



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**Desarrollo, caracterización y evaluación de películas comestibles con base de almidón de camote (*Ipomoea batatas*), sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente**

Chanataxi Rosales, Ángela Katherine

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

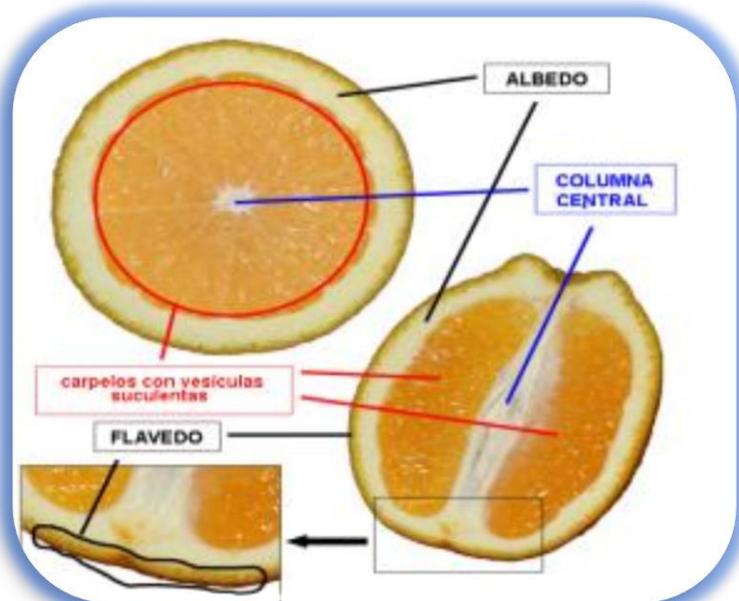
Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro, Mgtr.

15 de febrero del 2023



# ANTECEDENTES

El almidón es uno de los polímeros naturales más abundantes, es considerado como materia prima prometedora en la elaboración de películas comestibles con excelentes propiedades como barrera de oxígeno y transferencia de CO<sub>2</sub>, Doane, (2006)

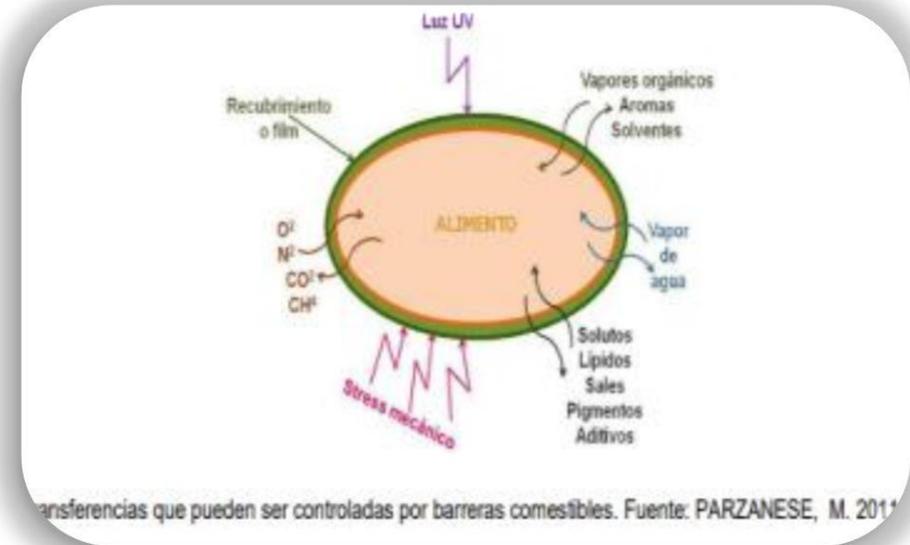


El albedo es una sustancia esponjosa y blanca que se encuentra entre los segmentos del fruto y el tejido de la cáscara, puede ser extraída de diferentes fuentes como los cítricos o las pasifloráceas, es empleado en la elaboración de películas, ya que posee propiedades gelificantes y de absorción, Matta & Berlotag (2019)

# JUSTIFICACIÓN

Solano, *et al.*, (2018), menciona que la producción de películas comestibles biodegradables es una de las formas de protección para los alimentos, aumentando la vida útil y conservando la calidad de los frutos.

Ancos, *et al.*, (2015) El empleo de películas actúan como barrera selectiva de gases, retardando el transporte de dióxido de carbono y oxígeno, reduciendo la pérdida de agua, procesos oxidativos, el crecimiento microbiológico.



El tomate es considerada una hortaliza muy perecedera, presenta un estado de maduración rápido y tiene un periodo de vida de 4 a 6 semanas, Deccoiberica, (2018).

# OBJETIVOS

## ***Objetivo general***

Desarrollar, caracterizar y evaluar películas comestibles a base de almidón de camote (*Ipomoea batatas*), sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente.

## ***Objetivos específicos***

- Obtener y adecuar el almidón de camote para la formulación de películas comestibles con 3 niveles diferentes de albedo cítrico deshidratado.
- Caracterizar las películas comestibles, su funcionalidad como barrera, biodegradabilidad y resistencia mecánica.
- Evaluar el efecto de las películas comestibles formuladas sobre la vida útil de tomate Cherry frente a film plástico para alimentos almacenado durante 12 días a condiciones ambientales.

# HIPÓTESIS

**H<sub>0</sub>:** El uso de películas comestibles con almidón de camote y tres niveles de albedo, no prolonga la vida útil del tomate Cherry, en forma estadísticamente significativa.

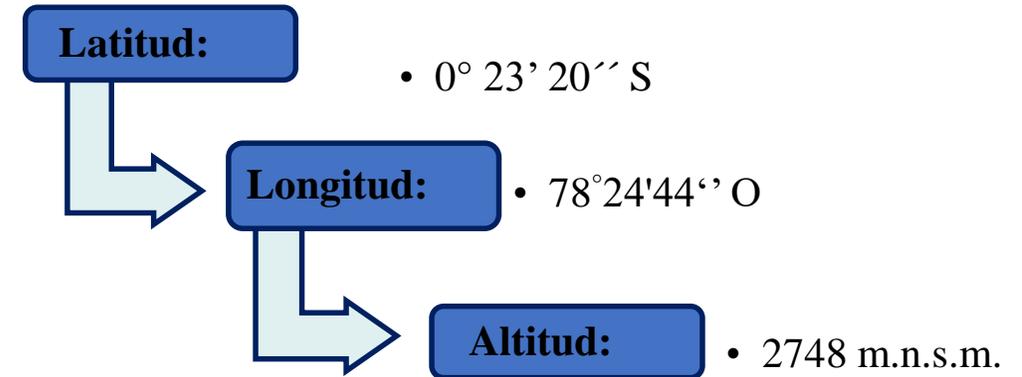
**H<sub>1</sub>** El uso de películas comestibles con almidón de camote y tres niveles de albedo, prolonga la vida útil del tomate Cherry, en forma estadísticamente significativa.

