almacenamiento (Orjuela Baquero, Moreno Chacón, et al., 2011).

En la granadilla, este parámetro permaneció prácticamente constante, es decir, no hay un cambio significativo en el pH de las frutas a lo largo del tiempo, además la diferencia entre las dos temperaturas evaluadas no es significativa, reportes muestras que el pH promedio de la granadilla es de 4,6 durante 17 días de almacenamiento, otros reportan valores de 4,47 (Miranda et al., 2009) (Villamizar, Gutierrez, & Pulido, 1994), estos valores concuerdan con el obtenido durante del estudio.

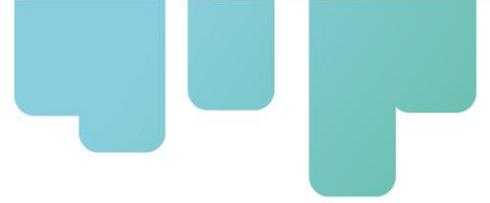
- Sólidos solubles totales (pasifloras y cítricos)

A lo largo del periodo de estudio, los sólidos solubles totales del maracuyá, gulupa y granadilla permanecieron casi constantes, con variaciones entre el día 10 y 15 de almacenamiento en la condición A. En el caso del maracuyá, los sólidos solubles totales permanecen casi constantes, aunque en el día 13 y 14 en la condición A se observa una disminución y seguida de un incremento hasta un valor promedio de 13%, para los frutos almacenados en la condición B se presenta el mismo comportamiento que para la condición A.

En el caso de la gulupa, los sólidos solubles totales de la gulupa permanecen casi constantes, para las dos condiciones estudiadas, sin embargo, en ambos casos se presentan pequeñas fluctuaciones en los días 6 y 15, así como para el día 24 se observa una ligera disminución en el contenido de sólidos totales.

Para la granadilla, los sólidos solubles totales permanecen casi constantes, ya que la variación entre ellos es mínima, oscilando entre 11,5 y 13, así mismo se puede observar la variación entre los días de muestreo, esto debido a la heterogeneidad de las muestras, ya que se trabajaron en grupos de 7 frutas por día de muestreo y dadas las condiciones de almacenamiento puede variar particularmente la manera en la que se madura el fruto. La poca variación en los °Brix se debe al efecto de la temperatura de almacenamiento ya que disminuye la velocidad de los cambios en los frutos lo que puede afectar la acumulación de azúcares en la parte comestible de la fruta (Orjuela Baquero, Moreno Chacón, et al., 2011).

En el caso de los cítricos, para la naranja en la condición A los valores de sólidos solubles totales tuvieron un incremento tras cada día de medición, obteniendo valores desde 7,47 hasta 9,14, mientras que para la condición B se presentaron valores un poco mayores, pero en general se presentó una tendencia similar. Los valores obtenidos para los limones almacenados en las condiciones A y B se encuentran dentro del mismo rango del obtenido para las naranjas.



- Acidez titulable (pasifloras y cítricos)

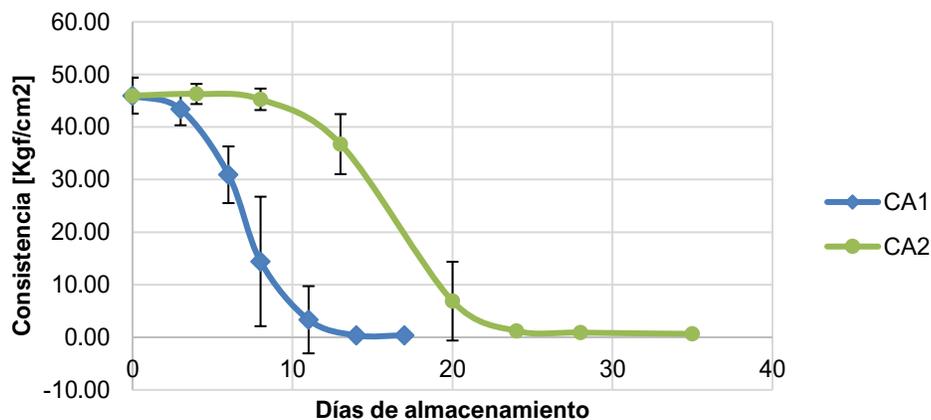
En el caso del maracuyá la acidez disminuye a medida que aumenta el estado de madurez. Esta disminución en la acidez se da debido a una degradación de los ácidos orgánicos presentes en la fruta como el ácido cítrico (Reina, 1997). Para la gulupa se encontró que en las dos condiciones de almacenamiento hay una disminución en la acidez de los frutos evaluados, esta disminución en la acidez se da debido a una degradación de los ácidos orgánicos presentes en la fruta como el ácido cítrico, lo que implica una alta tasa metabólica durante la maduración (Del Pilar Pinzón, Fischer, & Corredor, 2007).

