

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**  
**GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**



ESTUDIO DE CONSERVACIÓN FRIGORÍFICA DE CHAYOTE '*Sechium edule*' ECOLÓGICOS  
CULTIVADOS EN ORIHUELA (ALICANTE)

TRABAJO FIN DE GRADO

Enero 2023

Autora: Marta Manzanares Porlán  
Tutor: Juan Miguel Valverde Veracruz  
Co-tutor: Domingo Jesús Martínez Romero



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

# ESTUDIO DE CONSERVACIÓN FRIGORÍFICA DE CHAYOTE '*Sechium edule*' ECOLÓGICOS CULTIVADOS EN ORIHUELA (ALICANTE)

## RESUMEN

El chayote (*Sechium edule* L.) es una planta subtropical de frutos comestibles de amplia producción en Mesoamérica, con importantes ventajas desde el punto de vista productivo y nutritivo. Sin embargo, su cultivo no está implantado en España. En este TFG se ha estudiado la viabilidad agronómica de esta planta mediante una plantación experimental en el término municipal de Orihuela. El cultivo se ha realizado siguiendo un manejo ecológico, posteriormente tras la recolección se realizó un estudio de conservación postcosecha para evaluar su periodo de vida útil. Los resultados han demostrado que es posible producir chayotes en Orihuela, obteniendo un elevado rendimiento y una producción de buena calidad. Además, la vida útil se ha podido alargar hasta los 84 días, siendo la temperatura idónea la de 10 °C, mientras que 20 °C no es aconsejable por las importantes pérdidas de peso y ablandamiento, y 2 °C produjo daños por frío, principalmente pardeamientos en piel y pulpa. Con este estudio, se ha puesto en valor este fruto como alternativa a los cultivos tradicionales de la Vega Baja del Segura, siendo viable agronómicamente por su producción y calidad y comercialmente por su aceptable periodo de vida útil.

## ABSTRACT

Chayote (*Sedium edule* L.) is a subtropical plant with edible fruits widely produced in Central America, with important advantages from the productive and nutritional point of view. However, its cultivation is not established in Spain. In this thesis, the agronomic viability of this plant has been studied through an experimental plantation in the municipality of Orihuela. The cultivation has been carried out following an ecological management, after the harvest a post-harvest conservation study was carried out to evaluate its shelf-life period. The results have shown that it is possible to produce chayotes in Orihuela, obtaining a high yield and good quality production. In addition, the shelf life has been extended to 82 days, with the ideal conservation temperature being 10 °C, while 20 °C is not advisable due to significant weight loss and softening, and 2 °C produced chilling injury, mainly browning on the skin and pulp. With this study, this fruit has been valued as an alternative to the traditional crops of Vega Baja del Segura, being agronomically viable due to its production and quality and commercially due to its acceptable period of shelf life.



# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
  - 1.1. MORFOLOGÍA
  - 1.2. TAXONOMÍA
  - 1.3. ORIGEN DEL CHAYOTE
  - 1.4. VARIEDADES DE *SECHIAM EDDULE*
  - 1.5. CULTIVO
  - 1.6. PRODUCCIÓN
  - 1.7. USOS
  - 1.8. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL
  - 1.9. CONSERVACIÓN
2. OBJETIVOS
3. MATERIALES Y MÉTODOS
  - 3.1. MATERIAL VEGETAL
    - 3.1.1. CONDICIONES DEL CULTIVO
  - 3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL
  - 3.3. MÉTODOS ANALÍTICOS
    - 3.3.1. POLIFENOLES TOTALES
    - 3.3.2. HUMEDAD Y CENIZAS
    - 3.3.3. IMÁGENES
    - 3.3.4. ÍNDICE DE COLOR
    - 3.3.5. TASA DE RESPIRACIÓN
    - 3.3.6. PÉRDIDAS DE PESO
    - 3.3.7. TEXTURA POR DEFORMACIÓN
    - 3.3.8. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (SST)
    - 3.3.9. ACIDEZ TITULABLE (AT)
    - 3.3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN
  - 4.1. PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO
  - 4.2. CARACTERIZACIÓN DEL CHAYOTE EN SU MOMENTO DE RECOLECCIÓN
  - 4.3. IMÁGENES
  - 4.4. PARÁMETROS DE COLOR
    - 4.4.1. PARÁMETROS DE COLOR EXTERNO
    - 4.4.2. PARÁMETROS DE COLOR INTERNO
  - 4.5. TASA DE RESPIRACIÓN
  - 4.6. PÉRDIDA DE PESO
  - 4.7. TEXTURA POR DEFORMACIÓN
  - 4.8. CONTENIDO EN SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES
  - 4.9. ACIDEZ TITULABLE
5. CONCLUSIONES
6. BIBLIOGRAFÍA

## 1 INTRODUCCIÓN.

### 1.1 Morfología.

El chayote (*Sechium edule* L.) es una planta trepadora, monoica y vivípara. Tiene un sistema radicular formado por una gran cantidad de raíces fibrosas que más tarde formarán una raíz tuberosa (Figura 1) (Cerdas, 2020).

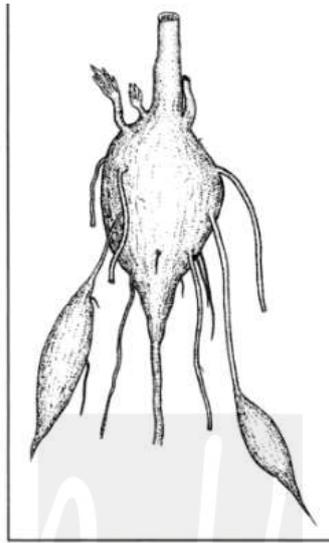


Figura 1. Raíz del chayote (Flores, 1989).

Los tallos son herbáceos, abundantes y pueden llegar a alcanzar longitudes de hasta 13 metros; en las primeras fases de crecimiento son de color verde, mientras que cuando alcanzan la madurez se lignifican y adquieren un color pardo (Cerdas, 2020). La distribución del tallo descrita por Gamboa (2005) indica que en cada nudo del tallo se encuentra una hoja, una rama, un zarcillo que fija la planta, una inflorescencia y una flor pistilada (Figura 2).

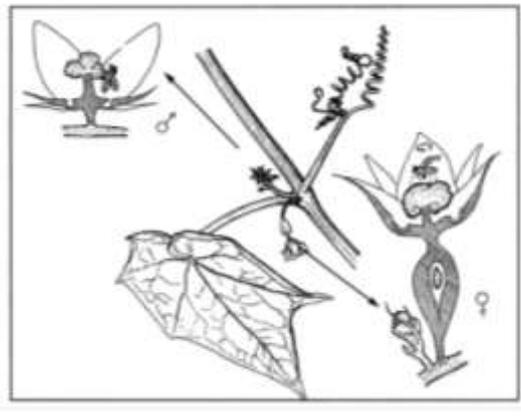


Figura 2. Distribución de la flor, hoja, zarcillo e inflorescencia en el tallo (Gamboa, 2005).

Según Cerdas (2020), las hojas son de gran tamaño con distintas intensidades de color, sus bordes pueden ser aserrados o lisos y la superficie foliar es pubescente y áspera. Tiene venación superficial, abierta, de tono claro y presenta entre 5 y 7 venas mayores. Las flores, que son unisexuales, se producen en etapas sucesivas en el tallo, se presentan inflorescencias estaminadas y pistiladas en un mismo nudo, o flores de ambos sexos sobre un mismo eje (Marín, 1992).

El fruto es una baya con un exocarpo (Figura 3) que puede ser glabro, liso o contener espinas; crecen individualmente o, como máximo, en pares y en diferentes formas, y tamaños que pueden variar unos 20 centímetros. Suelen tener crestas o surcos longitudinales y su textura es carnososa o carnososa-fibrosa. Tiene un color que puede oscilar desde el blanco y el amarillo pálido hasta el verde claro u oscuro. La pulpa es carnososa, seca o suave, y con un color entre verdoso y blanco (Cerdas, 2020).

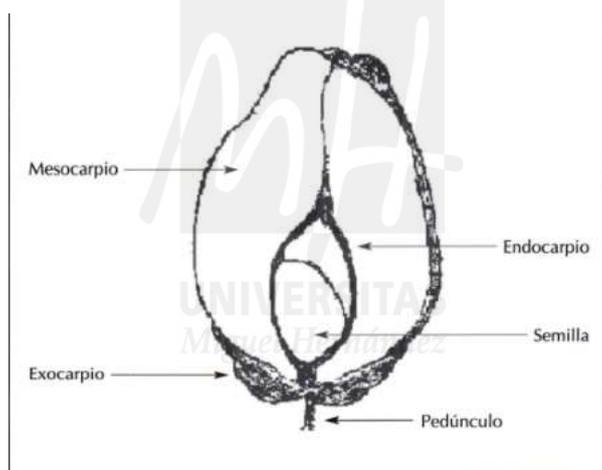


Figura 3. Corte longitudinal del fruto del chayote (Gamboa, 1986).

## 1.2. Taxonomía.

El nombre de “chayote” proviene de una serie de modificaciones de los términos náhuatl originales que eran “huitz” y “ayotl”, los cuales significan “calabaza con espinas” y que al traducirlos al castellano derivaron en “chayotl” y “chayotli” hasta el actual chayote (Juárez et al., 2014).

Según nos indica Lira (1990), el chayote pertenece a la Especie *edule*, conocida actualmente bajo el nombre científico *Sechium edule* (Jacq.) Swartz.

La taxonomía del cultivo, de acuerdo con Campos y Flores (2012), se encuentra clasificada de la siguiente forma:

Tabla 1. Clasificación de la taxonomía del chayote (Campos y Flores, 2012).

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Subreino</b>	Embryophyta
<b>División</b>	Anthophyta
<b>Clase</b>	Dicotyledoneae
<b>Orden</b>	Cucúrbitales
<b>Familia</b>	Cucurbitáceas
<b>Subfamilia</b>	Sicyoideae
<b>Género</b>	Sechium

Actualmente se consideran sinónimos de *Sechium* los siguientes taxones: *Sicyos edulis Jacq.*, *Chayota edulis Jacq.*, *Sechium americanum Poir.*, *Cucumis acutangulus Descourt* y *Sechium chayota Hemsley*.

También se conoce que en género *Sechium* hay 10 especies de las cuales ocho son silvestres y dos son domesticadas (*Sechium tacaco* y *Sechium edule*) (Correa et al., 2017).

UNIVERSITAS  
Miguel Hernández

### 1.3. Origen.

A diferencia de otros cultivos, del *Sechium edule* no parece haber ninguna prueba arqueológica que indique desde cuándo se cultiva este fruto ya que no se ha encontrado ninguna presencia de granos de polen u otras estructuras de esta especie en yacimientos arqueológicos. Por tanto, las fuentes que más se han utilizado para intentar determinar el origen de este cultivo son las etnohistóricas, artísticas y lingüísticas, así como la información sobre la distribución ecogeográfica de la diversidad genética de la especie (Lira, 1995).

Saade (1996) indica que según fuentes etnohistóricas el chayote se cultiva desde tiempos precolombinos en México. La primera descripción que se conoce del chayote data de 1560, pero el cultivo no se introdujo en el sur del continente hasta después de la llegada de los españoles.

La evidencia lingüística se debe a los nombres comunes dados a la especie en diferentes partes de América Latina, los cuales nos indican que la especie se concentraba originalmente en México y América Central (Saade, 1996). De acuerdo con Cook (1901), se considera que el término moderno “chayote” procede de los vocablos “huiztayotl” y “chayotl”, confirmando así que la planta del chayote se usa desde los tiempos precolombinos.

Sin embargo, la mayor evidencia para conocer el origen de *Sechium edule* la establece su distribución ecogeográfica, ya que los informes de las exploraciones coinciden en que la mayor variedad de chayote cultivado se encuentra en el sur de México, Guatemala y Costa Rica, a altitudes de entre 500 y 1500 metros (Lira, 1995).

Los taxones silvestres de *Sechium* que son morfológicamente más cercanos al chayote incluyen los llamados "tipos silvestres" de *Sechium edule* que crecen el sur de México, y "*Sechium chinantlense*", Lira y Chiang (1992), una especie autóctona del norte del Estado de Oaxaca.

Otras dos especies morfológicamente similares al chayote son *Sechium compositum* y *Sechium hintonii*; la primera es autóctona de los estados de México y Guerrero y la segunda sólo se conoce en el estado mexicano de Chiapas y en Guatemala. Estas dos especies son parecidas al chayote en su nectario floral y en la estructura del androecio, pero sus frutos, aunque también son fibrosos y amargos, no tienen la hendidura del ápice mencionada anteriormente (Cadena-  
López et al., 2008).

#### 1.4. Variedades de *Sechium edule*.

Tabla 2. Variedades de *Sechium edule*. (Fuente: Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México).