# METODOLOGÍA

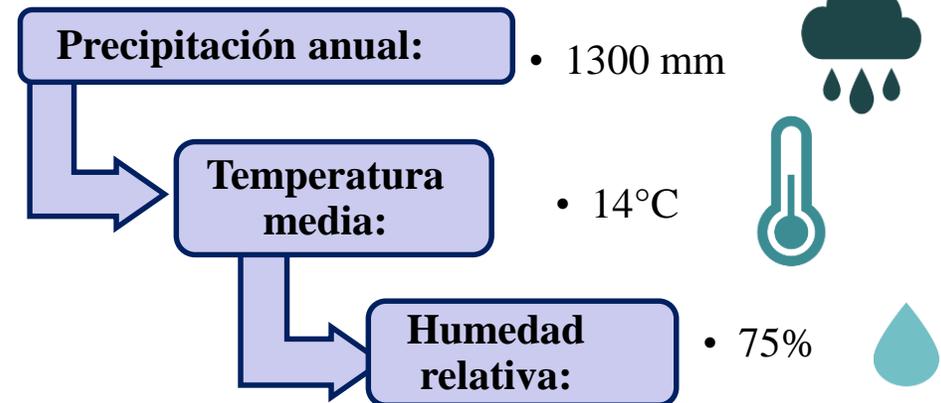
## Ubicación y característica del área de estudio



*Nota.* Representación de la ubicación geográfica donde se realizó la fase experimental del proyecto, adaptado de Google Earth, (2023).



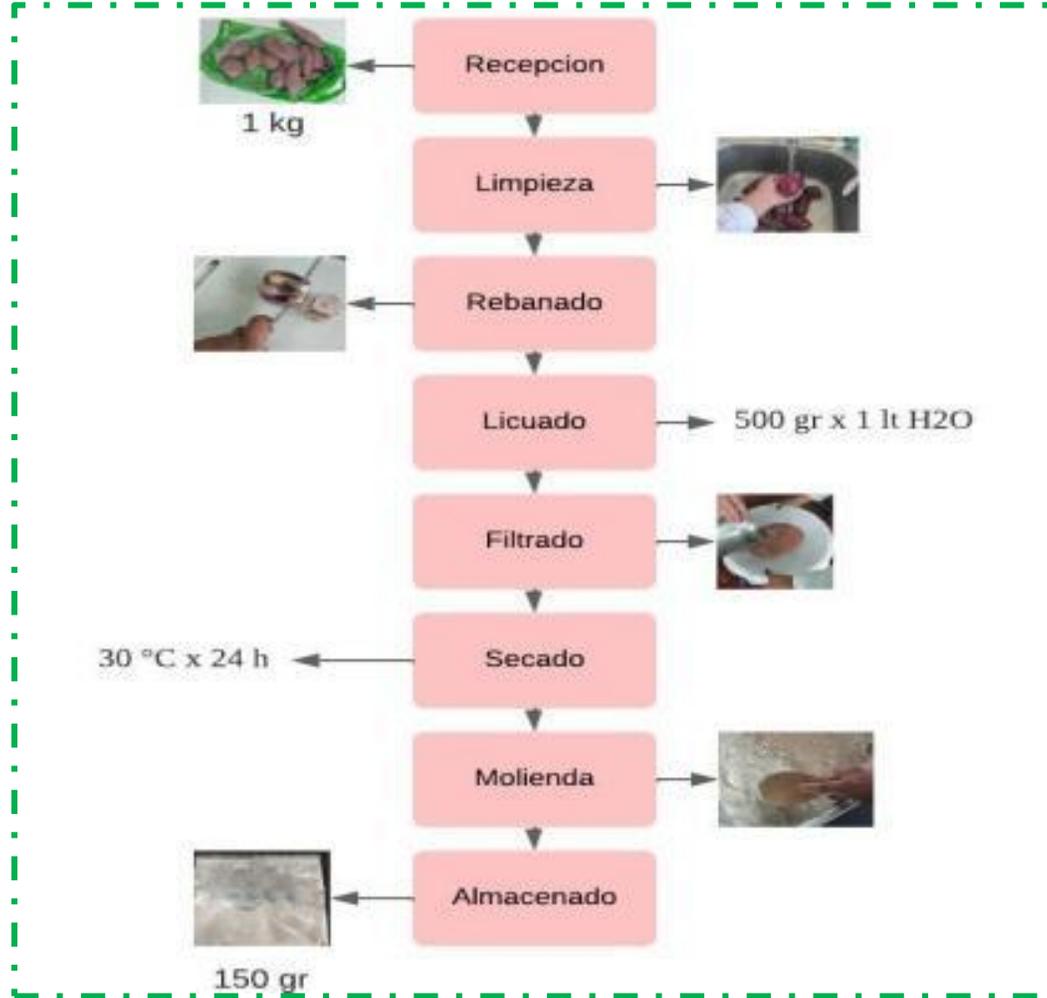
### Información ecológica



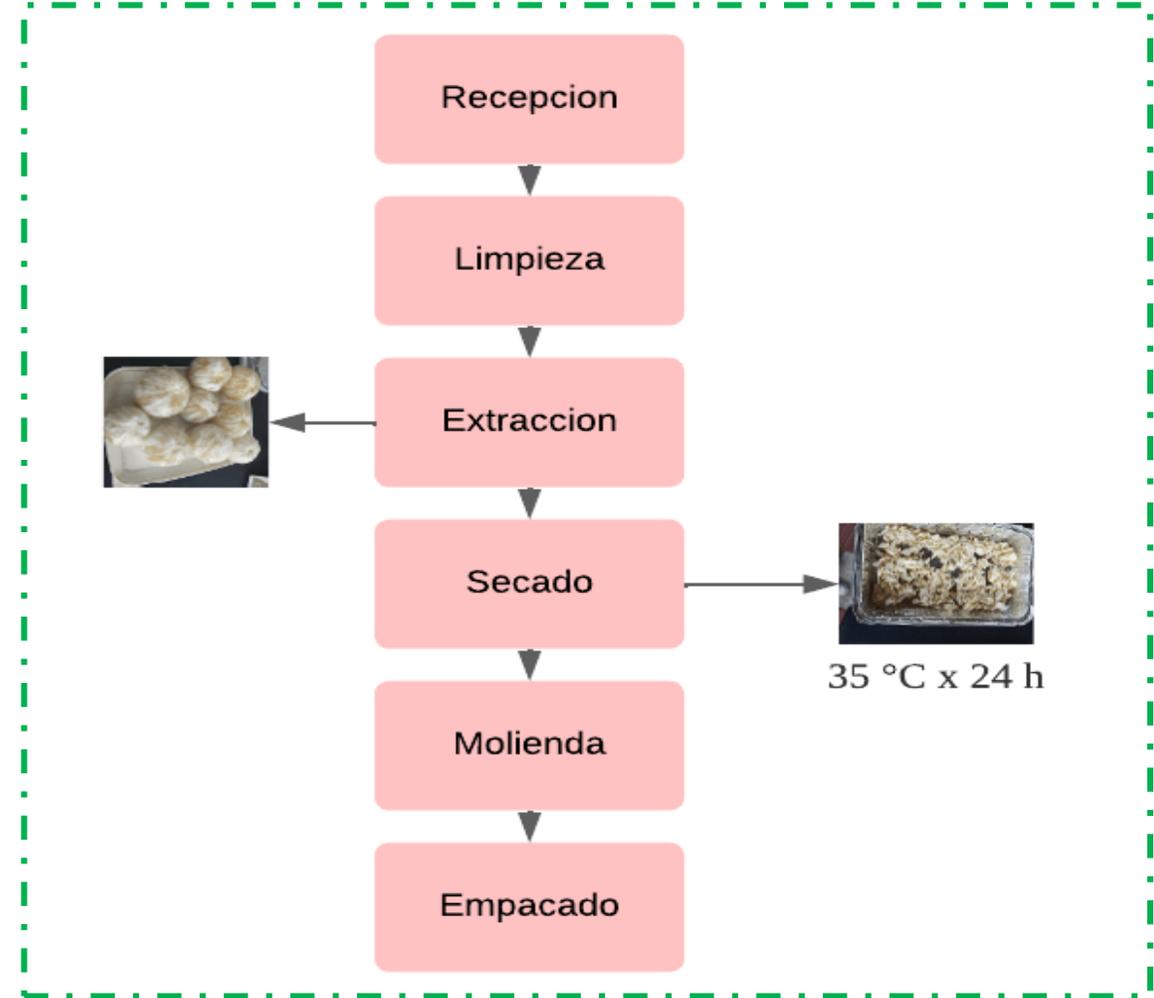
Arce (2009)