En las granadillas, se encontraron ligeras variaciones en los datos obtenidos durante el tiempo de estudio, esto se debe a que no todas las frutas se maduraron de manera similar lo que puede influir directamente en los cambios internos del fruto como lo son los ° Brix y la acidez, comparando con otros estudios, se presenta el mismo comportamiento en el cual la variación de la acidez entre frutos a temperatura ambiente y frutos almacenados en cuarto frío es mínima (Villamizar et al., 1994).

El ácido cítrico es el ácido orgánico característico de la naranja, representa la mayor parte de la acidez de la pulpa y su contenido generalmente disminuye durante el almacenamiento. Para el caso de las naranjas almacenadas en ambas condiciones se presentó una tendencia constante en el valor de acidez, un factor importante a destacar es que las naranjas sometidas a la condición B, presentan un valor bastante alto y fuera del límite de la NTC 4086. Para el caso los limones en la condición A y la condición B se obtienen valores similares y una tendencia de aumento.

- Consistencia de la pulpa (aguacate variedad Hass)

Al igual que la firmeza, se observó una disminución fuerte en el valor de la consistencia de la pulpa, debido a los procesos de degradación de la estructura de la fruta (referencia). Esta propiedad está muy relacionada a la firmeza de la fruta y su comportamiento es similar. Se obtienen también desviaciones estándar relativamente grandes, debido a la heterogeneidad en la maduración de los frutos. Resultados similares para aguacate han reportado (Rodríguez & Henao, 2016), (Gonzales Cuellos, Pérez Mendoza, & Gelcez Ordoñez, 2017). En la gráfica 37 se muestra gráficamente el comportamiento de la consistencia de la pulpa del aguacate Hass en función del tiempo, donde se puede observar una rápida reducción de la consistencia 4 y 9 para condición A y entre los días 13 y 19 para condición B, donde ya se vuelven constantes.



Gráfica 37. Comportamiento de la consistencia de la pulpa en función del tiempo de almacenamiento.

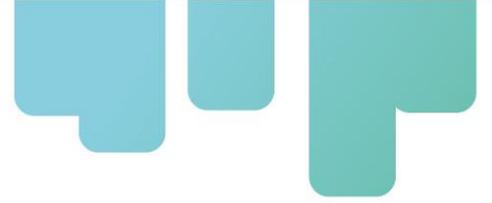
- Contenido de pulpa o jugo

El contenido de pulpa del aguacate presentó una pequeña disminución a través del tiempo, explicada posiblemente por la pérdida de humedad hacia el ambiente y las reacciones metabólicas que ocurren en la fruta, las cuales degradan componentes de la pulpa para convertirlos en energía y gases como CO₂, los cuales se pierden también en el ambiente.

En el caso de los cítricos, el contenido de jugo estuvo entre 40,18 y 46,08 para las naranjas de la condición A y entre 46,08 y 52,99 para las de la condición B. Para los limones de la condición A los valores oscilaron entre 37,04 y 48,09%, obteniéndose este último valor transcurridos 24 días, mientras que para el caso de los limones almacenados en la condición B el contenido de jugo estuvo entre 38,77 y 43,53. Para ambas frutas el contenido de jugo aumento a través de los días de análisis, además estos valores se encuentran dentro del rango establecido en la Norma Técnica Colombia 4086, frutas frescas, Naranja Valencia. Los valores altos en la desviación estándar se deben a una posible heterogeneidad en la selección de frutos, los cuales no podrían encontrarse en un mismo estado de madurez.

- Contenido de humedad

En el caso del contenido de humedad de la pulpa de aguacate con respecto al tiempo no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre el día 0 y el último día de almacenamiento, lo cual indica que la pérdida de humedad hacia el ambiente fue mínima. Esto es muy poco probable pues está muy bien documentado y los cambios de todos los parámetros evaluados anteriormente están influenciados en gran medida por este proceso (referencia). Lo anterior puede explicarse a errores durante la ejecución en el método empleado, debido a que para determinar la humedad se utilizaron pequeñas cantidades de muestra que probablemente no representaban la fruta en su totalidad.



Parte II: Técnicas de producción de pasta de aguacate variedad Hass y vida de anaquel durante su almacenamiento bajo congelación

Existen diferencias significativas en la relación altura diámetro entre 1850 msnm con el resto de las alturas, siendo los aguacates de 1850 msnm más alargados que los de 2100 y 2300 msnm. Así mismo hay diferencias significativas entre el porcentaje de cáscara en los aguacates a 1850 msnm y 2100 msnm, al solo existir entre estas dos alturas se podría sospechar que hay una influencia al aplicar riego. Hay diferencias significativas entre la actividad de POD a 1850msnm con las otras dos alturas, indicando que podría haber algún tipo de relación entre la altura y la actividad de POD, como también se muestra en la matriz de correlación y el análisis PCA. La relación entre la cantidad de agua que la planta recibe con la cantidad de pulpa y semilla en el fruto, así como la actividad de la enzima PPO. Se encuentra una relación directa entre la precipitación y la actividad de PPO, lo que podría permitir inferir que un estrés hídrico por exceso de agua aumentaría la actividad de esta.