VARIETADES	LONGITUD	ANCHO	ASPECTO FÍSICO	PEDÚNCULO	MESOCARPIO
<i>Sechium edule</i> var. <i>albus</i> <i>minor</i> (Figura 4)	Entre 3,2 y 4,1 cm	Entre 3,0 y 3,3 cm	Fruto piriforme de color blanco crema, completamente glabro, sin costillas ni hendidura basal	Pubescente de color verde claro	Tiene un color crema y sabor ligeramente dulce
<i>Sechium edule</i> var. <i>albus</i> <i>dulcis</i> (Figura 4)	Entre 8.0 y 15.3 cm	Entre 4.8 y 8.8 cm	Fruto piriforme amarillo crema, glabro, con cinco costillas no muy marcadas y hendidura basal no muy profunda	Glabro de color verde claro con estrías de color verde-amarillo	Tiene un color blanco crema y un sabor medianamente dulce
<i>Sechium edule</i> var. <i>albus levis</i> (Figura 4)	Entre 6.1 y 16.6 cm	Entre 5.3 y 10.4 cm	Fruto piriforme de color amarillo crema, completamente glabro con presencia de costillas no marcadas y hendidura basal muy notoria.	De baja pubescencia de color verde claro con estrías de color verde-amarillo	Tiene un color que oscila de blanco a crema y un sabor ligeramente dulce
<i>Sechium edule</i> var. <i>nigrum</i> <i>minor</i> (Figura 4)	Entre 4.5 y 13.2 cm	Entre 3.1 y 6.9 cm	Fruto con forma entre obovado y ligeramente piriforme y con colores que oscilan de verde claro a verde oscuro, completamente glabro, no presenta costillas ni hendidura basal.	De baja pubescencia y de color verde claro	Tiene un color verde claro y sabor medianamente dulce
<i>Sechium edule</i>	Entre 5.4 y	Entre 3.3 y	Fruto cónico con un color que oscila de	De baja pubescencia	Tiene un color verde

<i>var. nigrum conus</i> (Figura 5)	7.1 cm	5.0 cm	verde claro a verde oscuro, sin presencia de costillas, ni hendidura basal.	y de color verde oscuro	oscuro y sabor medianamente dulce
<i>Sechium edule var. nigrum levis</i> (Figura 5)	Entre 7.1 y 9.7 cm	Entre 4.6 y 7.8 cm	Fruto piriforme, medio alargado con un color que oscila de verde claro a verde oscuro, sin costillas y con hendidura basal no muy marcada.	Medianamente pubescente de color verde oscuro	Tiene un color verde claro y sabor neutro
<i>Sechium edule var. nigrum xalapensis</i> (Figura 5)	Entre 5.5 y 26.6 cm	Entre 4.4 y 18 cm	Fruto piriforme de color verde oscuro, con presencia de cinco costillas no muy marcadas y hendidura basal muy marcada.	Medianamente pubescente.	
<i>Sechium edule var. nigrum spinosum</i> (Figura 5)	Entre 5.8 y 17.1 cm	Entre 5.0 y 12.2 cm	Fruto piriforme con un color que oscila de verde claro a verde oscuro, con alta densidad de espinas y cinco costillas no muy marcadas y hendidura basal muy marcada	Muy baja pubescencia	Tiene un color entre verde claro y verde oscuro y sabor neutro a medianamente dulce
<i>Sechium edule var. nigrum maxima</i> (Figura 5)	Entre 12.1 y 33.7 cm	Entre 8.1 y 11.3 cm	Fruto piriforme de color verde claro, totalmente glabro con presencia de cinco costillas y hendidura basal muy notorias	De baja pubescencia y color verde claro	Tiene un color verde muy claro de sabor neutro
<i>Sechium edule</i>	Entre 9.30	Entre 6.0 y	Fruto piriforme de color verde claro, con	Muy baja	Tiene un color verde

<i>var. virens levis</i> (Figura 5)	y 18.30 cm	11.40 cm	cinco costillas no muy marcadas, hendidura basal no muy profunda	pubescencia y color verde claro	claro y sabor neutro
----------------------------------------	------------	----------	---------------------------------------------------------------------	------------------------------------	----------------------



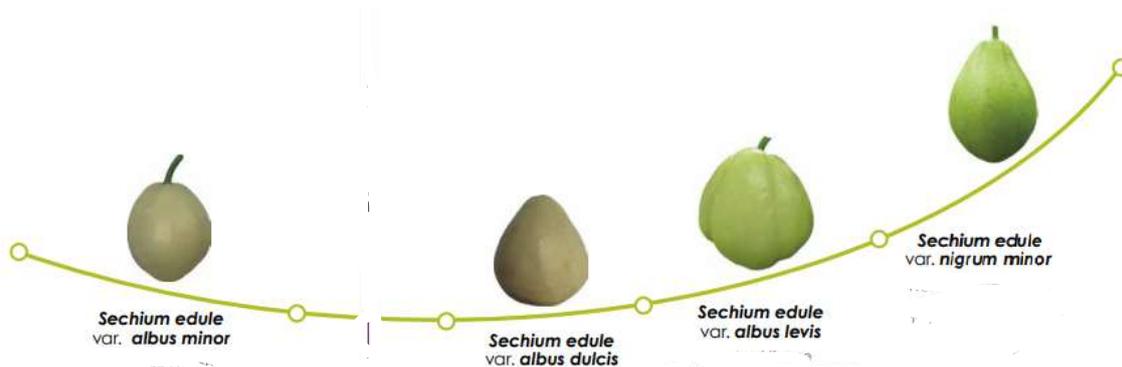


Figura 4. Variedades de chayotes (Fuente: Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México).



Figura 5. Variedades de chayote. (Fuente: Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México).

### 1.5. Cultivo.

El chayote es un cultivo de mediana a alta altitud, 300-2000 m sobre el nivel del mar, requiere una alta humedad relativa (80-85 %), una precipitación anual bien distribuida de al menos 1500-2000 mm y 12 horas de luz para iniciar la floración. La temperatura media más adecuada es de entre 13 y 21°C debido a que las temperaturas inferiores a 13 °C dañan los frutos pequeños o inmaduros, mientras que las superiores a 28 °C favorecen el crecimiento excesivo y la caída de flores y frutos inmaduros, reduciendo así la producción.

La productividad del cultivo de chayotes se ve favorecida por factores edáficos como los suelos profundos y con abundante materia orgánica, pero se ve afectada negativamente por los suelos arcillosos o arenosos que retienen la

humedad y favorecen el desarrollo de enfermedades, sobre todo las causadas por hongos.

Teniendo en cuenta lo anterior, el chayote es muy susceptible a las heladas, las sequías y al exceso de humedad, sin embargo, los registros de herbario, germoplasma y observaciones de campo muestran que hay una amplia distribución geográfica y altitudinal para la mayor parte de la diversidad genética de este cultivo. De hecho, es posible cultivar chayote en regiones templadas durante los meses de verano y principios de otoño, aunque los frutos deben ser pregerminados y las plántulas cultivadas en condiciones de invernadero antes de ponerlas al aire libre cuando haya pasado el peligro de las heladas (Saade, 1996).

### 1.6. Producción del chayote

Costa Rica es el primer exportador de chayote a nivel mundial, aunque no el productor porque tan solo produce una superficie no mayor de 500 ha y exporta el 92 % de su volumen producido (Brenes-Hine, 2002). Sin embargo, México es el mayor productor, pero tiene el 23 % del mercado de Norteamérica (Bancomext, 2004).

Teniendo en cuenta las cifras de SIAP (2013), México cuenta con un total de más de 2.700 ha de superficie sembradas y con una producción total de 162.855 toneladas, siendo el principal tipo de chayote exportado el chayote verde claro de piel lisa.

Tabla 3. Producción agrícola por cultivo año 2012

<b>CULTIVO</b>	<b>SUPERFICIE SEMBRADA (ha)</b>	<b>SUPERFICIE COSECHADA (ha)</b>	<b>PRODUCCIÓN (toneladas)</b>	<b>RENDIMIENTO (Tonelada/Ha)</b>	<b>VALOR PRODUCCIÓN (miles de pesos)</b>
<b>Chayote</b>	2.707,62	2.705,62	162.855,06	60,19	403.235,85

Hoy en día, el chayote se cultiva en algunas partes de Estados Unidos como California, Luisiana y el sur de Florida. En Asia se cultiva en la India, Nepal, China, Papúa Nueva Guinea, el sudeste asiático y Taiwán. Respecto a Europa apenas se cultiva salvo en algunos países entre los que se encuentra Italia y

algunos países del entorno balcánico (Saade, 1996). Sin embargo, no hay referencias sobre el cultivo de chayote en España, aunque algunas zonas que podrían ser propicias para este cultivo por su clima son las Islas Canarias y la “Costa Tropical” de Granada y Málaga.

La mayor producción de chayote de Costa Rica se centra en la provincia de Cartago y en la región de Alvarado se localiza otra zona de producción importante porque esta zona tiene condiciones agroecológicas que permiten un mejor desarrollo y alcanzar un mayor rendimiento del producto. Hay otras zonas como Alajuela y el Cantón de Mora donde hay plantaciones de chayote criollo que se utilizan principalmente para explotar su raíz (Figura 6).



Figura 6. Raíces de chayote para exportación. Fuente: Cuexcomate.com (2022).

Los tipos de chayote que más se cultivan son criollo negro (*Sechium edule* var. *nigrum xalapensis*), el criollo blanco (*Sechium edule* var. *albus dulcis*) y el criollo tierno quelite (*Sechium edule* var. *virens levis*). Esta última variedad se destina principalmente a exportación, mientras que las dos primeras se destinan al mercado nacional (Universidad Nacional de Costa Rica y Centro Internacional de Política Económica, 2010; Avendaño et al., 2010; Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2016)).

Existe por tanto la opción de estudiar la implantación de este cultivo en España para aumentar la oferta de alimentos y proporcionar una nueva alternativa de negocio a los productores. A priori, el clima mediterráneo de la provincia de Alicante y Murcia no cumple con las condiciones óptimas para este cultivo. Sin embargo, se podrían estudiar adaptaciones mediante cultivo forzado en

invernadero o umbráculo con el fin de favorecer las condiciones climáticas para su desarrollo.

El período productivo del chayote es de tres años aproximadamente y en algunos casos de ocho años. La recolecta del chayote se comienza seis meses después de la germinación cuando el fruto haya alcanzado el tamaño adecuado de la variedad.

La semilla del chayote se siembra una vez germinada y son colocados en lugares oscuros y húmedos donde aparece el brote (Figura 7), tras esto, son expuestos al campo en un lugar sombreado para ir poco a poco exponiéndolos al sol. Cuando los brotes alcanzan una altura de 20 cm se considera que está listo para ser plantado. La siembra en plantaciones comerciales (Figura 8) se hace con estacas enraizadas o con semilla seleccionada.



Figura 7. Chayote germinado con brote. Fuente: Wikimedia commons (2008).

Los frutos de chayote tienen un peso entre 400 y 500 gramos y una sola planta puede llegar a producir entre 75 y 300 frutos, el ciclo vegetativo es de nueve meses y produce una fruta por metro cuadrado por semana, llegando a producir hasta 320.000 frutas por hectárea en cada ciclo de cultivo (Correa, 2017).



Figura 8. Plantación comercial de chayotes. Fuente: Natureduca (2019).

### 1.7. Usos.

Valera et al., (2017) indican que el chayote se usa para el consumo humano en muchos países variando la forma de preparación: en Francia, el chayote se utiliza como sustituto de los corazones de alcachofa, mientras que en Jamaica y Puerto Rico el fruto simplemente se hierve y se consume, así como las semillas. Sin embargo, en Nueva Zelanda el chayote se conserva encurtidos con eneldo. En la India, se consume junto con otras verduras en un plato de curry y en el sureste de Asia se consume a modo de patatas fritas.

Otro uso del chayote en la industria de la alimentación es para la formulación de purés, salsas o mermeladas por su sabor neutro y su consistencia, así como sustituto de la patata en dispersiones alimentarias cuando se necesita una alta viscosidad.

Debido a que el chayote es una gran fuente de almidón, es un buen sustituto de las harinas de trigo de muchos productos, favoreciendo así que estos puedan ser utilizados por aquellas personas con requerimiento nutricionales especiales como los celíacos (Vieira et al., 2019; Hidalgo et al., 2016).

Las hojas tiernas y los tallos de *Sechium edule* cultivados en muchas zonas de América Latina se utilizan como verduras de consumo diario (Booth et al., 1992).

Bien es cierto que el fruto del chayote no es la única parte que se consume ya que también se consumen los tallos, las hojas y las secciones tuberosas de las raíces adventicias como plato caliente o en sopa al igual que los espárragos (Casseres, 1981). Asimismo, la semilla del chayote debido a su parecido sabor a las nueces se consume tostada o cocida (Flores, 1989).

Entre otras aplicaciones destacables de las distintas partes de la planta del chayote son la industria cosmética, farmacéutica y de nanomateriales además de su posible uso en procesos biotecnológicos. Cabe destacar que las flores del chayote son buenas fuentes de néctar para las abejas, una opción de alimento novedoso para comercializar podría ser la miel de chayote, ampliando la oferta de alimentos y creando un nuevo tejido empresarial. Al igual que las fibras del tallo del chayote debido a su gran fuerza y flexibilidad han sido utilizadas por la industria del papel (Vieira et al., 2019).

Estudios farmacológicos han confirmado propiedades diuréticas, antihipertensivas, cardiovasculares y antiinflamatorias de las hojas, frutos y semillas del chayote (Losoya, 1980; Salama et al., 1986).

La tabla 4 presenta los principales campos de aplicación de la planta de chayote:

Tabla 4. Campos de aplicación del chayote. Fuente: Vieira et al., 2019.