# METODOLOGÍA

Flujograma para la obtención del almidón de camote

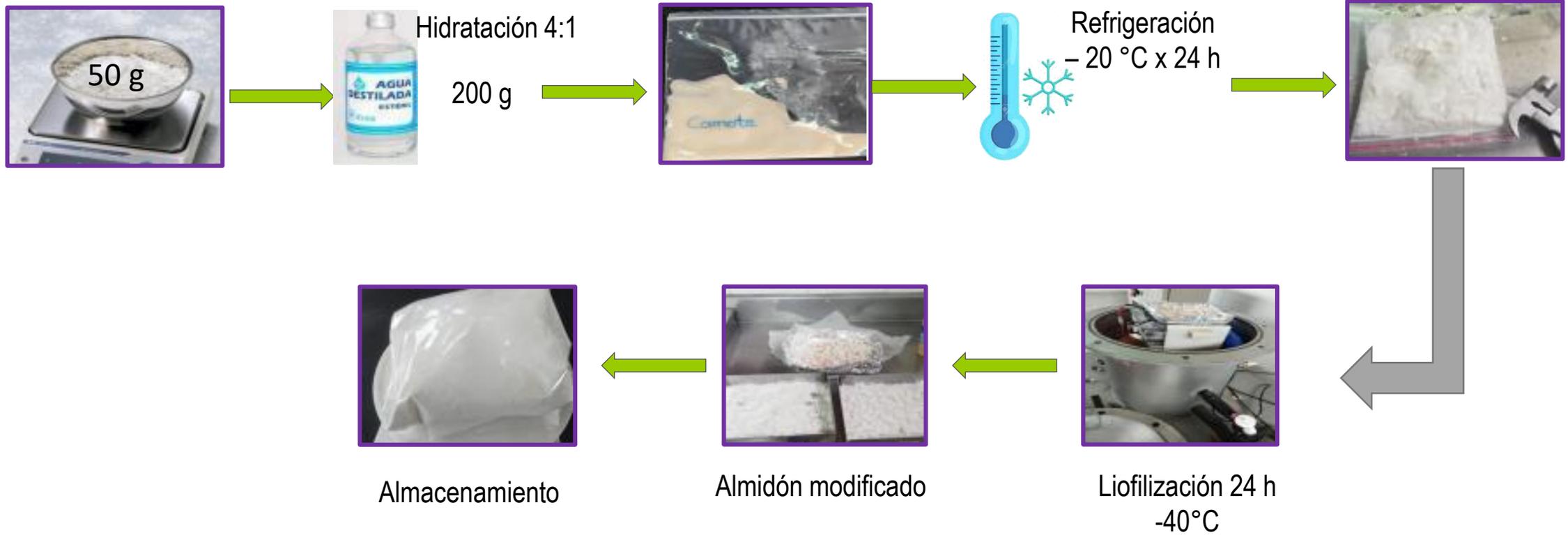


Flujograma para la obtención de albedo cítrico de toronja



# METODOLOGÍA

## Flujograma para la modificación del almidón de camote por liofilización



# METODOLOGÍA

## Formulaciones de películas comestibles

Tabla 7

Formulaciones para la obtención de la película comestible con 3 niveles de albedo

Muestra	Mezcla 1		Mezcla 2		Mezcla 3		Mezcla 4	
	Porcentaje (%)	Peso (gr)	Porcentaje (%)	Peso (gr)	Porcentaje (%)	Peso (gr)	Porcentaje (%)	Peso (gr)
Agua destilada	83,5	70,97 <sub>+20</sub>	83	70,55 <sub>+20</sub>	82,5	70,12 <sub>+20</sub>	82	69,7 <sub>+20</sub>
Almidón modificado	6	5,1	6	5,1	6	5,1	6	5,1
Goma Xantana	0,5	0,43	0,5	0,43	0,5	0,43	0,5	0,43
Glicerina	10	8,5	10	8,5	10	8,5	10	8,5
Albedo Cítrico	0	0	0,5	0,42	1	0,85	1,5	1,27
<b>Total</b>	<b>100 %</b>	<b>85 gr</b>	<b>100 %</b>	<b>85 gr</b>	<b>100 %</b>	<b>85 gr</b>	<b>100 %</b>	<b>85 gr</b>

Nota. Se adiciono +20 de agua destilada. Autoría propia.

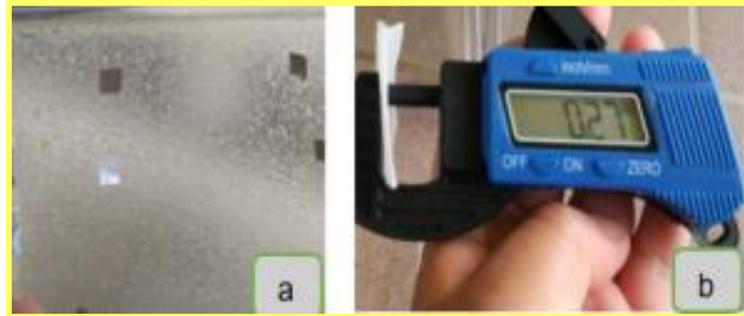
## Flujograma para la elaboración de películas comestibles



# METODOLOGÍA

## Caracterización de las películas comestibles películas comestibles

### *Espesor (mm)*



- Cortes de 2 x 2 cm
- Tomados en 8 puntos de toda la película

### *Elongación (%)*



- Cortes de 6 x 1,5 cm
- Elongadas hasta que haya una deformación de la película comestible

Ecuación descrita por Jácome (2019).

$$\% \text{ elongación} = \frac{L_f - L_i}{L_i} * 100 \quad Ec(1)$$

Donde  $L_i$  y  $L_f$ , representaran la longitud inicial y longitud final

# METODOLOGÍA

## Caracterización de las películas comestibles películas comestibles}

### **Porcentaje de humedad**

Método descrito por Jacome (2019).



Cortes de 2 x 2 cm



Peso papel



Peso película



Estufa 80°C x 8 horas



Peso constante

Ecuación descrita por Jácome (2019).

$$\% \text{ humedad} = \frac{W_i - W_f}{W_i} * 100 \quad Ec(2)$$

Donde  $W_i$  y  $W_f$ , representaran el peso inicial y peso final.

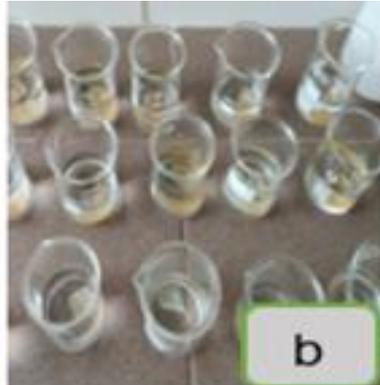
# METODOLOGÍA

## Caracterización de las películas comestibles películas comestibles

### *Solubilidad en agua*



Películas libre de humedad



50 ml de agua destilada



Baño maría 22 °C x 24 h



Filtrado



Estufa a 90°C



Peso constante

Ecuación descrita por Jácome (2019).

$$\% \text{ solubilidad} = \frac{W_i - W_f}{W_i} * 100 \quad Ec(3)$$

Donde  $W_i$  y  $W_f$ , representaran el peso inicial expresado como materia seca y peso final del residuo desecado.