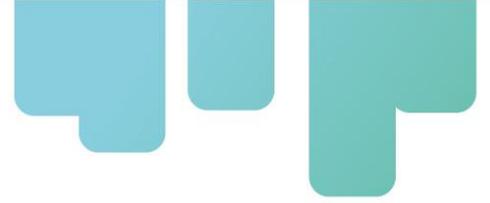
La relación de la actividad de la enzima POD con parámetros sensoriales, sobre todo con el sabor del fruto. La relación entre el cambio de color y la actividad de la enzima POD, así mismo se establece que los pigmentos amarillos (b^*) tienen mayor influencia sobre el pardeamiento que los pigmentos rojos. La aplicación de microondas sobre la pasta de aguacate reduce de forma considerable la actividad de las enzimas PPO y POD, sin embargo, tiene un impacto considerable en el sabor, descartando su uso para pulpa de aguacate comercial.

Parte III: Calidad en la postcosecha y comercialización del aguacate (*Persea americana* Mill) y maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) en Ecuador.

Evaluación de las pérdidas de calidad física y química durante la comercialización de dos variedades de aguacate Hass y Fuerte.

- %Pérdida de peso:

La transpiración y el consumo de sustratos son las razones de pérdida de peso en los frutos ("Aguacate poscosecha | Yara España," n.d.), el aguacate, por ser un fruto carnoso contiene un alto contenido de agua y al ser expuesto a una atmósfera con menor humedad, inmediatamente se presenta una pérdida de peso como ocurrió para la variedad Hass y Fuerte en el ensayo. No se presentaron diferencias estadísticas en esta variable en la interacción de las cuatro variables aplicadas: zona de producción, empaque, zona de comercialización y cinco tiempos de



almacenamiento, cada una de ellas tuvo comportamientos similares, tal como se indica en las gráficas 22 y 23. La pérdida de agua puede provocar deterioros en la apariencia del fruto y por lo tanto una disminución en su costo.

- pH y acidez titulable

Aunque se seleccionaron como variables determinantes en la pérdida de calidad del fruto, de acuerdo a los resultados, se encontró que el comportamiento fue constante y no se presentaron aportes significativos, esto posiblemente debido a las condiciones a las que fueron sometidos los frutos.

- Firmeza

De acuerdo a los resultados presentados anteriormente, se puede evidenciar una disminución en la firmeza para cada una de las variedades de aguacate. El proceso de pérdida de firmeza o dicho de otra forma, ablandamiento, es uno de los principales indicadores de maduración del fruto.

La aceleración en el descenso de la firmeza, se dio principalmente entre los días 10 y 15 de almacenamiento. La variedad Hass y Fuerte presentó menor firmeza al ser comercializados en Guayaquil, esto posiblemente a causa de los daños físicos que sufrió el fruto durante el tiempo de transporte que fue de casi 20 horas. Los cambios ocurridos también podrían ser generados por las diferentes hidrólisis de los compuestos péptidos por acción de enzimática.

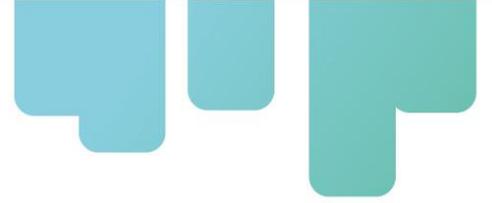
- Materia Seca

El contenido de materia seca fue ascendente a lo largo del ensayo, como se ilustra en los resultados presentados anteriormente. Esta propiedad es inversa a la pérdida de agua, mientras una disminuye, la otra aumenta, este proceso se atribuye al desplazamiento que tienen las moléculas de agua. Conforme a las normas internacionales, el contenido de materia seca de aguacate Hass deber ser mayor o igual al 21%, lo cual se verificó en el ensayo realizado.

- Contenido de grasa

El contenido de grasa en las variedad Hass y Fuerte, tuvo un comportamiento similar en cada una de las condiciones aplicadas, aunque es de resaltar que para el día 20 del ensayo, predominó el contenido de grasa en la variedad Hass, lo cual evidenciaría los atributos que hacen tan apetecido este fruta, y que además continua posicionándose en el mercado aceleradamente.

- Descripción visual de daños físicos



Conforme a los datos descritos anteriormente, la variedad Hass y Fuerte provenientes de Imbabura y Pichincha, presentaron variaciones significativas conforme a su lugar de comercialización. Los frutos comercializados en Quito en el día 20 del ensayo, no evidenciaron frutos con daños severos, en este periodo de tiempo la mayor parte de los frutos se concentró en la clasificación 0 (sano) y 1 (daños leves), es de aclarar que el empaque que brindó mayor protección, fue la gaveta plástica.