TIPO DE INDUSTRIA	APLICACIONES
Medicina	Tratamiento de la diabetes, constipado, asma, bronquitis...
Industria alimentaria	Producción de almidón, dulces, mermeladas y salsas
Cosmética	Ingredientes para limpiadores, cremas hidratantes, pastas de dientes, cremas solares, champús...
Farmacéutica	Usado como antibacteriano, antimicótico y agente antioxidante
Biotecnología	Fuente de enzimas
Nanotecnología	Síntesis de AgNPs y microcápsulas que contienen ácido ascórbico
Nutrición animal	Alimentación de cerdos, aves de corral

	y ganado
Fabricación de cestas y sombreros	
Industria del papel	

### 1.8. Composición nutricional.

De acuerdo con Vieira et al., (2019), la composición nutricional del chayote está muy influenciada por el clima del lugar donde se cultiva, las condiciones de cultivo, la zona de cultivo y la edad de la planta del chayote.

Por lo general, los frutos del chayote tienen un bajo contenido de carbohidratos, lípidos, proteínas y calorías, pero son una gran fuente de minerales, aminoácidos, entre los que se encuentran la lisina, histidina, arginina, ácido aspártico, y vitaminas, entre las que destacan el folato o vitamina B9 (Tabla 5) (Sánchez Flores, 2021).

El chayote destaca por su capacidad antioxidante, donde se encuentran compuestos flavonoides como C-glucósidos y O-glucósidos principalmente en las hojas y los tallos tiernos, mientras que los componentes mayoritarios del resto de partes son: la miricetina (ayuda a reducir el colesterol en sangre) en el fruto, la luteolina en las hojas, la apigenina en los tallos y la vitexina en la raíz (Cerdas, 2020).

Es una hortaliza con un importante contenido en agua (92,3 %-94,9 %), su contenido en fibra se encuentra entre 0,94 % y 2,45 % y la concentración de proteínas varía entre 1,0 % al 1,4 %. El contenido de ácido ascórbico es bajo y su valor oscila entre 1,0-2,6 mg/100 g de peso fruto fresco; respecto a los compuestos fenólicos, la cantidad varía entre 33-39 mg/100 g de peso fruto fresco. En cuanto a minerales, el potasio y el hierro son los que se encuentran en mayor cantidad, seguido del fósforo, magnesio y calcio (Sánchez Flores, 2021).

La cantidad de hidratos de carbono es mayor en el chayote blanco, mientras que el contenido de grasa y de proteína es muy limitado en todas las variedades de chayote. Aquellas variedades que tiene la piel de color verde y verde oscuro son las que mayor contenido de pigmentos y compuesto terpenoides (responsables del sabor amargo) tienen, pero son las que menor contenido de sólidos solubles tienen en comparación con las variedades blancas (Cerdas, 2020).

Tabla 5. Composición nutricional del chayote. Fuente: Sánchez Flores (2021)

Composición	Fruta madura	Fruta sin semilla	Semilla	Puntas de Hojas y Tallos	Raíces Tuberosas
pH	6,5	-	6,7	-	-
Energía (cal)	26,0	-	31,0	-	-
Humedad (%)	89,0	-	93,4	93,4	-
Proteína (g)	0,9	-	1,1	0,93	5,5
Lípidos (g)	0,1	-	0,3	0,05	-
Carbohidratos (g)	3,5	-	8,4	4,8	6,0
Fibra (g)	0,4	-	1,1	0,41	-
Calcio (mg)	12,0	-	19,0	13,0	12,0
Fósforo (mg)	20,0	-	27,0	27,0	-
Hierro (mg)	-	-	-	0,21	-
Potasio (mg)	0,4	- 38	0,8	-	-
Vitamina A (mg)	-	5	-	-	-
Niacina (mg)	0,4	-	0,5	-	-
Ácido ascórbico (mg)	11,0	-	20,0	-	-

### 1.9. Conservación

El daño por frío es un conjunto de síntomas provocados por estrés por bajas temperaturas que afecta la calidad de frutas y hortalizas almacenadas o transportadas con refrigeración. Los síntomas visuales más comunes de los daños por frío son: una maduración incompleta como ocurre en frutas como el tomate, la papaya o el mango, el endulzado de las patatas o el sabor insuficiente de la piña o la sandía. Pero también ocurren picados en la piel, descomposición de tejidos como ocurre en las frutas de hueso y pepita, pardeamientos internos o

superficiales, desarrollo de una textura harinosidad, etc. (Artes et al., 2002; Seibert et al., 2006).

La respiración es el proceso por el cual los carbohidratos, proteínas y grasas (reservas orgánicas de los productos) se degradan a compuestos más simples con la liberación de energía. Esto hace que se acelere la senescencia, al mismo tiempo que se reduce su valor nutritivo, sus características organolépticas y el producto aumenta su susceptibilidad al ataque de microorganismos (Kader, 2002; Gómez-López et al., 2008).

La intensidad con la que varían los procesos metabólicos en la frutas y hortalizas postcosecha depende estrechamente de la temperatura del organismo y del medio exterior. La aplicación de frío moderado reduce la velocidad de las reacciones metabólicas (Wang, 2000). La conservación frigorífica tiene como objetivo reducir las pérdidas de calidad de los frutos durante la postcosecha.

Cuando los productos vegetales permanecen largo tiempo a temperaturas entre  $-0,5$  °C y unos  $15$  °C, aparecen lo que comúnmente se conoce como daños por frío. Este desorden fisiológico ocurre tanto en productos tropicales como de clima templado. En el desarrollo de los daños por frío intervienen factores genéticos, fisiológicos, bioquímicos y condiciones térmicas del cultivo (Bramlage, 1982; Watada, 1982; Luchsinger y Artés, 2000).

Según Artés (2001), la temperatura crítica a la que aparecen los daños por frío depende el producto, siendo de  $-0,5$  a  $4$  °C para los pocos sensibles, de  $4$  a  $7$  °C para algunas especies de clima templado y de  $8$  hasta  $15$  e incluso  $20$  °C para los tropicales y subtropicales más sensibles. Aquellas frutas que pueden almacenarse sin alteraciones a temperaturas próximas al punto de congelación se conocen como frutas y hortalizas resistentes al frío; aquellos que se alteran entre  $2$  y  $7$  °C son los moderadamente sensibles, mientras que los muy sensibles son aquellos que no soportan temperaturas por debajo de  $15$  a  $20$  °C.

El chayote es un fruto subtropical y que por tanto no soportará bien las bajas temperaturas por daños por frío. Encontrar la temperatura de equilibrio entre la prolongación de la vida útil y la no aparición de los daños por frío resulta necesario.

El chayote es una fruta muy perecedera porque alrededor del  $95$  % de su peso fresco es agua, es por eso, que un proceso de conservación adecuado para el

chayote es el de secado y posterior rehidratación, concretamente, el secado convectivo por su fácil funcionamiento, así como la sencilla manipulación que se debe tener con las muestras a tratar (Álvarez-Morales et al., 2018).



## 2. OBJETIVOS.

El objetivo principal del presente trabajo fin de grado es estudiar la aptitud a la conservación frigorífica de chayote ecológico cultivado en el municipio de Orihuela (Alicante).

Para alcanzar este objetivo principal se marcan varios subobjetivos:

1. Análisis del cultivo ecológico de chayote en Orihuela
2. Estudiar diferentes condiciones de conservación frigorífica para prolongar la vida útil del chayote ecológico

## 3. MATERIAL Y MÉTODOS.

### 3.1. Material vegetal.

Los chayotes de la variedad '*virens levis*' fueron adquiridos en noviembre de 2019 en un establecimiento comercial de alimentos mesoamericanos en Madrid. Fueron trasladados a las instalaciones del Departamento de Tecnología Agroalimentaria donde se colocaron en maceta de turba semienterrados en invernadero.

#### 3.1.1. Condiciones del cultivo

En enero de 2020 se produjo la germinación y durante los meses posteriores fue desarrollándose el tallo y las raíces.

En abril de 2020 se trasladó a una parcela comercial ubicada en la pedanía de La Matanza (Orihuela) donde se realizó el cultivo de la planta siguiendo las directrices de agricultura ecológica.

Se probaron dos sistemas de cultivo, al aire libre y forzado dentro de un umbráculo de malla antitrip y con la parte superior protegida con malla de sombreo. En ambos sistemas se utilizó riego localizado, con una dotación de un gotero de 4 litros/hora por planta. Además, en el umbráculo se colocó en la parte superior un microaspersor que producía un efecto lluvia sobre las plantas. Se instalaron 5 plantas al aire libre y 5 plantas en el umbráculo. El resto de la superficie de cultivo fue dedicada a otras hortalizas y cultivos frutales.

La dotación de riego fue incrementándose desde los meses de primavera hasta el mes de julio y fue disminuyendo durante el resto de los meses hasta fin de año. La cantidad total de agua aportada por superficie fue de 3000 m<sup>3</sup>/Ha.

El suelo es de tipo franco-arcilloso, se realizó anterior a la plantación un abonado de fondo basado en compost de estiércol ecológico de oveja a razón de 5000 kg/Ha. A lo largo del cultivo mediante fertirrigación se aplicó un abono orgánico líquido con una riqueza de 2-0-5 NPK y con una cantidad total de 100 L/Ha.

El manejo fitosanitario consistió en pases quincenales alternativos de azadiractina y *Bacillus thuringensis* para combatir insectos masticadores y chupadores desde los meses de abril a agosto. No se apreció ninguna otra plaga ni enfermedad criptogámica durante la etapa de cultivo.

### 3.2. Diseño experimental.

El día 9 de noviembre 2020 se realizó la primera recolección de los frutos. Una selección de chayotes de esta primera recolección, de tamaño homogéneo y sin daños aparentes, se trasladaron a los laboratorios del edificio Oriol del Departamento de Tecnología Agroalimentaria en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, UMH.

En la parcela se cuantificó la producción de esta primera recolección y se mantuvo sin recolectar aquellos frutos que no habían alcanzado todavía el tamaño comercial esperando posteriores recolecciones escalonadas.

La selección de chayotes que se llevaron a las instalaciones de UMH, se clasificaron formando lotes para su estudio de conservación. El primer día se realizaron determinaciones analíticas para caracterizar el fruto en su momento de recolección, denominado Día 0.

Se realizaron 3 estudios de conservación, el primero fue a 20 °C durante 25 días en 3 lotes de 5 frutos. Los otros dos estudios fueron a 10 °C y 2 °C con 7 lotes de 5 frutos cada uno para evaluar su vida útil a lo largo de 84 días y se muestrearon cada 21 días, es decir se realizó el muestreo del día 0, muestreo 1 (21 días), muestreo 2 (42 días), muestreo 3 (63 días) y muestreo 4 (84 días).

Las determinaciones analíticas realizadas consistieron en Contenido de humedad y polifenoles totales solo para los chayotes del día 0. En el estudio a 20 °C pérdidas de peso y actividad respiratoria. Por último, en los estudios a 10 °C y 2 °C pérdidas de peso tasa de respiración, índice de color, textura por deformación, contenido en sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable (AT).

### 3.3. Métodos analíticos.

#### 3.3.1. Polifenoles totales.

En un tubo de centrífuga se pesaron 2 g de pulpa homogeneizada y se añadieron 20 mL de una disolución con agua: metanol (2:8) que contenía fluoruro de sodio 2 mM (para inactivar a la enzima polifenoloxidasas y así prevenir la degradación fenólica). Se homogeneizó con un Polytron (IKA T18 basic, Ultraturrax) durante 30 segundos y se centrifugó a 10.000 x g en una centrífuga C30P (B. Braun Biotech international) durante 12 minutos a 4 °C.

Al sobrenadante se realizó la determinación del contenido en fenoles totales utilizando el reactivo Folin-Ciocalteu, basado en una reacción de óxido-reducción que causa la aparición de una coloración azulada que puede ser medida espectrofotométricamente. En un tubo de ensayo de vidrio se añadieron 500 µL de extracto y 2.5 mL del reactivo Folin diluido 1:10. Se agitó durante 10 segundos en un vortex (IKA) y se dejó reposar durante 2 minutos a temperatura ambiente. Luego, se añadieron 2 mL de carbonato sódico (75 g/ L) y se agitó durante otros 10 segundos. Finalmente, los tubos de ensayo se introdujeron en un baño a 50 °C durante 5 minutos.

La lectura de las muestras se realizó con un espectrofotómetro UV-1700 Pharma Spec (Shimadzu), midiendo la absorbancia a 760 nm. Se cuantificó en base a una recta patrón con ácido gálico, expresando los resultados como mg de ácido gálico equivalentes (GAE) en 100 g<sup>-1</sup> de peso fresco, y los datos fueron la media ± ES de tres determinaciones.

#### 3.3.2. Humedad y cenizas.

Para la determinación de la humedad se pesaron 10 gramos de muestra del día 0 con una balanza de precisión (la medición se realizó por triplicado). A continuación, se puso en la estufa a 105 °C durante 72 horas, trascurrido este tiempo se volvieron a pesar y se calculó el % de humedad.

El contenido de cenizas se calculó llevando muestra deshidratada a una mufla y sometiendo las muestras a una rampa de calentamiento hasta los 450 °C en 24 h.

### 3.3.3. Imágenes.

Tanto frutos enteros como mitades se fotografiaron en cada muestreo, utilizando una caja de luz y una cámara Nikon D3400 (Nikon Corporation), punto f/20, tiempo de exposición 1/6 s, velocidad ISO-100, distancia focal 22 mm y longitud focal 33 mm. La resolución de las fotografías es 300 ppm con dimensiones 4000x6000 píxeles.