# METODOLOGÍA

## Caracterización de las películas comestibles películas comestibles

### **Biodegradabilidad**



Cortes de 2 x 2 cm



Tierra fértil



Riego x 25 días



Peso película



Secado 90°C



Peso constante

Ecuación descrita por Jácome (2019).

$$\% \text{ biodegradabilidad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \quad Ec(4)$$

Donde  $P_i$  y  $P_f$ , representaran el peso inicial y peso final del residuo seco.

# METODOLOGÍA

## Determinación de la calidad del tomate Cherry

### *Montaje del Experimento*



Limpieza



Adquisición tomate



Selección



Desinfección

“Kilol”  
10 ml x 1L  
agua pura



Experimento DCA



Peso muestra



Peso inicial  
100 g



Desinfección tarrinas

# METODOLOGÍA

## Determinación de la calidad del tomate Cherry

### **Pérdida de peso**

Metodología descrita por García, *et al.*, (2022).



Pesaje de muestras a los días 0, 2,4,6,8,10,12



peso película

peso tarrina

peso final 12 días

Ecuación descrita por García, *et al.*, (2022).

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \quad Ec(5)$$

Donde  $P_i$  y  $P_f$ , representan el peso inicial y peso final de los tomates.

# METODOLOGÍA

## Determinación de la calidad del tomate Cherry

### **Acidez titulable**

Método descrito por Morejón & Viznay (2018).



Peso de la muestra

Aforo con agua destilada

Trituración de la muestra

Filtrado

Titulación

Medición del pH  
8.2±1

Ecuación descrita por Morejón & Viznay (2018).

$$A = \frac{(V1 \times N \times M)}{V2} * 100 \quad Ec(6)$$

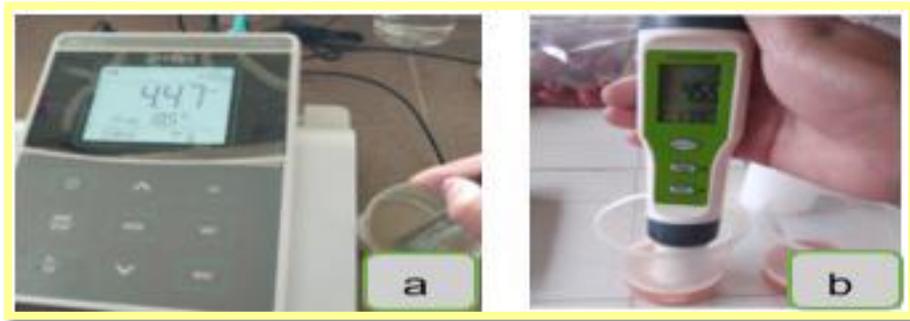
Donde  $V1$  es ml de NaOH usados para la titulación,  $N$  es la normalidad de la solución de NaOH,  $M$  es el peso miliequivalente del ácido cítrico considerado como referencia y  $V2$  es el volumen de la alícuota tomada.

# METODOLOGÍA

## Determinación de la calidad del tomate Cherry

### **Lectura del pH**

Método descrito por Morejón & Viznay (2018).



Lectura de pH  
inicial

Lectura de pH  
final

El pH se determinó para cada uno de los tratamientos.

### **Sólidos solubles totales (°Brix)**

Metodología reportada por Barrera (2017).



Colocación de la  
muestra

Lectura en  
°Brix

El contenido de SST se expresó como porcentaje de la escala de °Brix. Esto se realizó para cada uno de los tratamientos.

# METODOLOGÍA

## Determinación de la calidad del tomate Cherry

### **Firmeza**

Metodología citada por (Pilataxi, 2019), que considera nueve puntos desde 1= extra blando a 9= extra duro.

Tabla 12

Escala de Kader y Morris para la determinación de firmeza del fruto de tomate

Escala	Clase	Resistencia a la compresión por los dedos
9	Extraduro	Frutos que no ceden a una considerable presión.
7	Duro	Frutos que ceden solo suavemente a una considerable presión.
5	Firme	Frutos que ceden suavemente a una moderada presión.
3	Blando	Frutos que ceden fácilmente a una suave presión.
1	Extra blando	Frutos que ceden muy fácilmente a una suave presión

Nota. Escala de Kader y Morris. Tomado de, Pilataxi (2019)

### **Apariencia**

Escala de (Zambrano y Matarreno, 1999) de acuerdo a la metodología citada por Suarez, *et al.*, (2009) .

Tabla 13

Descripción de la variable apariencia para cada periodo de evaluación

Escala	Interpretación
1	No aceptable
2	Moderadamente aceptable
3	Aceptable comercialmente
4	Bueno
5	Excelente

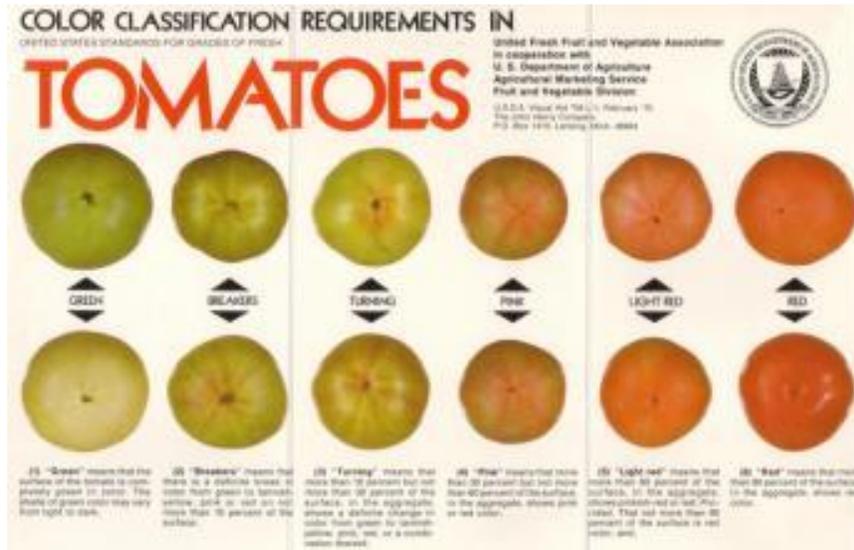
Nota. Escala para determinar la apariencia tomado de Suarez, *et al.*, (2009)

# METODOLOGÍA

## Determinación de la calidad del tomate Cherry

### **Estado de maduración (Color)**

Metodología usada por Pilataxi (2019)