En las variedades Hass y Fuerte comercializadas en Guayaquil, para el día 20 fue inevitable la presencia de frutos con daños severos, además la mayor parte de los frutos se encontraba entre las clasificación 1 (daños leves) y 2 (daños moderados).

Alternativas de mejora en el manejo postcosecha y comercialización del maracuyá variedad Mejorada INIAP 2009 y cultivar Criollo

- %Pérdida de peso:

Para las variedades de maracuyá criollo y Mejorada INIAP 2009, se encontró una estrecha relación entre el porcentaje de pérdida de peso y la zona de comercialización. Los frutos comercializados en Guayaquil presentaron una alta pérdida de peso, se podría inferir que esto se debe al clima del lugar, dado que la temperatura oscila entre los 25°C a 30 °, mientras que en Quito la temperatura oscila entre los 10°C y 20°C.

Lo anterior, teniendo en cuenta el manual de cultivo de maracuyá, el cual recomienda una temperatura de almacenamiento del fruto entre los 8°C a 10°C (Amaya Robles, 2010) y por otra parte indica la forma y empaque óptimo para el fruto. No obstante para el presente ensayo el tipo de empaque no tuvo influencia significativa en la adecuada maduración.

- pH

En el periodo del ensayo, el pH presentó un comportamiento ascendente en rangos mínimos. El incremento en el estado de madurez del fruto, ocasiona un aumento en el pH, tal como se evidencia en los resultados anteriores. No se presentaron diferencias significativas de pH entre las variedades Criollo e INIAP, uno de los factores que podría haber causado esta similitud, es la zona de producción.

- Acidez titulable

El comportamiento de la acidez fue inversa a la del pH, los ácidos orgánicos presentes en las frutas tienen una influencia sobre el sabor y además son utilizados en su respiración. Una disminución de la acidez durante la maduración del fruto representa una alta actividad metabólica durante la maduración del fruto, tal como se evidencia en los resultados descritos anteriormente.



- Sólidos solubles

La cantidad de sólidos solubles o también llamados grados °Brix, son un indicador principal de la maduración del fruto, a medida que aumenta su cantidad más cerca está el fruto de su maduración fisiológica.

El contenido de sólidos solubles depende de “la variedad, del rendimiento asimilatorio de las hojas, de la relación hoja/fruto, de las condiciones climáticas durante el desarrollo del fruto, del estado de desarrollo y de la madurez” (Pinzón et al., 2007), en el presente ensayo se evidenció que la variedad que presentaba mayor contenido de azúcares fue la Mejorada INIAP 2009.

- Descripción visual de daños físicos

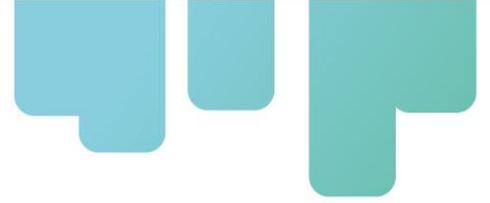
Teniendo en cuenta los resultados descritos anteriormente, la variedad de maracuyá que presentó mejor resistencia a los daños, fue la Mejorada INIAP 2009, el empaque que garantizó mayor protección al fruto fue la gaveta plástica en la zona de comercialización Quito, lo anterior posiblemente aunado a las condiciones de humedad y temperatura a las que se sometió el fruto.

En Quito para el día 14 del ensayo la variedad Mejorada INIAP 2009 y variedad Criollo concentraba los frutos en la clasificación 1 (daños leves) y 2 (daños moderados), sin embargo, en el mismo periodo en Ecuador la variedad Criollo y Mejorada INIAP concentraba los frutos en la clasificación 1 (daños leves) y 2 (daños moderados).