### 3.3.4. Índice de color.

El color externo se realizó midiendo en 3 puntos equidistantes de la piel en el perímetro ecuatorial del fruto, el color interno se midió en 2 puntos de cada una de las mitades en la parte de la pulpa. Se realizó utilizando un colorímetro triestímulo Minolta (CRC 200, Minolta Camera Co., Japon), usando el sistema de coordenadas CIELab ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  y Hue).

Este es un sistema de medida que más se acerca a la percepción humana del color y cuyo análisis permite distinguir la luminosidad que ronda entre 100 para el blanco y 0 para el negro, y la cromaticidad (tono y croma), que se indica con los parámetros  $a^*$  y  $b^*$  conjuntamente.

Los datos son el resultado de la media  $\pm$  ES de 5 frutos de cada lote.

### 3.3.5. Tasa de respiración.

La determinación de la tasa de respiración se realizó utilizando el sistema propuesto por Kader (1995), que consiste en encerrar un producto en un recipiente hermético durante un determinado tiempo.

Se llevó a cabo la determinación encerrando cada uno de los frutos en un frasco de vidrio de 0,5 L durante 1 hora. La tapadera del frasco llevaba una válvula de material elástico que permitía tomar una muestra del aire con jeringas de 1 mL.

La producción de CO<sub>2</sub> se determinó usando un cromatógrafo de gases Shimadzu 14B-GC acoplado a un detector de conductividad térmica (TCD) y una columna CTR I (ALLTECH).

Las condiciones de trabajo que se llevaron a cabo durante la determinación fueron: temperatura del horno 35 °C, temperatura del inyector 120 °C, temperatura del detector 120 °C y el flujo de la fase móvil (Helio) de 65 mL/min.

Antes de comenzar a tomar las muestras de los distintos frascos herméticos, se calibró con una muestra de aire atmosférico a concentración de CO<sub>2</sub> de 0,036 %.

El CO<sub>2</sub> producido se calculó mediante la siguiente fórmula, teniendo en cuenta el peso del fruto, el volumen del recipiente y el tiempo que permaneció en el recipiente.

$$\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1} = (V \cdot P) \times (0,687 \times A_{\text{CO}_2} \times 60 \text{ A patrón} \times P \times T)$$

Los resultados para la tasa de respiración fueron la media  $\pm$  ES de 5 frutos de cada lote, y se expresaron como mg de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

### 3.3.6. Pérdidas de peso.

La determinación del peso se realizó mediante una balanza Radwag WLC 2/A2 (Radwag wagi Elektroniczne) con 2 cifras decimales de precisión y se expresó en gramos.

Una vez que se obtuvo el porcentaje de pérdida de peso de cada lote con respecto al peso inicial, los resultados son la media  $\pm$  ES de 5 frutos por cada lote.

### 3.3.7. Textura por deformación.

La firmeza se determinó utilizando el texturómetro TA-XT2i (Stable Microsystems, Godalming, UK) acoplado a una sonda que presenta una placa con un disco de acero plano.

Para determinar la firmeza del fruto, el disco de acero de la sonda aplica una fuerza constante sobre la superficie del fruto hasta producirle una deformación del 5 % respecto a su diámetro ecuatorial. Los resultados se expresan en  $\text{N mm}^{-1}$ . Los datos son el resultado de la media  $\pm$  ES de 5 frutos de cada lote.

### 3.3.8. Contenido en sólidos solubles totales (SST).

Los sólidos solubles totales (SST) se midieron mediante el refractómetro por duplicado del zumo recién exprimido y filtrado a través de una gasa. Para ello se empleó el refractómetro digital Hanna HI96801 (Hanna Instruments, Rhode Island, EEUU), calibrado previamente con agua destilada y realizando lecturas a 20 °C. Esta técnica se basa en los distintos índices de refracción que presentan dos medios con unas sustancias disueltas diferentes, el zumo y el agua destilada. Los resultados se expresaron como g equivalentes de sacarosa en 100 g-1 de peso fresco. Los datos son el resultado de la media  $\pm$  ES de 5 frutos de cada lote.

### 3.3.9. Acidez titulable (AT).

La acidez total (AT) se determinó por duplicado en el mismo zumo mediante valoración potenciométrica automática con un equipo 785 DMP Tritino (Metrohm) de sensibilidad de  $\pm 0,01$  pH. Se valoró 0,5 mL de zumo diluido en 25 mL de agua destilada, añadiendo NaOH 0,1 N hasta alcanzar el pH = 8,1 (AOAC, 1990). Los resultados se expresaron como g de ácido equivalentes a 100

$g^{-1}$  de peso fresco, y son la media  $\pm$  ES de las determinaciones realizadas en los frutos de cada lote.

### 3.3.10. Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante el software IBM SPSS Statistics versión 20. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) unidireccional para identificar diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) mediante una comparación de medias para los distintos subconjuntos o tratamientos, utilizando el test Tukey.



#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

##### 4.1. Productividad del cultivo.

Las 5 plantas cultivadas en exterior no sobrevivieron a las altas temperaturas y baja humedad relativa de los meses de verano. Todas las plantas colapsaron y murieron a lo largo de julio de 2020.

Sin embargo, el cultivo en umbráculo protegió a las plantas de la fuerte irradiación consiguiendo temperaturas y humedades relativas tolerantes para la planta del chayote.

El crecimiento de los frutos no fue totalmente homogéneo, existiendo una parte de la producción más adelantada que otra. Esto se debió a que la floración se fue produciendo durante más de 30 días, concretamente, desde finales de septiembre y durante octubre de 2020. La recolección se realizó en 2 veces, el 9 de noviembre de 2020 se produjo la primera recolección con un peso promedio por planta de  $90 \pm 6$  kg, posteriormente el 20 de diciembre de 2020 se recolectaron  $80 \pm 9$  kg, dejando en las plantas  $5 \pm 2$  kg de pequeño tamaño que se dejaron en la planta hasta que se produjo la escisión a lo largo del mes de enero. Los experimentos de conservación postcosecha se realizaron con los frutos de la primera recolección.

Es preciso indicar, que una vez terminado el cultivo las plantas no se arrancaron del terreno, si no que se cortó la parte aérea, es decir todo el sistema de tallos enredadera. Se ha podido comprobar que la planta vuelve a retallar a los pocos meses iniciando un nuevo ciclo vegetativo. Este proceso se ha realizado durante un segundo cultivo y recolección en diciembre de 2021 y un tercer cultivo y recolección en diciembre de 2022. Sin embargo, aunque la calidad de los frutos ha sido adecuada la cantidad de kg obtenidos ha sido significativamente inferior, alcanzando unos 40-50 kg por planta y año.

Siendo la producción comercial total por planta de 170 kg, el marco de plantación 5x5 m, y por tanto ocupando una superficie de 25 m<sup>2</sup> cada planta, se puede extrapolar a una producción de 68.000 kg/Ha lo que representa una cantidad muy similar a la referenciada en la bibliografía comentada en el capítulo de producción de la introducción.

Este dato de productividad resulta muy interesante, sumado al hecho de haberse realizado mediante manejo ecológico, lo que conlleva un precio de mercado superior al convencional, por lo que se puede asumir que el cultivo del chayote en el sureste español mediante técnicas de protección en umbráculo y en manejo ecológico podría ser viable agronómicamente.

#### 4.2. Caracterización del chayote en su momento de recolección

Tabla 6. Caracterización del chayote en su momento de recolección.

		Error Estándar
PESO (g)	424,17	8,63
TEXTURA (N/mm)	46,90	4,20
HUMEDAD (%)	92,34	0,18
MATERIA SECA (%)	7,66	0,18
CENIZAS (%) en peso seco	6,02	0,06
POLIFENOLES (mg eq. Ác. Gálico 100 g <sup>-1</sup> p.f.)	22,39	0,23
COLOR EXTERNO L*	71,71	0,36
COLOR EXTERNO a*	-1,60	0,27
COLOR EXTERNO b*	19,86	0,49
COLOR EXTERNO Chroma	19,94	0,50
COLOR EXTERNO Hue	94,57	0,74
COLOR INTERNO L*	74,76	1,09
COLOR INTERNO a*	-0,28	0,12
COLOR INTERNO b*	7,52	0,11
COLOR INTERNO Chroma	7,53	0,12
COLOR INTERNO Hue	92,13	0,89
CO <sub>2</sub> (mg CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	263,33	9,67
ACIDEZ (g eq. Ác. Cítrico 100 g <sup>-1</sup> p.f.)	0,09	0,00
SÓLIDOS SOLUBLES (%)	4,69	0,18

#### 4.3. Imágenes



Figura 9. Chayotes en el momento de recolección.



Figura 10. Corte longitudinal del chayote en el momento de la recolección.

En el día de recolección (M0) los frutos no presentaban ningún defecto. El fruto muestra una piel amarilla oscura sin manchas. En su interior la pulpa es blanca y brillante, y se observa perfectamente la semilla de gran tamaño de un color más oscuro.



Figura 11. Chayotes tras 21 días de almacenamiento a 2 °C.



Figura 12. Chayotes tras 21 días de almacenamiento a 10 °C.



Figura 13. Corte longitudinal de un chayote tras 21 días de almacenamiento a 10 °C.

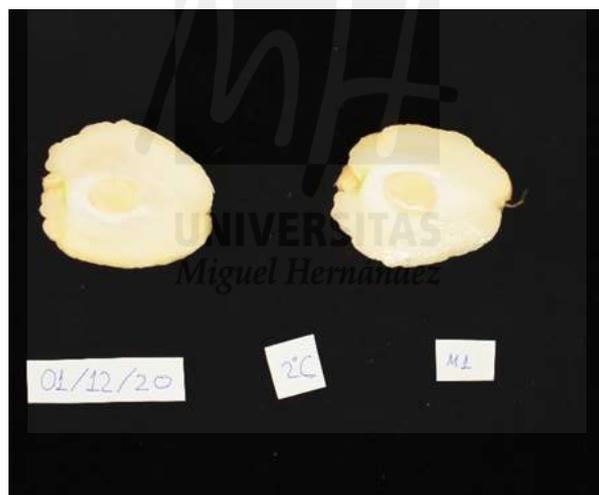


Figura 14. Corte longitudinal de un chayote tras 21 días de almacenamiento a 2 °C.

Tras 22 días de almacenamiento (M1) a temperatura 10 °C y 2 °C no podemos observar diferencias muy notables entre las dos temperaturas. El fruto sigue presentando una piel color amarillo oscuro con algunas manchas color pardo. La pulpa, sin embargo, sigue manteniendo su color blanco brillante.



Figura 15. Chayotes tras 42 días de almacenamiento a 2 °C.



Figura 16. Chayotes tras 42 días de almacenamiento a 10 °C.



Figura 17. Corte longitudinal de un chayote tras 42 días de almacenamiento a 2 °C.



Figura 18. Corte longitudinal de un chayote tras 42 días de almacenamiento a 10 °C.

Las diferencias más destacadas las observamos tras 42 días de almacenamiento (M2), la evolución de los frutos conservados a 10 °C visualmente es mejor que la

de los frutos conservados a 2 °C, se pueden apreciar daños por frío en la epidermis (manchas de color pardo), además del oscurecimiento. Sin embargo, este oscurecimiento en los conservados a 10 °C las manchas son de menor intensidad.

Respecto al interior de los frutos, aquellos conservados a 10 °C no presentan ningún daño por frío mientras que aquellos conservados a 2 °C presentan una tonalidad bastante oscura en la pulpa.



Figura 19. Chayotes tras 63 días de almacenamiento a 10 °C.



Figura 20. Chayotes tras 63 días de almacenamiento a 2 °C.



Figura 21. Corte longitudinal de un chayote tras 63 días de almacenamiento a 10 °C.



Figura 22. Corte longitudinal de un chayote tras 63 días de almacenamiento a 2 °C.

Pasados 63 días de almacenamiento, se puede observar que en los frutos almacenados a 10 °C hay manchas de color pardo ocasionadas por los daños

por frío en la superficie externa, aunque son menores que a 2 °C. Internamente, siguen sin presentar ningún daño a 10 °C, se puede apreciar el color blanco brillante de la pulpa. Sin embargo, los frutos almacenados a 2°C, los daños por frío han evolucionado en podredumbre. Estos frutos son rechazados.



Figura 23. Chayotes tras 84 días de almacenamiento a 10 °C.



Figura 24. Corte longitudinal de un chayote tras 84 días de almacenamiento a 10 °C.

Finalmente, los frutos almacenados a 10 °C, tras 84 días de almacenamiento, ya no son comercialmente aptos porque han perdido su aspecto externo, como se puede observar en la imagen, germinaron. Internamente, al presentar un buen aspecto se podrían destinar a industria.