Escala de color del tomate Cherry

### **Vida útil**

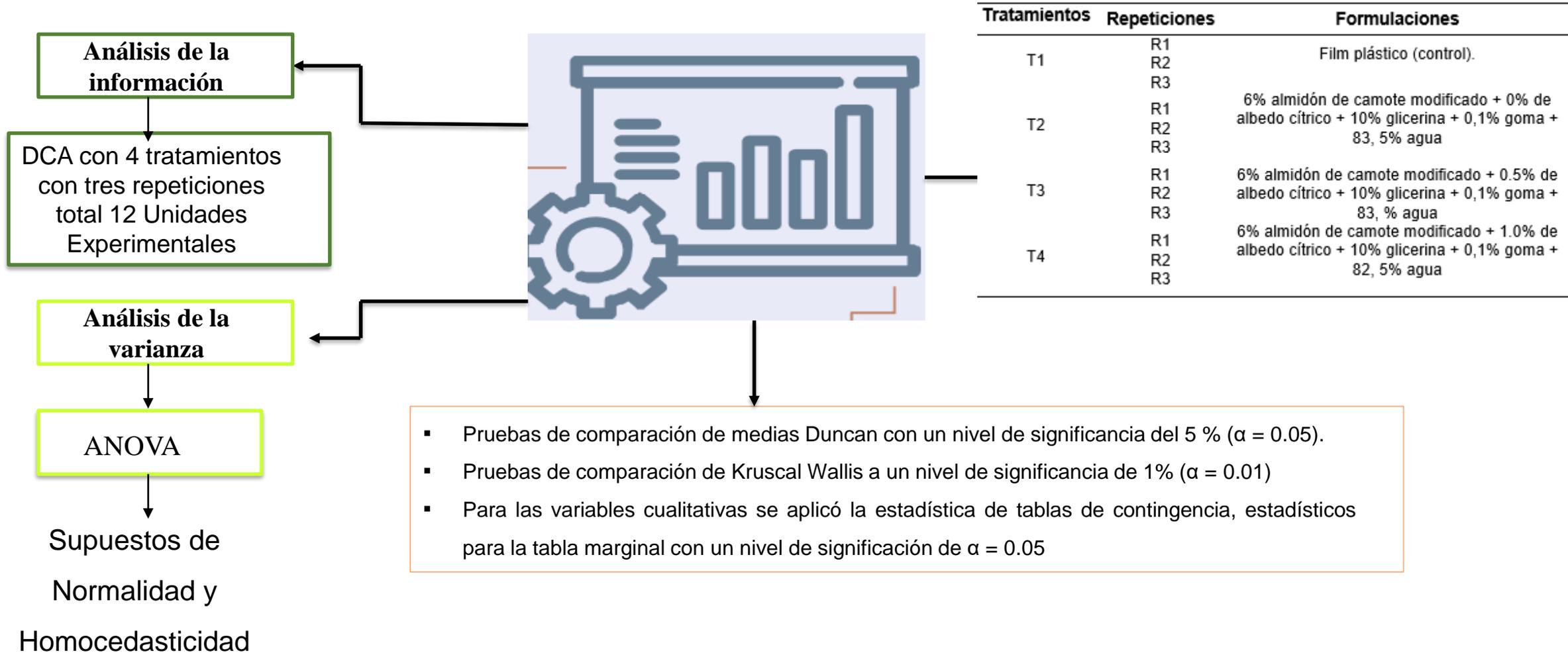
Metodología por García, *et al.*, (2012), donde se utilizó el modelo lineal propuesto por (Labuza 1982), considerando el 9% de pérdida de peso.

$$t = (\ln A - \ln A_0) / k$$

Donde  $\ln A$  es la calidad del tiempo,  $t$  tiempo de vida útil,  $\ln A_0$  es la calidad del tiempo inicial,  $k$  es la constante de la reacción.

El Factor  $k$  y  $A_0$  se determino de la línea de tendencia de la relación del porcentaje de pérdida de peso con respecto al tiempo obtenidas en la grafica de Exel.

# DISEÑO EXPERIMENTAL



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Rendimiento del almidón de camote y albedo cítrico

El Rendimiento del almidón de camote obtenido a partir de 1 kg de tubérculos fue del 15%, **Parra (2019)** rendimiento del 14,8%

## Formulación de películas comestibles con 3 niveles diferentes de albedo cítrico deshidratado.

Se pudo evidenciar que al adicionar albedo en concentraciones superiores al 1.5 % en la formulación de película, estas se hicieron más débiles ocasionando que las películas presentaran roturas, perdiendo su estructura, por lo que se escogieron solo porcentajes menos del 1% de albedo cítrico de toronja.

Película con albedo cítrico al 1.5 %



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Caracterización de películas comestibles, su funcionalidad como barrera, biodegradabilidad y resistencia mecánica.

### Espesor (mm)

Película	Espesor (mm)
Albedo 1.0	0,38 ± 0,02 a
Albedo 0.5	0,34 ± 0,02 b
Albedo 0	0,24 ± 0,04 c

Nota. Medias y desviación estándar n=15. Medidas en cada columna con diferente letra presentan diferencias significativas  $p > 0.05$  por test de Duncan.

**Contreras (2021)**  
(37,74% -95,41%)

**Barreda (2016)**, goma xantana le permite que ostenta máxima viscosidad, fuerza de atracción

**Chariguamán (2015)**  
(0,19 – 0,45 mm)

**Parra (2019)**  
(0,16 – 0,24 mm)

**Burgos & Burgos (2022)**, las partículas de albedo tienen la capacidad de retención de agua.

### Elongación (mm)

Película	Elongación (%)
Albedo 0	46,84 ± 3,52 a
Albedo 0.5	40,82 ± 6,95 b
Albedo 1.0	32,02 ± 6,48 c

Nota. Medias y desviación estándar n=15. Medidas en cada columna con diferente letra presentan diferencias significativas  $p > 0.05$  por test de Duncan

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Caracterización de películas comestibles, su funcionalidad como barrera, biodegradabilidad y resistencia mecánica.

### Contenido de humedad (%)

Película	Humedad (%)
Albedo 1.0	59,03 ± 2,87 a
Albedo 0.5	51,30 ± 3,75 b
Albedo 0	41,30 ± 4,76 c

Nota. Medias y desviación estándar n=15. Medidas en cada columna con diferente letra presentan diferencias significativas  $p > 0.05$  por test de Duncan.

Parra (2019)  
(17,76% - 37,87%)

Barreda (2016), compuesta por fibras como celulosa que tienen la capacidad de retener humedad

### Solubilidad en agua (%)

Películas	Solubilidad (%)
Albedo 1.0	73,28 ± 9,53 a
Albedo 0.5	60,84 ± 8,04 b
Albedo 0	58,41 ± 8,64 b

Nota. Medias y desviación estándar n=15. Medidas en cada columna con diferente letra presentan diferencias significativas  $p > 0.05$  por test de Duncan.

Chariguamán (2015)  
(39,88% - 59,76%)

Díaz (2019) para contrarrestar la pérdida de agua en los frutos; tengan valores mínimos de solubilidad.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de películas comestibles, su funcionalidad como barrera, biodegradabilidad y resistencia mecánica.

## **Biodegradabilidad**

Película	Biodegradabilidad (%)
Albedo 0	93,97 ± 0,93 a
Albedo 0.5	93,12 ± 1,21 a
Albedo 1.0	91,94 ± 1,66 b

Nota. Medias y desviación estándar n=15. Medidas en cada columna con diferente letra presentan diferencias significativas  $p > 0.05$  por test de Duncan.

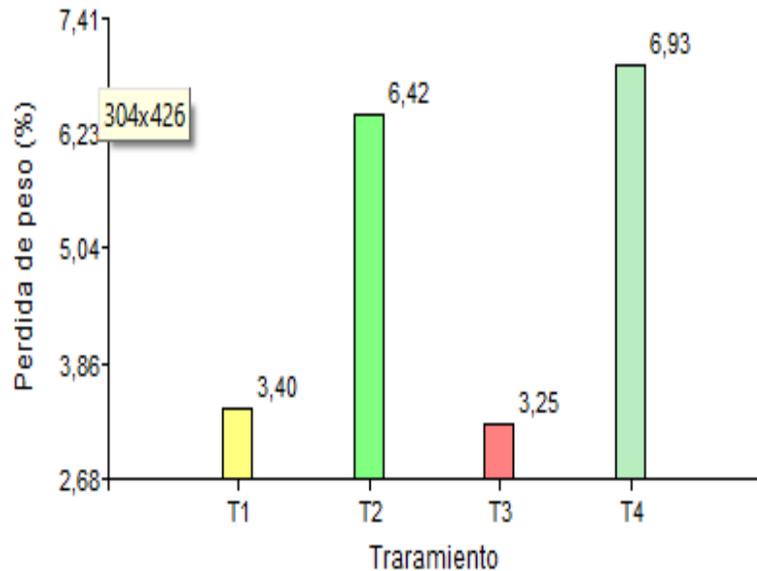
**Jácome (2019)**  
(91,97% - 98,31)

**Ulusoy, et al., (2018)**, celulosas, gomas mayor consistencia y biodegradabilidad

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de las películas comestibles formuladas sobre la vida útil de tomate Cherry almacenado durante 12 días a condiciones ambiente.