Conclusiones

Parte I: Vida de anaquel de frutas frescas

- Se determinó la vida de anaquel del aguacate variedad Hass, almacenado a dos condiciones diferentes: CA ($20,1\pm 1,9^{\circ}\text{C}$ - $71,0\pm 7,35\% \text{HR}$) y CB ($9,7\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ - $89,3\pm 6,13\% \text{HR}$). El cambio en la calidad del fruto durante su almacenamiento se midió a través de distintos parámetros como porcentaje de pérdida de peso, porcentaje de encogimiento, cambio total de color en la cáscara, firmeza, consistencia de la pulpa, contenido de pulpa y de humedad y color de la pulpa. En general, se encontró que la velocidad de deterioro de las frutas refrigeradas es mucho menor que aquella cuantificada para las frutas a temperatura ambiente. Los cambios de color de la cáscara y de textura de la fruta fueron los parámetros que presentaron cambios más representativos. Para la condición A la vida de anaquel aproximada fue de 10 a 12 días mientras que para CB fue de 22 a 24 días.
- Se determinó la vida de anaquel del maracuyá (*Passiflora edulis* var. Flavicarpa), y de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims. fo. *edulis*), almacenadas bajo dos condiciones: temperatura ambiente condición A ($20,1\pm 1,9^{\circ}\text{C}$ - $71,0\pm 7,35\% \text{HR}$) y temperatura cuarto frío condición B ($9,7\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ - $89,3\pm 6,13\% \text{HR}$). El cambio en la calidad de las frutas se midió a través del seguimiento de parámetros como porcentaje de pérdida de peso, porcentaje de encogimiento, cambio total de color en la cáscara, firmeza, pH del jugo de la fruta, sólidos totales medidos como °Brix, acidez titulable y madurez. En general se encontró que la velocidad de deterioro de las frutas sometidas a bajas temperaturas –condición B- es mucho menos que las frutas sometidas a temperatura ambiente, los cambios en el color de la cáscara, la firmeza y los factores sensoriales fueron los criterios determinantes para predecir el tiempo de vida útil de las frutas, ya que fueron los atributos que presentaron mayores cambios durante el estudio. En el caso del maracuyá se encontró que el tiempo de vida media a temperatura ambiente de almacenamiento (20°C) es en promedio de 13 a 17 días y para una temperatura cercana a los 10°C la vida de anaquel es en promedio de 22 días. En el caso de la gulupa se encontró que el tiempo de vida media a temperatura ambiente de almacenamiento (20°C) es en promedio de 15 a 19 días y para una temperatura cercana a los 10°C la vida de anaquel es en promedio de 24 días.
- Se determinó la vida de anaquel de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) almacenada bajo dos condiciones: temperatura ambiente –condición A- ($20,1\pm 1,9^{\circ}\text{C}$ - $71,0\pm 7,35\% \text{HR}$) y temperatura cuarto frío –condición B- ($9,7\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ - $89,3\pm 6,13\% \text{HR}$). El cambio en la calidad de las frutas se midió a través del seguimiento de parámetros como porcentaje de pérdida de peso, porcentaje de encogimiento, cambio total de color en la cáscara, firmeza, pH del



jugo de la fruta, sólidos totales medidos como °Brix, acidez titulable y madurez. En general se encontró que la velocidad de deterioro de las frutas sometidas a bajas temperaturas – condición B- es mucho menor que las frutas sometidas a temperatura ambiente, donde los cambios de color de la cáscara y de textura de la fruta fueron los más importantes y con cambios más pronunciados. Para la condición A la vida de anaquel aproximada fue de 10 a 13 días mientras que para la condición B fue de 22 días.

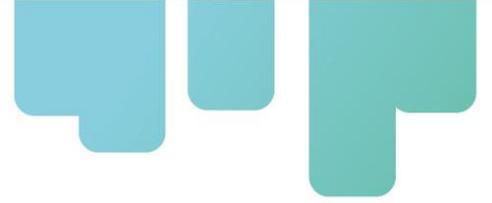
- Se determinó la vida de anaquel de la naranja Valencia y el limón pajarito, almacenado a condiciones diferentes: condición A ($20,1 \pm 1,9^\circ\text{C}$ - $71,0 \pm 7,35$ %HR), la condición B para la naranja ($9,7 \pm 1,0^\circ\text{C}$ - $89,3 \pm 6,13$ %HR) y la condición B para los limones ($15,3 \pm 1,0^\circ\text{C}$ - $57 \pm 4,13$ %HR). El cambio en la calidad de las frutas cítricas durante su almacenamiento se midió a través de distintos parámetros como porcentaje de pérdida de peso, porcentaje de encogimiento, cambio total de color en la cáscara, contenido de jugo (%), contenido de sólidos solubles totales y ácido cítrico. En general, la velocidad de deterioro a bajas temperaturas B fue menor que a temperatura ambiente. Para las naranjas en la condición A, la vida de anaquel aproximada fue de 37 días mientras que para la condición B fue de 78 días. La vida útil hallada para los limones en la condición A fue de 24 días, mientras que para la condición B fue de 30 días.

Parte II: Técnicas de producción de pasta de aguacate variedad Hass y vida de anaquel durante su almacenamiento bajo congelación

- De acuerdo al análisis PCA, se encontró que la variedad de aguacate Hass cultivada en Risaralda sometida a fertirrigación presentó homogéneas y mejores propiedades fisicoquímicas, sobre las que no tuvieron fertirriego.
- A partir del análisis de los modelos se determinó que la vida de anaquel para la pasta de aguacate a condiciones de congelamiento comerciales (-18°C) es de alrededor de 6 meses. Aunque se realizó el análisis de vida de anaquel de la pasta tratada con microondas, la cual obtuvo una vida útil estimada de 30 meses, es necesario tener en cuenta que esta fue descartada por los análisis sensoriales.