#### 4.4. Parámetros de color.

##### 4.4.1. Parámetros de color externo.

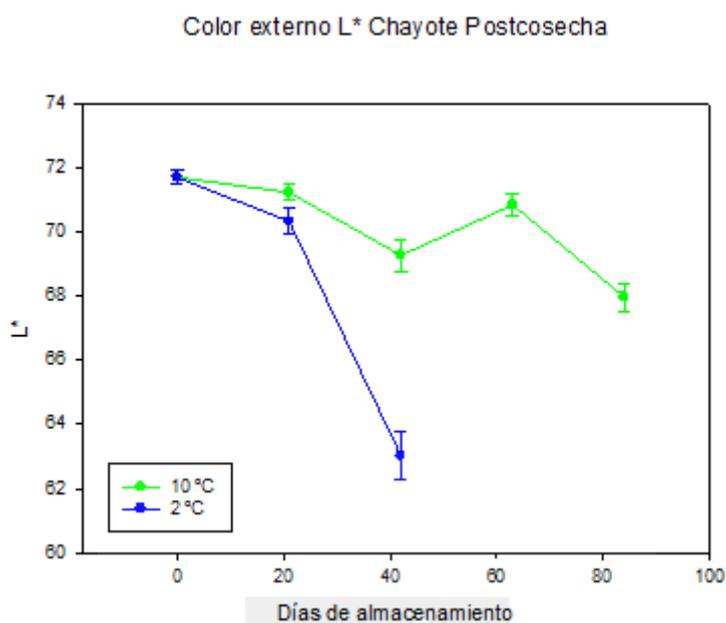


Figura 25. Color externo L\* del chayote postcosecha almacenado a 10 y 2 °C.

La luminosidad externa el día 0 para ambas temperaturas tiene un valor de  $71,71 \pm 0,20$ . Posteriormente, desde el día 22 hasta el día 42 de almacenamiento, la conservación a 2 °C tiene un decrecimiento destacable desde un valor de  $70,33 \pm 0,40$  hasta un valor de  $63,03 \pm 0,75$ ; sin embargo, la luminosidad externa en la conservación a 10 °C se mantiene sin decrecimientos tan destacados ya que desde el día 22 hasta el día 84, cambia de un valor de  $71,24 \pm 0,24$  a  $67,98 \pm 0,44$  respectivamente.

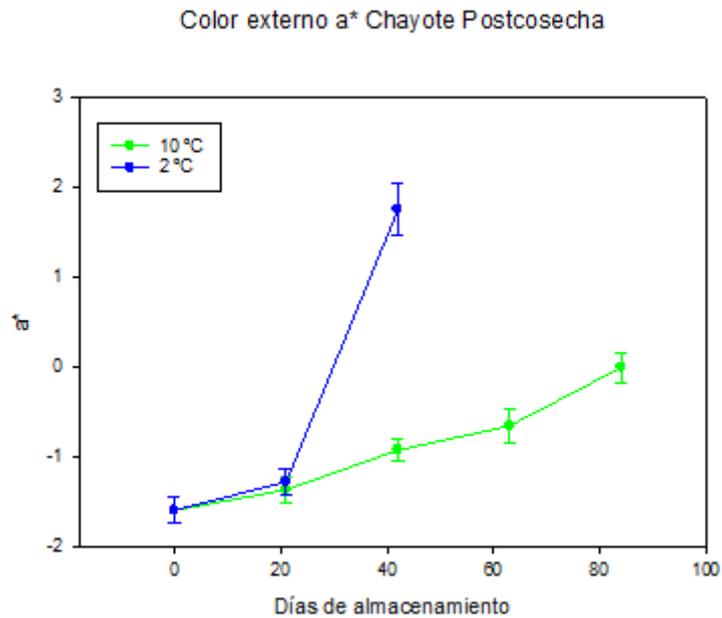


Figura 26. Color externo a\* del chayote postcosecha almacenado a 10 y 2 °C.

El color externo a\* tiene un crecimiento para ambas temperaturas de conservación. El día 0 presenta un valor de  $-1,60 \pm 0,20$  para ambas temperaturas. A partir del día 22 hasta el día 42, en la temperatura de 2 °C se produce un cambio brusco de pendiente desde un valor de  $-1,28 \pm 0,14$  hasta  $1,75 \pm 0,29$ ; mientras que para la temperatura de 10°C, se presenta un crecimiento lineal sin cambios de pendientes destacables hasta el final del almacenamiento (día 84).

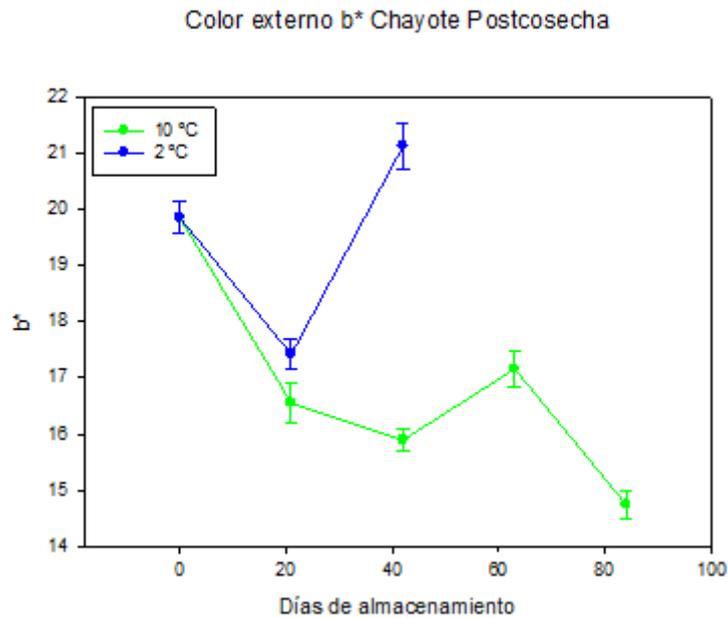


Figura 27. Color externo b\* del chayote postcosecha almacenado a 10 y 2 °C.

El color externo b\* tiene un valor inicial para ambas temperaturas de  $19,86 \pm 0,28$ , seguidamente, en los siguientes 22 días se produce un decrecimiento hasta alcanzar valores de  $17,42 \pm 0,27$  para 2 °C y  $16,55 \pm 0,37$  para 10 °C. A partir del día 22, en la conservación a 2 °C se produce un incremento hasta el final del almacenamiento (día 42) donde se alcanza un valor de  $21,13 \pm 0,40$ ; sin embargo, para la conservación a 10 °C se produce un decrecimiento hasta alcanzar un valor de  $14,74 \pm 0,24$  el último día de almacenamiento (día 84).

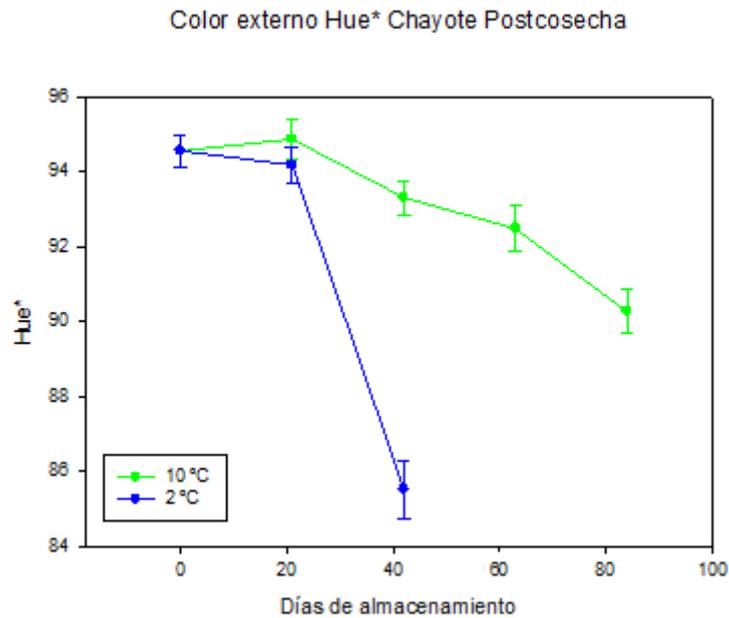


Figura 28. Color externo Hue\* del chayote postcosecha almacenado a 10 y 2 °C.

El color externo Hue\* presenta el día 0 para ambas temperaturas un valor de  $94,57 \pm 0,42$ . A partir del día 22 hasta el último día de almacenamiento (día 42), se produce un cambio brusco en la pendiente desde un valor de  $94,19 \pm 0,47$  a  $85,52 \pm 0,77$  para la temperatura a 2 °C. La conservación a 10 °C a partir del día 22 y hasta el final del almacenamiento tiene un decrecimiento lineal hasta finalmente alcanza un valor de  $90,27 \pm 0,60$  el día 84

#### 4.6.2. Parámetros de color interno

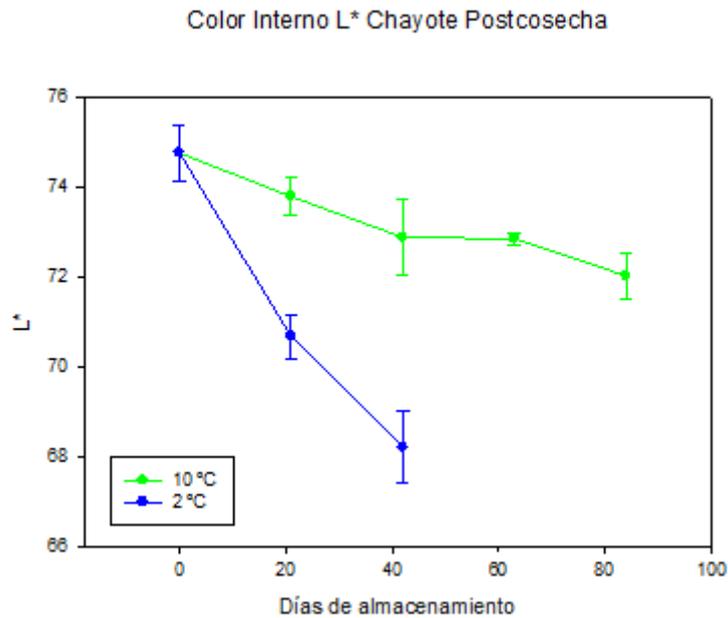


Figura 29. Color interno L\* del chayote postcosecha almacenado a 10 y 2 °C.

La luminosidad interna el día 0 para ambas temperaturas tiene un valor de  $74,76 \pm 0,62$ . Posteriormente, ambos gráficos presentan un decrecimiento lineal sin cambios en la pendiente hasta el fin del almacenamiento donde alcanzan valores de  $68,20 \pm 0,80$  para la conservación a 2 °C el día 42; mientras que para la conservación a 10 °C se alcanzan valores de  $72,02 \pm 0,52$  el día 84.

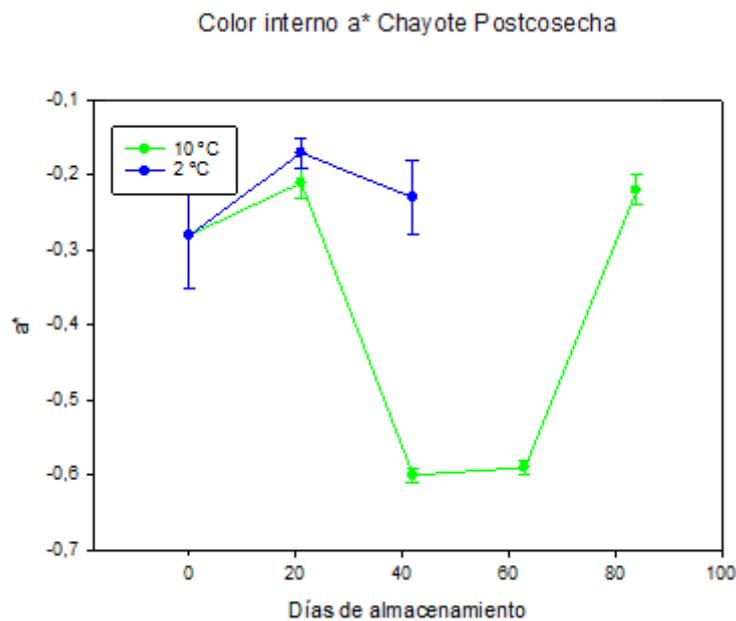


Figura 30. Color interno a\* del chayote postcosecha almacenado a 10 y 2 °C.

El color interno a\* presenta diferencias significativas entre las dos temperaturas de conservación. El día 0 presenta un valor de  $-0,28 \pm 0,07$  para ambas temperaturas donde hasta el día 22 se produce un pequeño crecimiento. A partir de día 22 y hasta el día 42 (fin del almacenamiento), en la temperatura de 2 °C hay un decrecimiento hasta alcanzar un valor de  $-0,23 \pm 0,05$ . Sin embargo, para la conservación a 10 °C, a partir del día 22 hasta el 42 se produce un cambio de pendiente destacable hasta alcanzar un valor de  $-0,60 \pm 0,01$  que se mantendrá estable para finalmente, a partir del día 66 hasta el final del almacenamiento (día 84) aumentar hasta llegar a alcanzar un valor de  $-0,22 \pm 0,02$ .