## Pérdida de peso (%)

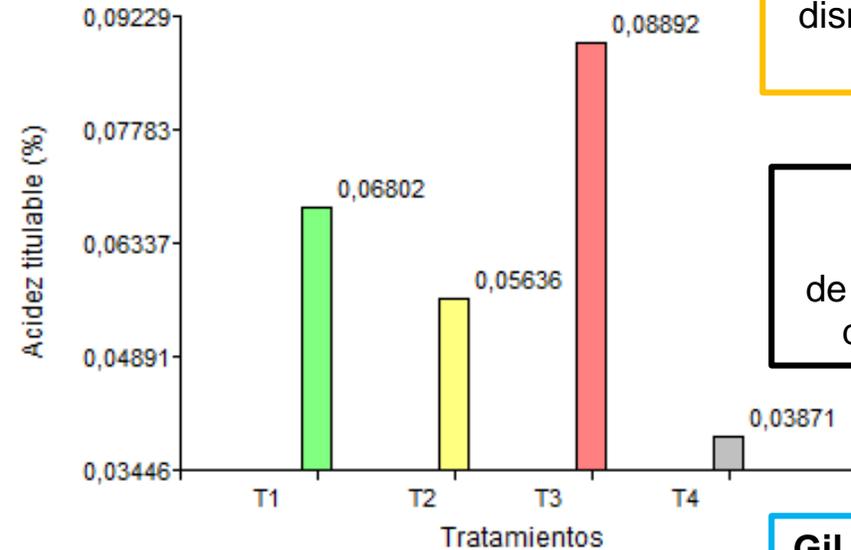


**López, et al., (2015)**  
(3,31% - 9,91%)

■ Día 12

**Galiotta, et al., (2005)**  
(2,39% - 5,25%)

## Acidez titulable (%)



Acidez titulable inicial 0,10

**López, et al., (2015)**  
Día 0 al día 12 la acidez disminuyó con respecto al tiempo

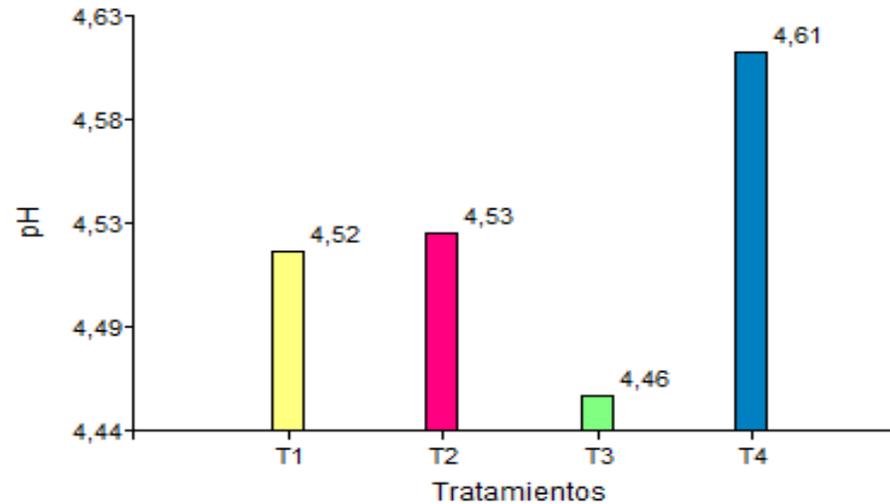
**Barrera (2017)**  
RC. Acetato vinilo de 0,0462 al día 10 y al día 15 de 0,0384%

**Gil (2010)**, transformación de componentes del fruto como son proteínas, carbohidratos, vitaminas, ácidos orgánicos.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

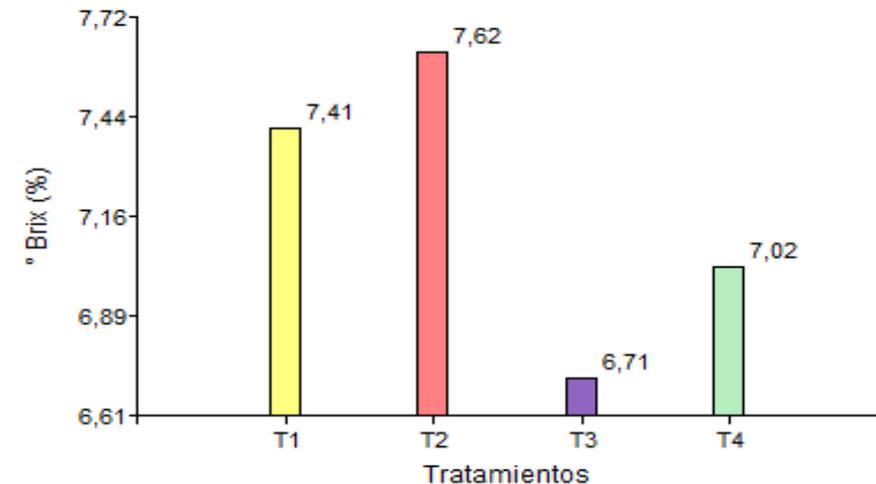
Efecto de las películas comestibles formuladas sobre la vida útil de tomate Cherry almacenado durante 12 días a condiciones ambiente.