Parte III: Calidad en la postcosecha y comercialización del aguacate (*Persea americana* Mill) y maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) en Ecuador.

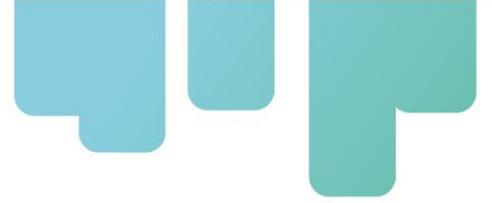
Evaluación de las pérdidas de calidad física y química durante la comercialización de dos variedades de aguacate Hass y Fuerte.



- Los resultados encontrados sirven como instrumentos para desarrollar acciones de mejora en la comercialización del aguacate, al identificar las variables de calidad que tienen influencia directa con el precio del fruto.
- Conforme a los ensayos analizados, se determinó que tanto el aguacate variedad Hass como Fuerte tiene una vida de anaquel de 15 días en la zona de comercialización Ecuador.
- La vida de anaquel del aguacate Hass y Fuerte es de 10 días en Guayaquil, continúa siendo apto para la venta hasta 5 días después, pero en este punto presenta daños leves y de apariencia que repercuten directamente su precio.
- El tipo de empaque, el tiempo de transporte y distancias entre zonas de producción y comercialización pueden acarrear cambios drásticos en las propiedades físicas del fruto, tal como se evidenció en el aguacate Hass y Fuerte trasladado desde Imbabura y Pichincha hasta Guayaquil, el cual presentó menor firmeza a lo largo del estudio, el tiempo de transporte fue de casi 20 horas.
- El aguacate Hass y Fuerte proveniente de Imbabura y Pichincha trasladado hasta Quito, presentó mayor firmeza, esto podría estar relacionado con un menor tiempo de traslado, casi 5 horas.
- El momento exacto en que el aguacate alcanza la madurez de consumo es difícil de identificar en las diferentes variedades, aunque en variedades como Hass, se recomienda cuando alcanza un color violáceo y para la variedad fuerte cuando su color verde empieza a tonarse algo amarillo, aunque el método más común en la suavidad al tacto.
- En el momento del embalaje se debe realizar un proceso de selección, con el fin de solo empacar productos sanos, sin picaduras, manchas, lesiones y mallagaduras producidas por insectos, dado que esto podría acelerar la maduración del fruto o en el peor de los casos la pudrición.
- Los empaques aconsejables para el transporte de aguacate son, la gaveta plástica y caja de cartón, dado que por sus características pueden prevenir daños en el fruto.
- Es importante que se tenga mayor asociatividad entre los productores de aguacate, con el fin de generar mayor infraestructura al mercado y oportunidades de incursión en el medio internacional.
- Se deben continuar desarrollando investigaciones que permitan optimizar las condiciones de empaque que garanticen menores pérdidas en la postcosecha del fruto. Este es uno de los principales desafíos del mercado.
- Las pérdidas en la postcosecha también pueden estar asociadas al manejo de toda la cadena de valor, es necesario identificar las amenazas desde el inicio, se deben tener en cuentas el manejo y actores desde que el fruto se siembra hasta que es comercializado.
-

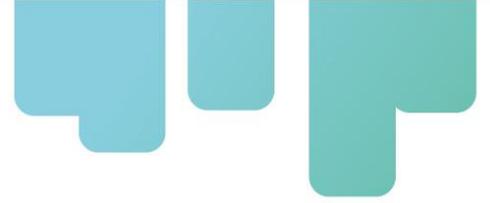
Alternativas de mejora en el manejo postcosecha y comercialización del maracuyá variedad Mejorada INIAP 2009 y cultivar Criollo

- En los resultados se reflejan la influencia que tuvieron las condiciones de empaque y el



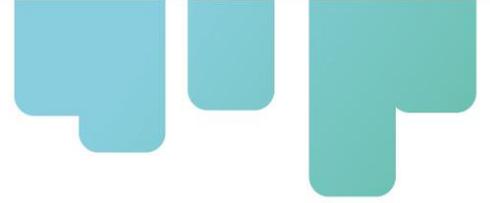
ambiente (temperatura y humedad relativa) en la conservación del fruto.