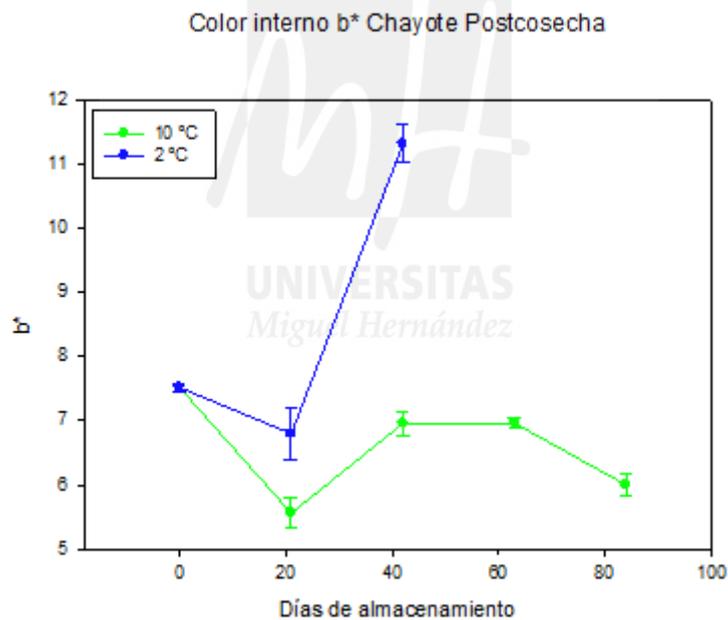


Figura 31. Color interno b\* del chayote postcosecha almacenado a 10 y 2 °C.

El color interno b\* tiene un valor inicial para ambas temperaturas de  $7,52 \pm 0,06$ , seguidamente, en los siguientes 22 días se produce un decrecimiento hasta alcanzar valores de  $6,80 \pm 0,41$  para 2 °C y  $5,56 \pm 0,24$  para 10 °C. A partir del día 22, en la conservación a 2°C se produce un incremento hasta el final del almacenamiento (día 42) donde se alcanza un valor de  $11,32 \pm 0,30$ ; sin

embargo, para la conservación a 10 °C se produce un incremento hasta alcanzar un valor de  $6,96\pm 0,18$ , que se mantiene estable hasta el día 66, a partir del cual se produce un decrecimiento hasta alcanzar un valor de  $6,00\pm 0,16$  el último día de almacenamiento (día 84)

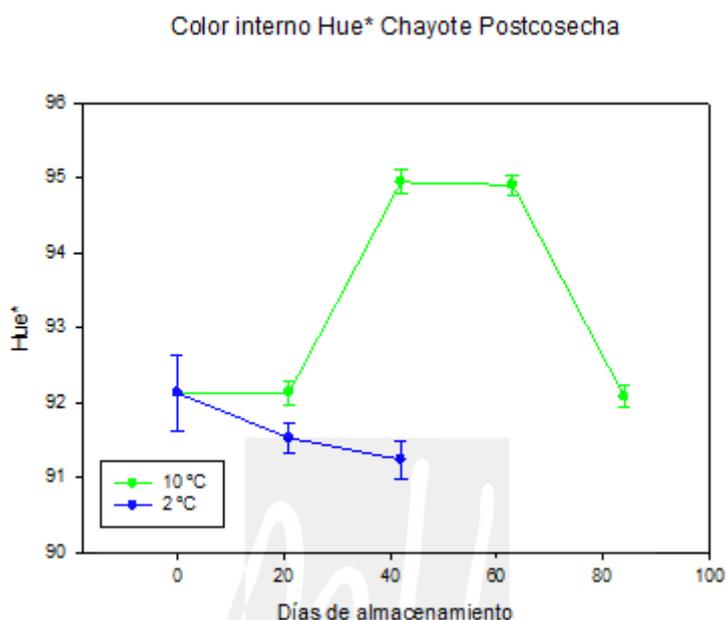


Figura 32. Color interno Hue\* del chayote postcosecha almacenado a 10 y 2 °C.

El color interno Hue\* presenta el día 0 para ambas temperaturas un valor de  $92,13\pm 0,50$ . Durante todo el almacenamiento a 2 °C, el color interno Hue\* presenta un decrecimiento lineal hasta alcanzar finalmente un valor de  $91,24\pm 0,25$ . A partir del día 22, el almacenamiento a 10 °C muestra un crecimiento destacable hasta alcanzar un valor de  $94,95\pm 0,16$  que se mantiene estable hasta el día 66 y que finalmente decrece de forma brusca hasta llegar a un valor de  $92,08\pm 0,15$  el día 84 (último día de almacenamiento).

En el estudio realizado por Cortés (2018) se evaluó el índice de color de los chayotes con diferentes tratamientos durante sus 32 días de almacenamiento a 7 °C donde el color se mantuvo constante después del día 8 y se pudo observar que fluctuaba entre los valores de -8,5 y -9,4, estos valores según Vignoni et al., (2006) indican que el chayote se mantuvo entre los colores del verde al verde

amarillento, por lo que el recubrimiento empleado en ese estudio no tuvo ningún efecto. Otro estudio (Fagundes et al., 2014) donde se usó HPMC-Cera de abeja como recubrimiento redujo la tasa de respiración del fruto lo que conllevó a un ligero aumento del color del fruto. Un resultado similar al primer estudio se pudo observar en el experimento realizado por (Li et al., 2018) quien aplicó cera comercial en piñas y no observó diferencias significativas con respecto al control.

#### 4.5. Tasa de respiración

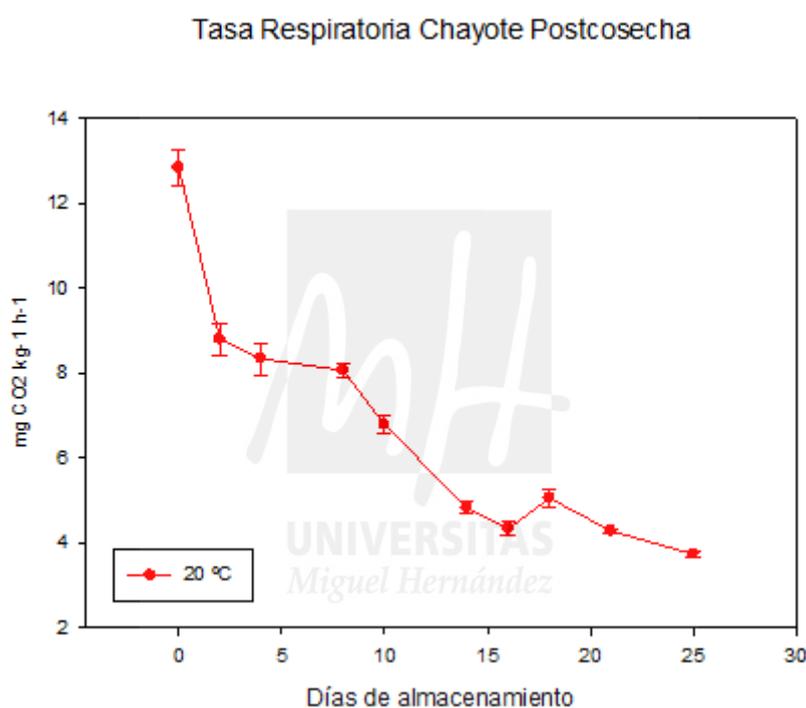


Figura 33. Tasa respiratoria del chayote almacenado a 20 °C.

La tasa respiratoria del chayote desde el día 0 hasta el día 25 presenta una tendencia decreciente, donde en el momento de la recolección (día 0) tiene una tasa respiratoria de  $12,84 \pm 0,42$  mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, su valor más alto. Seguidamente, presenta un descenso brusco hasta el día 2. Este comportamiento parece indicar que el fruto tenía una respiración elevada cuando estaba unido a la planta y una vez separado de ella reduce su respiración.

Desde el día 16 hasta el día 25 la tasa de respiración muestra un ligero descenso a lo largo de estos días, para alcanzar finalmente un valor de  $3,73 \pm 0,08 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

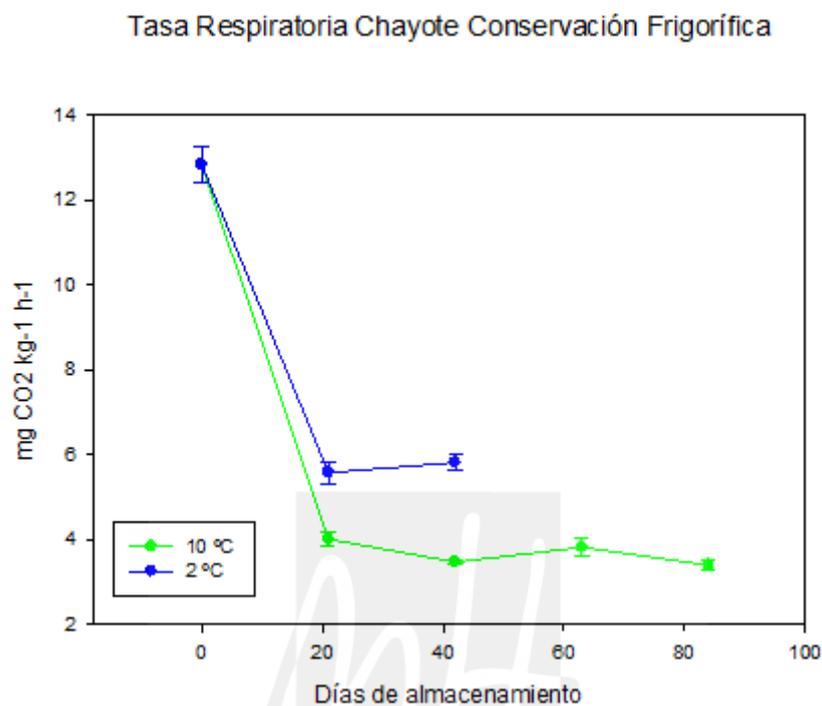


Figura 34. Tasa respiratoria de los chayotes almacenados a 2 y 10 °C

La tasa de respiración del chayote en el día 0 de almacenamiento para ambas temperaturas presenta un valor de  $12,84 \pm 0,42 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , seguidamente durante los siguientes 22 días hay un descenso brusco hasta valores de  $5,58 \pm 0,26 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  para la temperatura de 2 °C y  $4,01 \pm 0,16 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  para la de 10 °C. A partir del día 22 hasta el final del almacenamiento, día 42, para la conservación a 2 °C se alcanza un valor de  $5,82 \pm 0,17 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , mientras que el final del almacenamiento para 10 °C es el día 89 con una tasa de respiración de  $3,40 \pm 0,13 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

La tasa de respiración del chayote es más adecuada para la temperatura de 10 °C porque los valores se menores que para 2 °C, además de tener una duración de almacenamiento más larga.

En el caso de otras frutas como como el mango (Montoya et al., 2018), la banana (Bhande et al., 2008), manzana (Mahajan y Goswami 2001), brócoli

(Torrieri, Perone et al., 2010), piña (Benítez et al., 2012) han tenido un comportamiento distinto al chayote. En todas ellas se ha podido observar que, a más alta temperatura, mayor es la pendiente de la gráfica de respiración. La temperatura afecta a la velocidad de consumo de O<sub>2</sub> y producción de CO<sub>2</sub>, por ejemplo, en el mango, el valor de los gases inicial a 4 °C es de 12,5 mL kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, bastante inferior comparada con el valor de 27,4 mL kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> a 25 °C. Esto se debe a que la velocidad de las reacciones enzimáticas aumenta exponencialmente con el incremento de la temperatura (Lee et al., 1996; Agudelo et al., 2016). Las bajas temperaturas suelen disminuir por tanto la tasa de respiración, es decir, el consumo de O<sub>2</sub> y la producción de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, en el chayote se observó que tras 20 días de almacenamiento se obtuvieron valores de 5,58±0,26 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para la temperatura de 2 °C y 4,01±0,16 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para la de 10 °C, esto se entiende porque los frutos estaban desarrollando daños por frío y su metabolismo estaba estresado, estando los tejidos dañados y produciéndose una aceleración del metabolismo en perjuicio de su calidad.

Según indica Kader (1992), el chayote se clasifica como un fruto con una tasa de respiración muy baja, con valores de <5 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (1,389 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) a 5 °C. En un estudio realizado por Cortes (2018) los chayotes sin recubrimientos tuvieron una tasa de respiración de 0.007 a 0,144 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Estos datos están relativamente en sintonía con los obtenidos en este TFG.

#### 4.6. Pérdidas de peso.

Pérdida de Peso Chayote Postcosecha

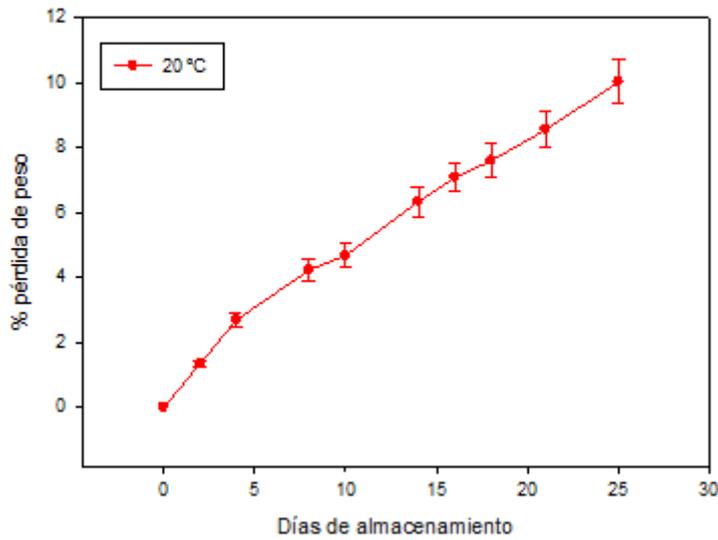


Figura 35. Pérdidas de peso del chayote almacenado a 20 °C.

La pérdida de peso tiende a la linealidad creciente desde el día 0 hasta el día 25, sin cambios en la pendiente. Presenta una mayor intensidad de la pérdida de peso en los primeros 4 días para después seguir aumentando, pero con una pendiente menor, alcanzando un  $10,01\% \pm 0,67$  de pérdida de peso el día 25 a 20 °C.



Pérdida de Peso Chayote Postcosecha

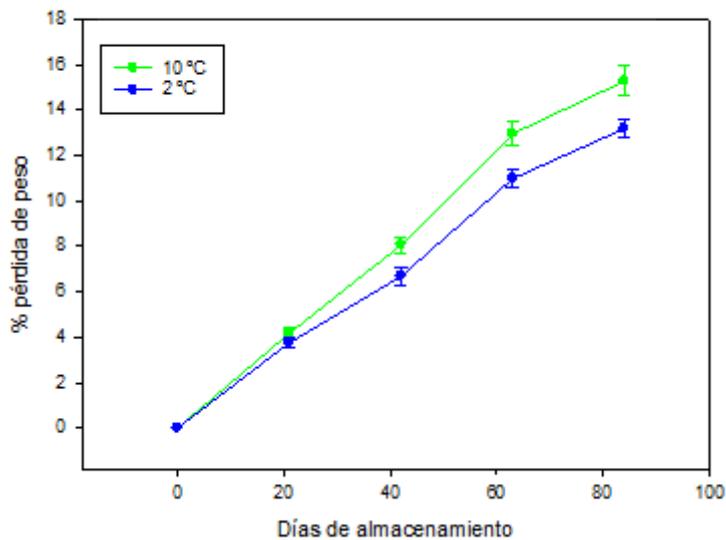


Figura 36. Pérdidas de peso del chayote almacenado a 2 y 10 °C.

La pérdida de peso a las temperaturas de 10 °C y 2 °C muestra una tendencia lineal ascendente, sin cambios en la pendiente. En el día 66 de almacenamiento, a ambas temperaturas, se presenta un crecimiento menos precipitado hasta el día 84 donde alcanzan  $15,38 \pm 15,28$  % de pérdidas de peso para la temperatura de 10 °C y un valor de 13 % a la temperatura de 2 °C.

La pendiente para la pérdida de peso de la temperatura de 10 °C es mayor que para la temperatura de 2 °C, indicando una mejor conservación del fruto a la temperatura de 10 °C que a 2 °C.

Este mismo comportamiento de una creciente y continua pérdida de peso se observó en el aguacate pero tuvo un ligero descenso a partir del día 10 (Márquez et al., 2014) y sus pérdida en 21 días de almacenamiento fueron de 22,6 %. Esto mismo ocurre con el chayote pero en el día 4 de almacenamiento a 20 °C, mientras que en almacenamiento a 2 °C y 10 °C este ligero descenso ocurre en el día 66 de almacenamiento. El chayote tuvo unas pérdidas de 4 % aproximadamente los primeros 20 días de su almacenamiento a 2 °C y 10 °C y de un 8 % en el caso de 20 °C. Otro estudio de Lallum et al., (2004), obtuvo unos valores más cercanos a los obtenidos al chayote donde para los aguacates almacenados a 20 °C y 95 % de humedad relativa, las pérdidas de peso fueron de 6,7 % en el día 12 de postcosecha.

En el estudio de Cortés (2018), aquellos chayotes almacenados durante 32 días a 7 °C presentaron un aumento de las pérdidas de peso conforme avanzaron los días de almacenamiento, teniendo un valor de 5,6 % de pérdidas de peso el día 24 de almacenamiento y de 7,3 % en el día 32 de almacenamiento. Este mismo comportamiento se ha podido observar con los chayotes almacenados a 2 y 10 °C donde en el día 22 de almacenamiento se obtuvo un valor de 2,5 % y 2,7 % respectivamente, así como en el día 42 se obtuvieron 6,2% y 8% para 2 y 10 °C respectivamente. Esto ocurrió porque aquellos chayotes conservados a más baja temperatura tuvieron pérdidas de peso menores.

El Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México (GISeM) (2011) realizó otro estudio donde reportó que la pérdida de peso de los chayotes frescos de la variedad *Virens levis* fluctuó entre el 8 y 10 % después de la cosecha.

#### 4.7. Textura por deformación.

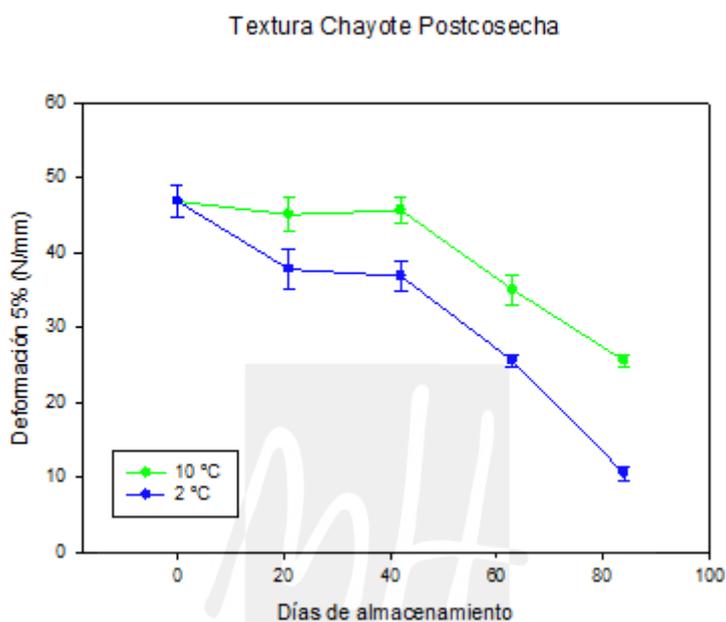


Figura 37. Textura del chayote almacenado a 2 y 10 °C.

La textura presenta un decrecimiento durante todo el periodo de almacenamiento, comenzando con un valor de 56 N/mm en el día 0 de almacenamiento para ambas temperaturas de refrigeración. En el día 40 de almacenamiento, la textura muestra un decrecimiento destacable en ambas temperaturas desde valores de 46 N mm<sup>-1</sup> para 10 °C y 37 N mm<sup>-1</sup> para 2 °C hasta alcanzar valores de 25 N mm<sup>-1</sup> para la temperatura de 10 °C y de 10 N mm<sup>-1</sup> para la conservación a 2 °C en el final del almacenamiento.

El estudio de García et al., (2014) señala que, en el caso de la batata, la textura en refrigeración tuvo un valor similar en el inicio y en el final indicando así que la batata se mantuvo fresca y turgente. En el chayote el decrecimiento que muestra

en ambas temperaturas de almacenamiento nos indica que la turgencia disminuyó conforme avanzaban los días de almacenamiento.

En un estudio con chayotes tratados con recubrimientos (Cortes, 2018) se obtuvo una firmeza constante durante todo el almacenamiento (32 días) a 7 °C. Mientras que otro estudio similar obtuvo resultados donde se observaron ligeros aumentos, en la cáscara por ejemplo de 12,7 a 13,5 N y en el caso de la pulpa de 10,7 a 11,8 N, esta pequeña diferencia entre ambos estudios a pesar de ser similares indica que la textura no solo depende del recubrimiento aplicado sino de otros factores como la variedad de chayote, el tiempo de almacenamiento o las condiciones climatológicas. (Aung et al. 1996).

#### 4.8. Contenido en sólidos solubles totales.

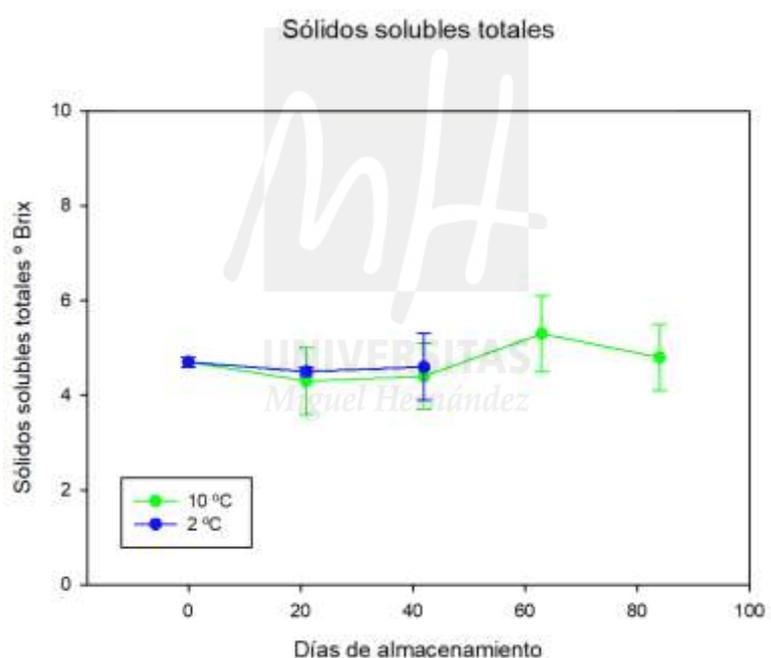


Figura 38. Contenido en sólidos solubles totales del chayote almacenado a 2 y 10 °C.

Los sólidos solubles totales en el día 0 de almacenamiento presentan un valor de  $4,7 \pm 0,1$  °Brix para ambas temperaturas de conservación. Los siguientes 42 días de almacenamiento muestran una tendencia similar en ambas temperaturas sin cambios destacables. Al día 42, la temperatura 2°C, finaliza su almacenamiento obteniendo un valor final de sólidos solubles totales de  $4,6 \pm 0,7$  °Brix. En la conservación a 10°C, a partir del día 40 hasta el final del almacenamiento (día

84) donde se alcanza un valor de  $4,8 \pm 0,7$  °Brix, solo se produce un pequeño incremento de los sólidos solubles totales el día 63, donde se alcanza un valor de  $5,3 \pm 0,8$  °Brix.

Un comportamiento similar ocurre en el aguacate (Márquez et al., 2014) donde desde el día 1 hasta el día 14 de almacenamiento alcanzando un valor de 2,45 °Brix, donde también ocurrió el pico máximo de producción de CO<sub>2</sub>, esto ocurrió posiblemente debido a la actividad metabólica de las alfa y beta amilasas que durante la maduración hidrolizan el almidón. Sin embargo, otro estudio (Schwartz et al. 2007) ha reportado 4,7 °Brix para aguacates en estado de madurez de consumo, un valor bastante similar a los sólidos solubles totales del chayote.

En otro estudio (Valenzuela, 2012) indica que la concentración de sólidos solubles totales en rábanos almacenados a 5 °C disminuyó debido al consumo de carbohidratos durante la respiración.

#### 4.9. Acidez titulable

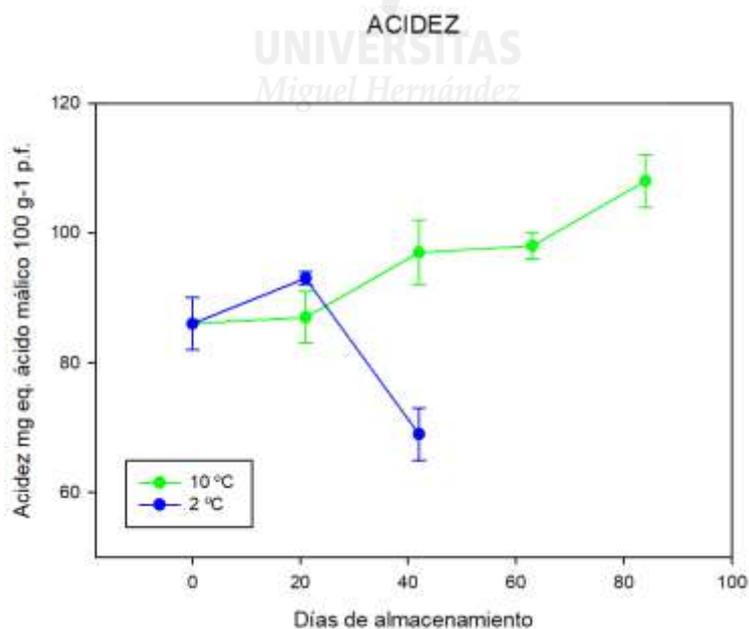


Figura 39. Acidez titulable del chayote almacenado a 2 y 10 °C.

La acidez en el día 0 de almacenamiento presenta un valor de  $86 \pm 0,4$  mg eq. ácido málico  $100 \text{ g}^{-1}$  p.f. A partir del día 21 hasta el final del almacenamiento (día 42), en la conservación a  $2^\circ\text{C}$  se muestra un decrecimiento destacable de la acidez hasta alcanzar un valor final de  $69 \pm 0,4$  mg eq. ácido málico  $100 \text{ g}^{-1}$  p.f. Sin embargo, la acidez de la conservación a  $10^\circ\text{C}$  presenta un crecimiento lineal, sin cambios destacables en la pendiente hasta finalmente alcanzar un valor de  $108 \pm 0,4$  mg eq. ácido málico  $100 \text{ g}^{-1}$  p.f. en el día 84.

En el estudio de Márquez et al (2014), los aguacates presentaron una disminución de la acidez, fenómeno que no ocurrió en el chayote debido a que en el almacenamiento a  $10^\circ\text{C}$  tuvo un crecimiento durante todo el almacenamiento, mientras que en el almacenamiento a  $2^\circ\text{C}$  tuvo un crecimiento y después un decrecimiento. Esto pudo ocurrir por las temperaturas de almacenamiento ya que los aguacates estuvieron almacenados a  $20^\circ\text{C}$  mientras que los chayotes estuvieron a  $2$  y  $10^\circ\text{C}$ .

Un estudio sobre la acidez en rábanos almacenados a  $5^\circ\text{C}$  nos indica que no hubo variaciones en su acidez durante el almacenamiento (Valenzuela, 2012), sin embargo en otro estudio con rábano rallado tratado con ácido cítrico hubo un aumento de la acidez, posiblemente por el consumo de este ácido durante las reacciones oxidativas con el paso del tiempo de almacenamiento (Saavedra del Águila et al., 2008).

El estudio con chayotes de Cortes (2018) nos indica que la acidez no varió y se mantuvo constante durante el almacenamiento con valores entre  $0,2$  y  $0,4\%$  coincidiendo con los resultados obtenidos por Li et al (2018). Bien es cierto que en estos estudios se usaron recubrimientos a base de lípidos que hicieron que se mantuviera la tasa de respiración limitando así el consumo excesivo de ácido cítrico durante la respiración.

## 5. CONCLUSIONES

1ª El cultivo al aire libre del chayote en Orihuela no es factible, puesto que las plantas no superan las condiciones ambientales del verano.

2ª El cultivo protegido del chayote en Orihuela es posible. En este TFG se ha demostrado gracias a la protección del cultivo dentro de umbráculo y con microaspersores.

3ª La producción de chayote ecológico en cultivo ecológico protegido en umbráculo obtiene rendimientos y calidad similares a los referenciados en los lugares clásicos de producción.

4ª Los chayotes recolectados y almacenados a 20 °C tienen una vida útil inferior a 25 días, debido a las importantes pérdidas de peso y al ablandamiento.

5ª Los chayotes almacenados a 2 °C presentan daños por frío y no se pueden conservar a esa temperatura más allá de 30 días sin mermar su calidad.

6ª Los chayotes almacenados a 10 °C mantuvieron su calidad durante 64 días. No presentaron daños por frío relevantes, sin cambios significativos en la piel y pulpa. Su vida útil en fresco puede estar garantizada hasta ese periodo de tiempo.

7ª A 10 °C el periodo de conservación se puede prolongar hasta 84 días, aunque se presentan pérdidas de peso, ablandamientos y ligeros pardeamientos externos. Sin embargo, la pulpa se mantiene en buenas condiciones. La calidad en estas condiciones no es apta para su comercialización en fresco, pero sí para su industrialización.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- × Agudelo, C.; Restrepo, C.; Zapata J. E. (2016). Respiration kinetic of mango (*Mangifera indica* L.) as function of storage temperature. Revista Facultad Nacional de Agronomía, La Plata, v.69, p. 7985-7995.
- × Álvarez-Morales, A., Luna-Solano, G., & Ramírez-Martínez, A. (2018). The drying and rehydration process of chayote (*Sechium edule*). In IDS 2018. 21st International Drying Symposium Proceedings (pp. 1107-1114). Editorial Universitat Politècnica de València.
- × Artés Calero, F., & Artés Hernández, F. D. A. (2002). Daños por frío en la postrecolección de frutas y hortalizas.
- × Artés, F. 2001. Conservación de productos hortofrutícolas en atmósferas controladas y modificadas. VII Curso Superior de Ingeniería y Aplicaciones del Frío en la Conservación de Vegetales. CTC, UPCT, CEBAS-CSIC. 28 pág.
- × Aung, L.H., Harris, C.M., Rij, R.E., Brown, J.W. (1996). Postharvest storage temperature and film wrap effects on quality of chayote, *Sechium edule* Sw. Journal of Horticultural Science, 71(2), 297-304.
- × Avendaño-Arrazate, C. H., Cadena-Iñiguez, J., Arevalo-Galarza, M. L. C., Campos-Rojas, E., Cisneros-Solano, V. M., & Aguirre-Medina, J. F. (2010). Las variedades del chayote mexicano, recurso ancestral con potencial de comercialización. México: Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México, AC.
- × Bancomext, SnC. (2004). Exportaciones de México al mercado hispano de e. u. periódico EL Financiero, México, d. F. Sección Economía, 8 de Junio, 2004. p. 18
- × Bhande, S.D.; Ravindra, M.R.; Goswami, T.K. (2008). Respiration rate of banana fruit under aerobic conditions at different storage temperature. Journal of Food Engineering, London, v.87, p.116-123.
- × Bramlage, W.J. (1982). Cl of crops of temperate origin. HortScience 17(2):165-168.
- × Brenes-Hine, A. (2002). proyecto: Conservación de germoplasma de chayote [*Sechium Edule* (Jacq.) Swartz] y tacaco [*Sechium Tacaco* (Pittier) C. Jeffrey] como una base de apoyo para el mejoramiento genético y la producción de semillas. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 18 p.

- × Booth, S., Bressani, R., & Johns, T. (1992). Nutrient content of selected indigenous leafy vegetable consumed by the Kekchi people of Alta Verapaz, Guatemala. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 25–34.
- × Cadena-Iñiguez, J. (2010). El chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw., importante recurso fitogenético mesoamericano. *Agro Productividad*, 3(2).
- × Cadena-Iñiguez, J. (2017). Variación morfológica a nivel inter e infraespecífico en *Sechium spp.* *Agro Productividad*, 10 (9).
- × Castillo Álvarez, J. (2018). Estudio y prospectiva del potencial comercial de productos con valor agregado a base de chayote para su internacionalización: El caso de la Asociación de Chayoteros del Yas de Cartago, Costa Rica.
- × Cerdas Núñez, M. M. (2020). Determinación del valor energético y las fracciones digeribles del almidón de tres variedades de chayote (*Sechium edule*) de cultivo y consumo usual en Costa Rica con diferentes grados de madurez y cocción.
- × Correa Chonillo, N. I., & Jara Cedeño, B. M. (2017). Elaboración de nuevas propuestas culinarias a base del chayote (*Sechium edule*) (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química).
- × Fagundes, C., Palou, L., Monteiro, A.R., Pérez-Gago. (2014). Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings on gray mold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 1-8.
- × Gamboa W. (2005). Producción agroecológica una opción para el desarrollo del cultivo del Chayote (*Sechium edule Jac Sw*), Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica, 219.
- × García, A., Pérez, M., & García, A. (2014). Evaluación del comportamiento postcosecha de la batata (*Ipomea batatas* (L) Lam) en condiciones de almacenamiento comercial. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 15(2), 177-186.
- × Gómez-López, V. M., Ragaert, P., Debevere, J. y Devlieghere, F. (2008). Decontamination methods to prolong the shelf-life of minimally processed vegetables, state-of-the-art. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(6), 487–95.

- × Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México (GISeM,). Rescatando y Aprovechando los Recursos Fitogenéticos de Mesoamérica Volumen 3: Chayote: Manejo Postcosecha. (2011). Colegio de Postgraduados, 1-17
- × Hidalgo, M.; Fechner, D.; Marchevsky, E. y Pellerano, R. (2016). Determining the geographical origin of *Sechium edule* fruits by multielement analysis and advanced chemometric techniques. *Food Chemistry* 210 (2016): 228-34.
- × Juárez, L.; Campos, G.; Avendaño, C.; Enríquez, J. y Villegas, Y. (2014). Conocimiento y comercialización de chayote (*Sechium edule (jacq.)sw.*) en los mercados de Valles Centrales de Oaxaca, México. *Revista Brasileira de Agroecología* 9 (3): 90-103.
- × Kader, A.A. (1992). *Biología y Tecnología de Postcosecha: Una Revisión General. Postharvest Technology of Horticultural Crops*, 311-324.
- × Kader, A. (2002). *Postharvest Biology and Technology: An Overview. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops. (Third Edition). Adel Kader (Ed). University of California, USA. Publication 3311. Pp 39-47.*
- × Lallum, N. 2004. Role of water loss in ripening of 'Hass' avocados. *New Zealand Avocado Growers Association Annual Research Report. 4: 70-79*
- × Lee, D.; Song, Y.; Yam, K. (1996). Application of an enzyme kinetics based respiration model to permeable system experiment of fresh produce. *Journal of Food Engineering, London, v.27, p.297-310.*
- × Li, X., Zhu, X., Wang, H., Lin, X., Lin, H., Chen, W. (2018). Postharvest application of wax controls pineapple fruit ripening and improves fruit quality. *Postharvest Biology and Technology*, 136, 99-110.
- × Losoya, X. (1980). Mexican medicinal plants used for treatment of cardiovascular diseases. *American Journal of Chinese Medicine*, 8, 86–95.
- × Luchsinger, L. y Artés, F. 2000. Alleviating chilling injuries in stone fruit. *En: Improving Postharvest Technologies for Fruits, Vegetables and Ornamentals. Edit. Intern. Institute of Refrigeration. Eds: F. Artés, M.I. Gil y M.A. Conesa. II: 474-479.*
- × Mahajan, P.; Goswami, T.K. (2001). Enzyme Kinetics Based Modelling of Respiration Rate for Apple. *Journal of Agricultural Engineering Research, London, v.79, p.399-406.*

- × Marín, I. L. L. (1992). Cultivo de chayote.
- × Márquez, C., Yepes, D., Sanchez, L., & Osorio, J. (2014). Cambios físico-químicos del aguacate (*Persea americana Mill. cv. "Hass"*) en poscosecha para dos municipios de Antioquia. *Temas agrarios*, 19(1), 32-47.
- × Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2016). Dirección Regional Central Oriental Agrocadena Chayote. Extraído el 7 de Marzo del 2016.
- × Montoya, J. E. Z., Cuartas, C. A., & Restrepo, C. (2018). Modelamiento de la respiración del mango (*Mangifera indica L.*) usando el método de sistema cerrado a diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40.
- × Ordóñez, A. A. L., Gomez, J. D., & Vattuone, M. A. (2006). Antioxidant activities of *Sechium edule (Jacq.) Swartz* extracts. *Food chemistry*, 97(3), 452-458.
- × Saade, R. L. (1996). Chayote (No. 635.63/S111). International Plant Genetic Resources Institute.
- × Saavedra del Aguila J., Sasaki F., Heiffiga L., Ortega E., Jacomino A., and Kluge R. 2006. Fresh-Cut Radish Using Different Cut Types and Storage Temperatures. *Postharvest Biology and Technology*. 40:149-154
- × SAGARPA. (2008). Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP, SIACON México.
- × Salama, A. M., Polo, N. A., Enrique, M., Contreras, C. R., & Maldonado, R. L. (1986). Preliminary phytochemical analysis and determination of the antiinflammatory and cardiac activities of the fruit of *Sechium edule*. *Revista Colombiana en Ciencias Química Farmaceuticas*, 15, 79-82
- × Sánchez Flores, E. M. (2021). Caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante e inhibitoria del chayote (*Sechium edule*) en conserva con salmuera (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química).
- × San Martín Romero, E. (2014). Identificación y patogenicidad del agente bacteriano causal de necrosis foliar del chayote (*Sechium edule Jacq Sw*).
- × Seibert, E., González, S., Luchsinger, L., Orellana, A., & Bender, R. J. (2006). Efecto del almacenaje refrigerado sobre la calidad y el desarrollo de daños por frío en duraznos' Sweet September'. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 7(2), 131-141.

- × Tapia, C., Moscoso, N., Vasco, C., & Valencia-Chamorro, S. (2015). Cambio metabólicos y fisiológicos en los productos de IV y V gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(1), 1-7.
- × Torrieri, E.; Perone, N.; Cavella, S.; Masi, P. (2010). Modelling the respiration rate of minimally processed broccoli (*Brassica rapa var. sylvestris*) for modified atmosphere package design. *Journal of Food Science and Technology*, Oxford, v.45, p.2186-2193.
- × Universidad Nacional de Costa Rica y Centro Internacional de Política Económica, 2010. Estudio para el Mejoramiento de la Competitividad y Sostenibilidad de la Agrocadena de Chayote.
- × Valenzuela Solorio, A. N. (2012). Poscosecha de rábano tratado con cubierta comestible y antioxidante quelatante.
- × Varela, R. G., Coronel, O. A. D. A., & GV, G. (2017). Chayote (*Sechium edule*) Phytochemical and pharmacological approaches. *Fruit Veg. Phytochem. Chem. Hum. Helath*, 2, 979-992.
- × Vásquez-Vargas, A. M. (2020). Diseño de un sistema de riego y fertirriego por goteo para chile dulce (*Capsicum annum*) y para un área experimental de chayote (*Sechium edule*) en Santiago, Paraíso, Cartago.
- × Vieira, E. F., Pinho, O., Ferreira, I. M., & Delerue-Matos, C. (2019). Chayote (*Sechium edule*): A review of nutritional composition, bioactivities and potential applications. *Food Chemistry*, 275, 557-568.
- × Vignoni, L.A., Césari, R.M., Forte, M., Mirábile, M.L. (2006). Determinación del Índice de Color en Ajo Picado. *Información Tecnológica*, 17(6), 63-67.
- × Wang, C.Y. (2000). Postharvest techniques for reducing low temperature injury in chilling-sensitive commodities. En: *Improving Postharvest Technologies for Fruits, Vegetables and Ornamentals*. Edit. Intern. Institute of Refrigeration. Eds: F. Artés, M.I. Gil y M.A. Conesa. II: 467-473.
- × Watada, A.E. 1982. Cl of horticultural crops: Introduction. *HortScience* 17(2):160.