**pH**



pH inicial: 4,44

**Sólidos solubles totales (°Brix %)**



° Brix inicial 5,50

**Navarro, et al., (2012),** tomates en fresco deben tener un pH entre 4,17 a 4,59

**Pilatxi (2019)** pH de 4,44 día 10 y al día 15 de 4,94.

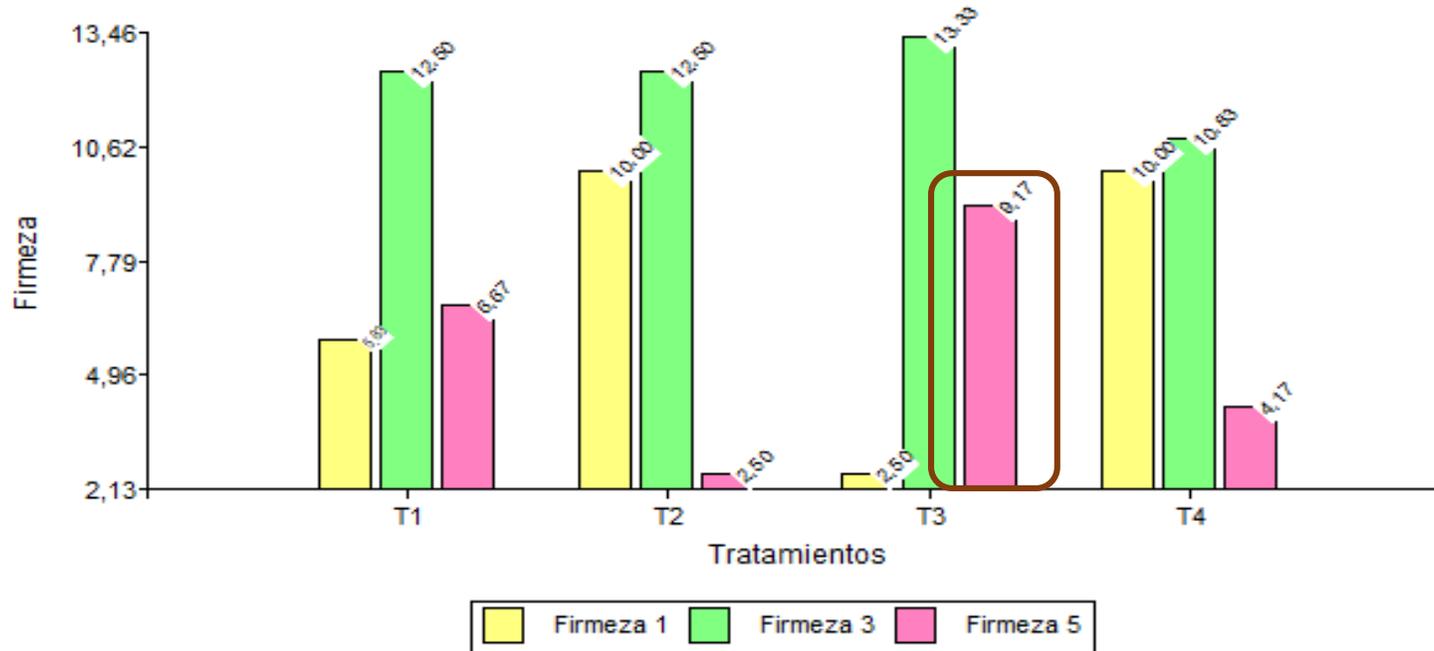
**Suarez, et al., (2009),** valores altos debido al incremento de azúcares por el desarrollo de maduración.

**Alarcón (2013)** (4,4 a 7,5 °Brix )

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de las películas comestibles formuladas sobre la vida útil de tomate Cherry almacenado durante 12 días a condiciones ambiente.

## Firmeza



Flores (2016)  
(5,41 a 6,63 “Firmes”)

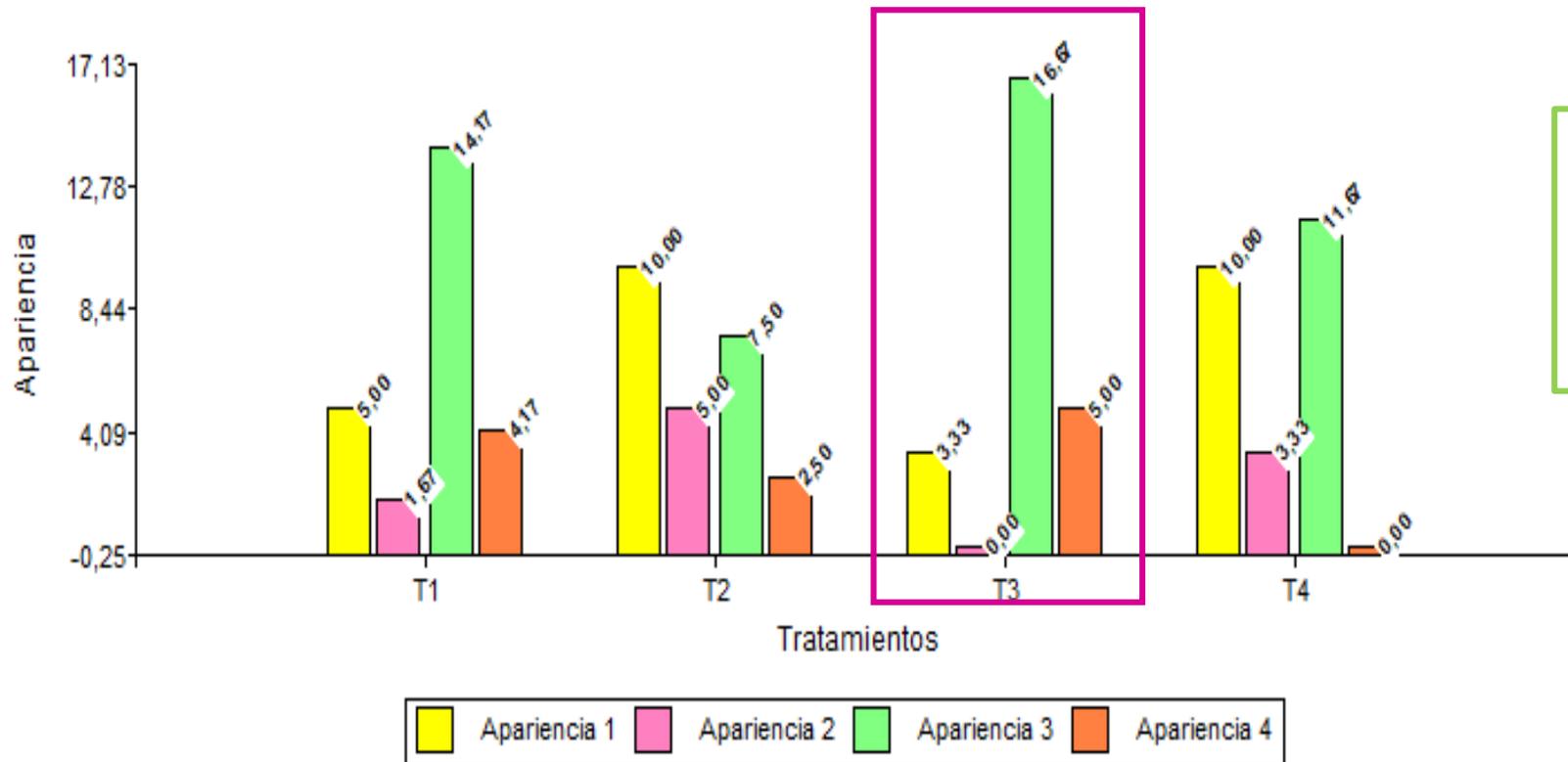
Ramos, *et al.*, (2018), barrera protectora obstaculizando la entrada de O<sub>2</sub> y salida de CO<sub>2</sub>

Escala	Clase	Resistencia a la compresión por los dedos	Interpretación
5	Firme	Frutos que ceden suavemente a una moderada presión.	Cuando se cortan se pierden unas pocas gotas de jugo y/o semillas.
3	Blando	Frutos que ceden fácilmente a una suave presión.	Pérdida de jugo y/o semillas cuando se cortan.
1	Extra blando	Frutos que ceden muy fácilmente a una suave presión	La mayor parte del jugo y las semillas se pierden cuando se cortan.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de las películas comestibles formuladas sobre la vida útil de tomate Cherry almacenado durante 12 días a condiciones ambiente.

## Apariencia



**Pilataxi (2019)**  
(Escala 5 "Excelente" a 3°C; Escala 3 "Aceptable comercialmente" a 18°C)

**Ramos, et al., (2018)** acelerados procesos de respiración producen alteraciones bioquímicas, aceleradas pérdida de firmeza y transformación de color lo que altera su apariencia y composición.