- Se comprobó que el mejor empaque para el maracuyá fue la gaveta plástica, como se describe anteriormente, las variables monitoreadas tuvieron menor variabilidad en este caso.
- La variedad Mejorada INIAP 2009 presentó un mejor comportamiento ante las condiciones aplicadas, especialmente al ser comercializado en Quito donde desde el 1 hasta el día 14, conservó frutos sanos y menor cantidad de frutos con daños severos respecto a la variedad Criollo.
- Se determinó que para el día 7 la fruta posee un alto porcentaje de frutos sanos y un mínimo porcentaje de frutos con daños severos, además de un estable comportamiento en sus propiedades fisicoquímicas.
- La vida de anaquel del aguacate Hass y Fuerte es de 10 días en Guayaquil, continúa siendo apto para la venta hasta 5 días después, pero en este punto presenta daños leves y de apariencia que repercuten directamente su precio
- Es importante destacar, que la información obtenida de las pérdidas de la calidad física y química, ocasionadas por el uso principalmente de un empaque tradicional y la costumbre del productor de recoger la fruta del suelo (estado de madurez en que la fruta está llena y apta para su consumo), repercute directamente en el precio en que se comercializa el maracuyá en los diferentes mercados, sea para consumo en fresco o destinado para las industrias procesadoras.

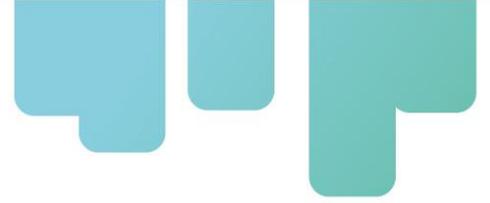


Referencias Bibliográficas

- Abbott, J. A. (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 207–225. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(98\)00086-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(98)00086-6)
- Aguacate poscosecha | Yara España. (n.d.).
- Amaya Robles, J. E. (2010). “EL CULTIVO DEL MARACUYÁ” *Passiflora edulis* form. Flavicarpa. *Gerencia Regional Agraria La Libertad, Trujillo-Perú.*, 30.
- Ángel, M., & Estrella, E. (2018). Atmósfera modificada en la conservación de carne de trucha arcoíris (*oncorhynchus mykiss*). *Novasinerгия Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 1(1), 67–71. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.01.08>
- Chen, C. R., & Ramaswamy, H. S. (2002). Color and Texture Change Kinetics in Ripening Bananas. *LWT - Food Science and Technology*, 35(5), 415–419. <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0875>
- Del Pilar Pinzón, I., Fischer, G., & Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa. *Agronomía Colombiana*, 1(25), 83–95. <https://doi.org/690-2>
- Ellis, M. J. (1994). The methodology of shelf life determination. In C. M. D. Man (Ed.), *Shelf Life Evaluation of Foods*. Londres, Ingraterra: Springer Science + Business Media, B.V. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2095-5>
- Falguera, V., Sánchez-Riaño, A. M., Quintero-Cerón, J. P., Rivera-Barrero, C. A., Méndez-Arteaga, J. J., & Ibarz, A. (2012). Characterization of Polyphenol Oxidase Activity in Juices from 12 Underutilized Tropical Fruits with High Agroindustrial Potential. *Food and Bioprocess Technology*, 5(7), 2921–2927. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0521-y>
- FAO-WHO. (2008). Codex Alimentarius. Retrieved from <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/search/en/>
- Giménez, A., Ares, F., & Ares, G. (2012). Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food Research International*, 49(1), 311–325. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.008>
- Giné Bordonaba, J., Cantin, C. M., Larrigaudière, C., López, L., López, R., & Echeverría, G. (2014). Suitability of nectarine cultivars for minimal processing: The role of genotype, harvest season and maturity at harvest on quality and sensory attributes. *Postharvest Biology and Technology*, 93, 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.02.007>
- Giraldo Gómez, G. I., & Rodríguez Barona, S. (2015). Estudios de vida de anaquel de frutas y productos derivados. In C. E. Orrego (Ed.), *Alternativas innovadoras para la agregación de valor a las frutas Colombianas* (pp. 239–280). <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Gonzales Cuellos, R., Pérez Mendoza, J., & Gelcez Ordóñez, V. (2017). Incremento en la vida útil post cosecha del aguacate (*Persea americana*) utilizando recubrimientos a base de goma gelana. *Revista Actualidad y Divulgación Científica*, 20.
- González, X. (2017). Passifloras colombianas, Granadilla, Gulupa y Maracuyá se abren paso en el exterior. Retrieved from <https://www.agronegocios.co/agricultura/pasifloras-se-abren-paso-en-el-exterior-2622428>
- Haard, N. F. (1984). *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*.



- Hansen, E. (1966). Postharvest Physiology of Fruits. *Annual Review of Plant Physiology*, 17(1), 459–480. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.17.060166.002331>
- Icontec. (1979). NTC 1267 - Frutas frescas. Maracuyá.
- Icontec. (1996). NTC 1248-2. FRUTAS FRESCAS. AGUACATE. ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE.
- Icontec. (1997a). NTC 4086 - Frutas frescas. Naranja valencia. Especificaciones.
- Icontec. (1997b). NTC 4087 - Frutas frescas. Lima tahití. Especificaciones.
- Icontec. (1997c). NTC 4101 - Frutas frescas. Granadilla. Especificaciones.
- Icontec. (2019). NTC 6345 - Frutas frescas. Aguacate variedad Hass. Especificaciones. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Kudachikar, V. B., Kulkarni, S. G., & Prakash, M. N. K. (2011). Effect of modified atmosphere packaging on quality and shelf life of “Robusta” banana (*Musa sp.*) stored at low temperature. *Journal of Food Science and Technology*, 48(3), 319–324. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0238-y>
- Lieberman, M. (1981). *Post-Harvest Physiology and Crop Preservation*. (M. Lieberman, Ed.). Boston, MA. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0094-7>
- Maniwara, P., Boonyakiat, D., Poonlarp, P. B., Natwichai, J., & Nakano, K. (2015). Changes of postharvest quality in passion fruit (*Passiflora edulis Sims*) under modified atmosphere packaging conditions, 22(4), 1596–1606.
- Maracuy, F. V. (2012). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1971 : 2012 MARACUYÁ.
- Melgarejo, L. M. (2002). *Granadilla: (Passiflora ligularis) caracterización ecofisiológica del cultivo. Ecological Applications*.
- Ministerio de Agricultura. (2005). Agronet. Retrieved from <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Ministerio de Agricultura. (2018). *Cadena de Aguacate - Indicadores e instrumentos*. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n52a4904>
- Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W., & Flórez, L. E. (2009). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba*.
- Mokrzycki W.S., T. M. (2011). Color difference Delta E - A survey. *Machine Graphics and Vision*, 20(4), 383–411.
- Navarro Barrientos, J., Tinoco Gómez, O., & Huari Evangelista, F. (2016). Simulación de la actividad respiratoria en pos-cosecha de plátano (*Musa cavendishii*) bajo atmósfera modificada para mejora del tiempo de almacenamiento. *Industrial Data*, 19(2), 96. <https://doi.org/10.15381/idata.v19i2.12845>
- NTE INEN. (2015). Ecuatoriana Nte Inen 2623. *Annual Book of INEN*, (LECHE PASTEURIZADA DE CABRA.REQUISITOS), 7.
- Nunes, M. C. do N., & Wiley InterScience (Online service). (2008). *Color atlas of postharvest quality of fruits and vegetables*. Blackwell Pub.
- Orjuela Baquero, N. M., Moreno Chacón, L., Hernández, M. S., & Melgarejo, L. M. (2011). Caracterización fisicoquímica de frutos de gulupa (*Passiflora edulis Sims*) bajo condiciones de almacenamiento. *Poscosecha de La Gulupa (Passiflora Edulis Sims)*, 33–44. Retrieved from



- http://www.bdigital.unal.edu.co/8532/6/05_Cap03.pdf
- Orjuela Baquero, N. M., Pérez Martínez, L. V., Flórez, L. M., Hernández, M. S., & Melgarejo, L. M. (2011). Propuesta de Norma Técnica Colombiana. Frutas Frescas. Gulupa. Especificaciones. In *Poscosecha de la gulupa (Passiflora edulis Sims)* (pp. 45–58). Retrieved from http://www.bdigital.unal.edu.co/8532/7/06_Cap04.pdf
- Ospina Meneses, S., & Cartagena Valenzuela, J. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 112–123.
- Reina, C. E. (1997). *Manejo postcosecha y evaluación de la calidad de Maracuyá (Passiflora edulis) que se comercializa en la ciudad de Neiva*. Universidad Surcolombiana.
- Robertson, G. L. (2009). Food Quality and Indices of Fail. In G. L. Robertson (Ed.), *Food Packaging and Shelf Life. A Practical Guide* (pp. 17–31). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420078459-c16>
- Rodríguez, P., & Henao, J. (2016). Maduración del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) y calidad de los frutos. *Agronomía Colombiana*, 34. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58101>
- Román, E. A., & Kazuz, E. Y. (2009). Manejo Postcosecha del aguacate. *Vitae*, 9(2).
- Salazar, C. R., & Torres, M. R. (1977). Almacenamiento de frutos de maracuyá (*Passiflora edulis* var. flavicarpa, Degener) en bolsas de polietileno. *Revista ICA (Instituto Colombiano Agropecuario)*, 12, 1–11.
- Valero, C., & Ruiz Altisent, M. (1996). Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas.
- Villamizar, F., Gutiérrez, C., & Pulido, A. (1994). La Granadilla, su caracterización física y comportamiento postcosecha. *Ingeniería e Investigación*, 28, 14–23. <https://doi.org/10.1093/eurjhf/hst009>



Indicadores

Indicador detalle	Unidad del Indicador	Valor antes del proyecto	Valor después del proyecto*
Estudios de vida de anaquel	Número de estudios	0	8
Técnicas de extensión de estudios de vida de anaquel	Número de estudios	0	2

*A octubre 2020



Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

FONTAGRO
Banco interamericano de Desarrollo
1300 New York Avenue, NW, Stop
W0502, Washington DC 20577
Correo electrónico: fontagro@iadb.org