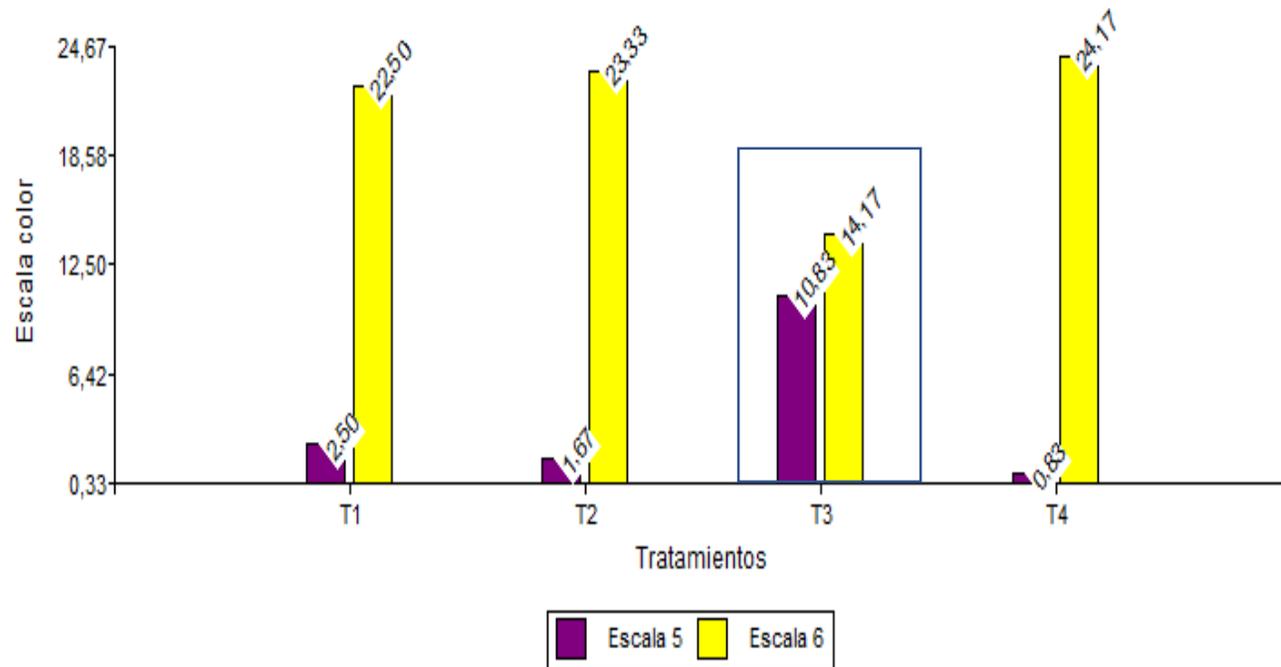
Escala	Interpretación
1	No aceptable
2	Moderadamente aceptable
3	Aceptable comercialmente
4	Bueno
5	Excelente

Nota. Escala para determinar la apariencia tomado de Suarez, et al., (2009)

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de las películas comestibles formuladas sobre la vida útil de tomate Cherry almacenado durante 12 días a condiciones ambiente.

## Color



**Rivez, et al., (2018)**  
(5,7 con recubrimiento y 7,3 para el control)

**Pilataxi (2019)**  
a 3 °C obtuvo una escala de color 4 (medio pintón), Escala 6 a temperatura ambiente

**Vázquez & Guerrero (2013),,**  
disminuye el oxígeno presente, por lo que la respiración retrasa la desnaturalización de pigmentos atribuido a la ausencia de CO<sub>2</sub>

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Efecto de las películas comestibles formuladas sobre la vida útil de tomate Cherry almacenado durante 12 días a condiciones ambiente.

*Días de vida útil según fórmula de la Labuza*

	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Días	17	13	19	13

Nota. Vida útil del tomate Cherry obtenidos por la ecuación de Labuza.

**Galieta, et al., (2005)**

Retraso de las reacciones propias de maduración (21 días)

**Amaya, et al., (2010)** evaluación sin recubrimiento alcanzo una vida útil de 7 días y 18 días con recubrimiento a Temperatura ambiente 18°C

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## Conclusiones

- De acuerdo a la obtención del almidón de camote se obtuvo un rendimiento del 25%, el mismo que fue modificado por el proceso de liofilización, ya que al realizar pruebas previas en la formulación de películas con almidón sin modificar estas al momento de secarse se encontraban muy húmedas y pegajosas lo que no permitía desprender del molde. Es por ello que al realizar el proceso de modificación por liofilización la estructura de la película permitió una correcta gelatinización y homogenización al momento de adicionar los demás materiales, logrando que la misma sea más seca y menos pegajosa.
- Se determinó las propiedades de funcionalidad como barrera, resistencia mecánica y biodegradabilidad de las películas comestibles, donde la que presento mejor resultados fue la que contenía albedo cítrico de toronja al 0% consiguiendo un espesor de 0,24 mm, una elongación de 46,84%, menor contenido de humedad con 41,30%, menor contenido de solubilidad con 58,41% y mayor biodegradabilidad con 93,97%. Seguida a esta formulación la película con albedo cítrico de toronja al 0.5% que presentó un espesor de 0,34 mm, una elongación de 40,82%, humedad con el 51,30%, 60,87% de solubilidad y 93,12% de biodegradabilidad, permitiendo comparar la calidad y comportamiento físico de las películas, de una forma cuantitativa y técnica antes de ser utilizadas sobre la conservación del tomate Cherry. La propiedad de solubilidad fue la variable que permitió determinar la mejor película, siendo que las películas menos solubles son más estables a la humedad del ambiente de trabajo.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## Conclusiones

- Se determinó por análisis físico-químico el comportamiento de los tomates almacenados, donde se pudo observar como mejor resultado la formulación de películas con albedo cítrico de toronja al 0,5 %, debido a que esta presentó una menor pérdida de peso con valores de 3,25% a los 12 días, mayor acidez titulable con 0,09%, menor contenido de pH con 4,46, menor contenido ° Brix con 6,71, con firmeza a escala 5, apariencia a escala 3, color a escala 5, en comparación al film plástico que presentó porcentajes de 3,40% en pérdida de peso, 0,07 % de Acidez titulables, 4,52 de pH y 7,41 °Brix, con firmeza a escala 3, apariencia a escala 3, color a escala 6. El uso de las películas permitió que los tomates tengan cualidades de calidad, mucho mejores que los tomates conservados en el film plástico bajo las mismas condiciones de almacenamiento.
- Al realizar el análisis de vida útil mediante la fórmula de Labuza, considerando la variable pérdida de peso, se logró determinar que el uso de películas comestibles permite tener mayores tiempos de vida útil en los tomates, no importando el porcentaje de albedo añadido, siendo que todos los tratamientos superaron los días máximos de vida útil del tomate Cherry, ya que comercialmente estos duran de 7 a 10 días, sin embargo estos tuvieron un tiempo de 7 días adicionales, sin afectar la calidad sensorial del tomate Cherry, lo que demuestra que el uso de películas comestibles extiende la vida útil y mantienen la calidad del tomate Cherry.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## Recomendaciones

- Se recomienda minimizar el tamaño de partícula de albedo cítrico para evaluar la caracterización de películas con formulaciones superiores al 1 % de albedo cítrico de toronja.
- Se recomienda formular películas con inclusión de aceites esenciales para mejorar las propiedades de resistencia y solubilidad de la película comestible.
- Se recomienda evaluar el almacenamiento de tomates Cherry con películas comestibles bajo otras condiciones de temperatura, para evaluar el comportamiento de los parámetros de calidad del tomate Cherry y tiempo de vida útil.
- Se recomienda realizar un análisis de composición química de los tomates más amplio, para evaluar el efecto de las películas sobre contenido de vitamina C y licopeno presente en cada uno de los tratamientos.

# AGRADECIMIENTOS



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA