



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



**Desarrollo, Caracterización y Evaluación de Películas Comestibles con base de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente.**

Jaramillo Cueva, Liliana Ximena

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniería Agropecuaria

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro, Mgtr.

23 de febrero del 2023



# Introducción

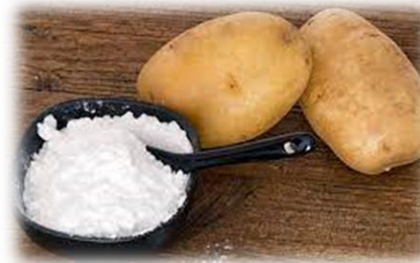
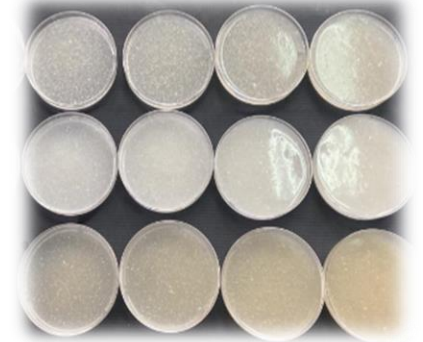
El interés sobre la conservación de frutas y hortalizas ha ido en aumento

Utilización de películas comestibles ha comenzado desde los siglos XII y XIII en China

Surgieron las películas comestibles, funcionando como una cubierta protectora sobre alimentos

Retardando la humedad, controlando el transporte de gases como: O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y etileno

El almidón se utiliza en numerosas aplicaciones de la industria alimentaria



# Justificación

Interés en el uso de películas comestibles, con el propósito de prolongar la vida y calidad de los alimentos



El albedo es un tejido con alto contenido de fibra que se encuentra en frutas cítricas, tiene actividad prebiótica



Existe la necesidad de contribuir con tecnologías baratas y seguras que puedan ser aplicadas en productos ecuatorianos

## OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar, caracterizar y evaluar una película comestible con base de almidón de papa (*Solanum tuberosum*), sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener almidón de papa para su uso en películas comestibles con 3 niveles de albedo crítico deshidratado.
- Analizar la funcionalidad, biodegradabilidad y resistencia de películas comestibles.
- Evaluar las variables de calidad y la vida útil de tomate Cherry frente a film plástico, almacenado durante 12 días en condiciones ambientales.

## ***Hipótesis nula***

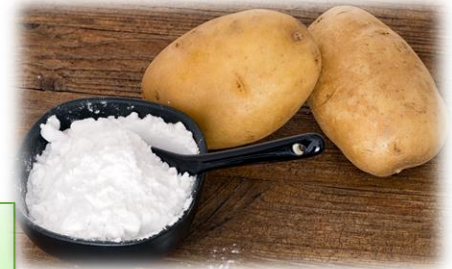
- El uso de películas comestibles empleando almidón de papa con varios niveles de albedo no prolongan la vida útil del Tomate Cherry en forma estadísticamente significativa.

## ***Hipótesis de la investigación***

- El uso de películas comestibles empleando almidón de papa con varios niveles de albedo, prolongan la vida útil del Tomate Cherry en forma estadísticamente significativa.

# Revisión de literatura

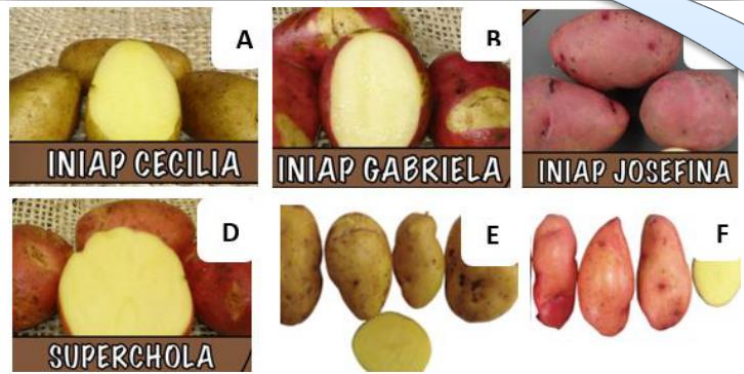
La papa (*Solanum tuberosum*) tiene su origen en algunas regiones del Ecuador



rango de 66 a 85%

Temperatura, tipo tratamiento y tiempo, dependiendo directamente su utilización

La amilopectina del almidón de la papa constituye el 70-80% del peso, independientemente del tamaño de partícula



Componentes	g/100g de materia fresca	Cantidad (g)
<b>Almidón</b>	<b>84.5</b>	
Proteína	8.5	
Hierro	4.2	
Fibra	2.5	
Potasio	0,731	

## Albedo

- Alto contenido de fibra
- Actividad prebiótica



## Liofilización

Tratamiento fiable en la preservación de células, enzimas, levaduras, frutas.



## Películas comestibles

Base de carbohidratos, al ser hidrofílica presenta una resistencia baja a la hora de perder agua



## Tomate Cherry Sweet Heaven

Híbrido de crecimiento indeterminado

- Frutos del tipo cereza, de formato oblongo, de 10 a 20 gramos promedio
- Color rojo intenso y alto contenido de brix (muy dulces)



## Área de estudio

Campus de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I

Hacienda El Prado

- **Parroquia:** San Fernando
- **Cantón:** Rumiñahui
- **Provincia:** Pichincha.
- **Temperatura:** 14°C
- **Precipitación:** 1300 mm



## Obtención de materia prima

- **Provincia:** Pichincha
- **Cantón:** Quito
- **Parroquia:** Checa
- **Altitud:** 2578 msnm
- **Temperatura:** 17 a 17.4 °C
- **Precipitaciones:** 1953 mm





### Producción del almidón (35°C)



### Producción de albedo

- Secar en la estufa 50°C



### Fabricación de película comestible

- 24 horas a 20°C ± 10°C

### Cantidad de ingredientes de películas comestibles

	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3	
	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos
Agua destilada	83.5	70,97	83	70.55	82	70.12
Albedo	0	0	0.5	0.5	1	1
Almidón de papa	6	5.1	6	5.1	6	5.1
Glicerina	10	8.5	10	8.5	10	8.5
Goma xantana	0.5	0.42	0.5	0.42	0.5	0.42
Total	100	85	100	85	100	85

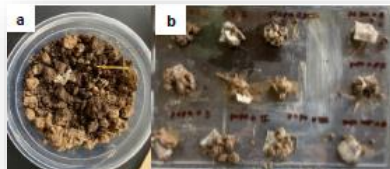
### Acondicionamiento del tomate



### Establecimiento del ensayo

- temperatura ambiente (15±1°C)

# Pruebas mecánicas, físicas y de biodegradabilidad de la película comestible



$$\% P \text{ perdido} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

**Biodegradabilidad**

Tarrinas plásticas con suelo arcilloso

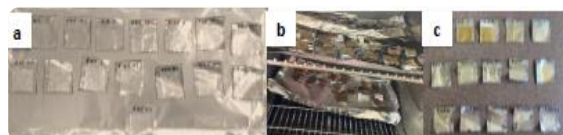
Tiras películas 2x2



$$\% \text{ Elongación} = \frac{L_f - L_0}{L_0} * 100$$

**Elongación relativa (%)**

•Tiras de 10cm



$$\% \text{ solubilidad} = \frac{M_1 - M_2}{M_2} * 100$$

**Solubilidad del agua (%)**

- 20 ml agua destilada
- 25°C baño maría por 24 h

$$\% \text{ humedad} = \frac{M_0 - M_1}{M_0} * 100$$

**Contenido de humedad (%)**

- Tiras de la película de 2x2cm
- Estufa 90°C



**Espesor (mm)**

- Micrómetro de 0 a 12.5 mm
- 7 mediciones tomadas al azar

# Pruebas físico-químicas de los tomates con películas comestibles

$$Pp = \frac{Pi - Pf}{Pi} * 100$$

$$\% \text{ acidez} = \frac{B * N * K}{W} * 100$$

$$A = A_0 ekt$$

$$t = \frac{\ln A - \ln A_0}{k}$$

- Balanza con 10 tomates
- Día **0,2,4,6,8,10, 12.**

Pérdida de peso (g)

Sólidos Solubles (°Brix)

- Mezcla uniforme entre pulpa y cáscara

- 25 g de tomate
- agua 250 ml
- 25 ml de la solución

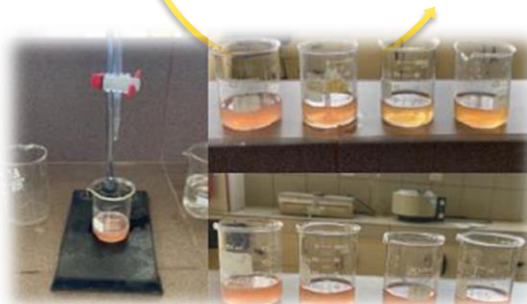
Acidez titulable

pH

- pHmetro

- variable porcentaje de pérdida
- 9% aceptabilidad
- Labuza, 1982

Vida útil



# Pruebas visuales y físicas en tomate Cherry

## Escala de color -INTA EEA

Mendoza 2013)



## Apariencia del tomate-Escala Zambrano y Materano (1999)

Escala	Interpretación
1	Fruto no aceptable.
2	Fruto moderadamente aceptable.
3	Fruto aceptable a nivel comercial.
4	Fruto bueno.
5	Fruto excelente.

## Daños visibles -Zambrano y Materano (1999)

Escala % del fruto con lesión

1	0
2	<10
3	50
4	100

## Firmeza - Kader et al. (1978)

Escala	Clase
1	Extra blando
3	Blando
5	Firme
7	Duro
9	Extra duro

Diseño completamente aleatorizado (DCA).  
Se realizaron 3 películas comestibles con 3 porcentajes de albedo de toronja para cada tratamiento (T1, T2, T3) + Testigo (Papel film plástico)

## Modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + P_i + \varepsilon_{ij}$$

*En donde:*

$Y_{ij}$ : Número de tomates con algún tipo de daño significativo

$\mu$ : Media general

$P_i$ : Efecto de la  $i$ -ésimo de tipo de película

$\varepsilon_i$ : error aleatorio

## Tratamientos

Tratamientos	Repeticiones	Formulaciones
T0	R1	Con papel film plástico
	R2	
	R3	
T1	R1	0% de albedo + almidón de papa
	R2	
	R3	
T2	R1	0.5% de albedo + almidón de papa
	R2	
	R3	
T3	R1	1% de albedo + almidón de papa
	R2	
	R3	

# Resultados y discusión

## Procedimiento para la extracción de almidón de papa.



$$Rendimiento = \frac{Ms}{Me} * 100$$

$$Rendimiento = \frac{352}{1000} * 100$$

$$Rendimiento = 35.2 \%$$

De acuerdo con (Santillán, 2022), en 100 g de fibra de papa chaucha se obtiene 84,4 g de almidón.

(Arcila, 2002) almidón inicia el proceso de hidrólisis después de cosechado el tubérculo, por lo tanto su contenido se reduce gradualmente a medida que el fruto madura

# Resultados y discusión

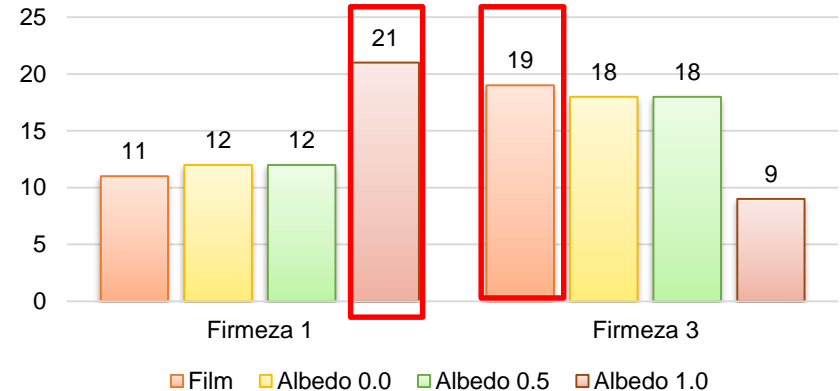
## Tipo de Firmeza

	Tipo de firmeza	
	Firmeza 1	Firmeza 3
<b>Film plástico</b>	11	19
<b>Sin Albedo</b>	12	18
<b>Albedo 0.5%</b>	12	18
<b>Albedo 1.0%</b>	21	9
<b>Total</b>	56(Extra blando)	64 (Blando)

Los tomates comenzaron con un tipo de firmeza 7 Duro - No cede al aplicar presión

(Fan et al., 2009) mencionando que la pérdida de fluidos en las células de un fruto se da por la hidrólisis de los ácidos lo que provoca tener un producto más suave

Gráfico barras de tipo de firmeza en los tomates



### Estadístico

Chi Cuadrado Pearson

Valor gl p

8,84

3

0,0315

Chi Cuadrado MV-G2

8,98

3

0,0296

Coef.Conting. Cramer

0,19

Coef.Conting. Pearson

0,26

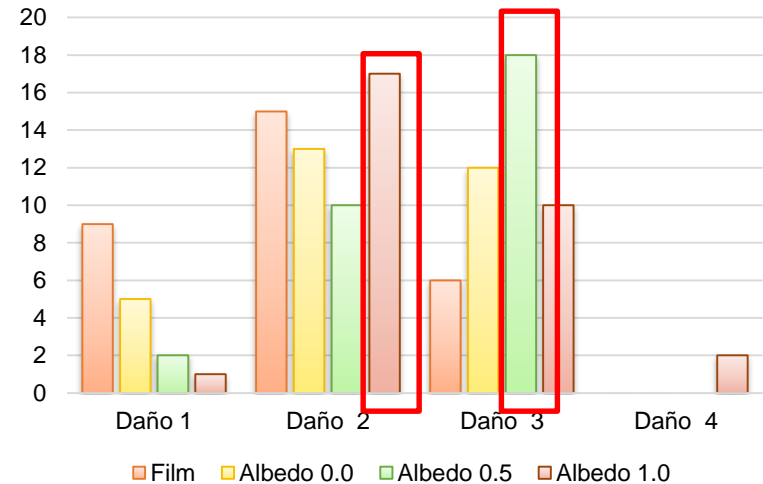
## Daños visibles

	Daño 1	Daño 2	Daño 3	Daño 4
<b>Film plástico</b>	9	15	6	0
<b>Sin Albedo</b>	5	13	12	0
<b>Albedo 0.5%</b>	2	10	18	0
<b>Albedo 1.0%</b>	1	17	10	2
<b>Total</b>	17	55(<10)	46(50)	2

Tomate sin ningún tipo de lesión escala de daño 1

(Meza et al., 2013) al usar películas comestibles disminuye el daño visible y aumenta la calidad del fruto en condiciones de temperatura ambiente.

**Gráfico de barras de tipo de daño visible en los tomates**



Estadístico	Valor	gl	p
<b>Chi Cuadrado Pearson</b>	23,58	9	0,0050
Chi Cuadrado MV-G2	23,31	9	0,0055
Coef.Conting. Cramer	0,22		
Coef.Conting. Pearson	0,41		



## Tipo de apariencia

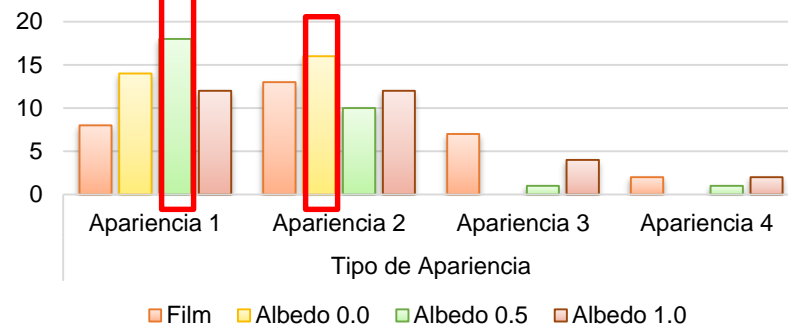
	Apariencia 1	Apariencia 2	Apariencia 3	Apariencia 4
Film plástico	8	13	7	2
Sin Albedo	14	16	0	0
Albedo 0.5%	18	10	1	1
Albedo 1.0%	12	12	4	2
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>51</b>	<b>12</b>	<b>5</b>

• No aceptable y moderadamente aceptable

Los tomate comenzaron con una escala tipo 4 representando a un fruto bueno

Márquez et al., 2009) menciona que al producirse un deterioro y acortamiento en la vida del producto, el tomate provoca un ablandamiento y cambio de apariencia

Gráfico de barras de tipo de apariencia en los tomates



Estadístico	Valor	gl	P
Chi Cuadrado Pearson	17,67	9	0,0392
Chi Cuadrado MV-G2	20,84	9	0,0134
Coef.Conting. Cramer	0,19		
Kappa (Cohen)	0		
Coef.Conting. Pearson	0,36		

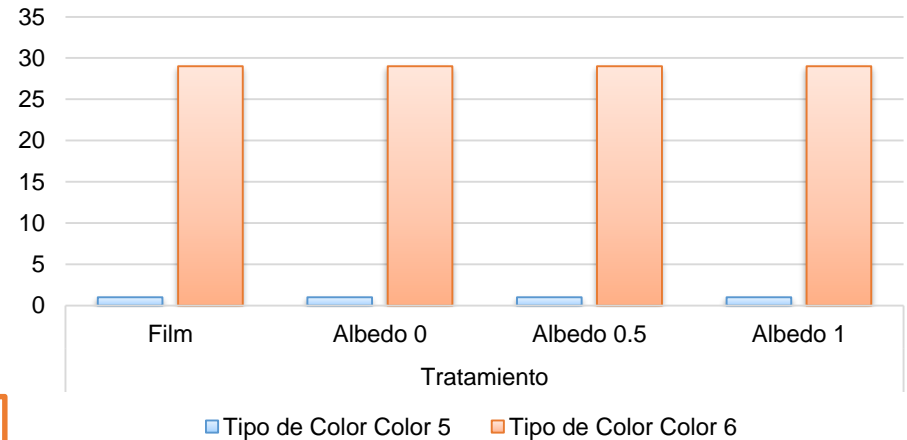
## Tipo de color

	Tipo de Color	
	Color 5	Color 6
<b>Film plástico</b>	1	29
<b>Sin Albedo</b>	1	29
<b>Albedo 0.5%</b>	1	29
<b>Albedo 1.0%</b>	1	29
<b>Total</b>	4	116

(Navarro-González & Periago, 2016) menciona que el color rojo profundo del fruto se da por la molécula conocida como licopeno, a medida que aumenta su madurez, se torna de un color rojo intenso



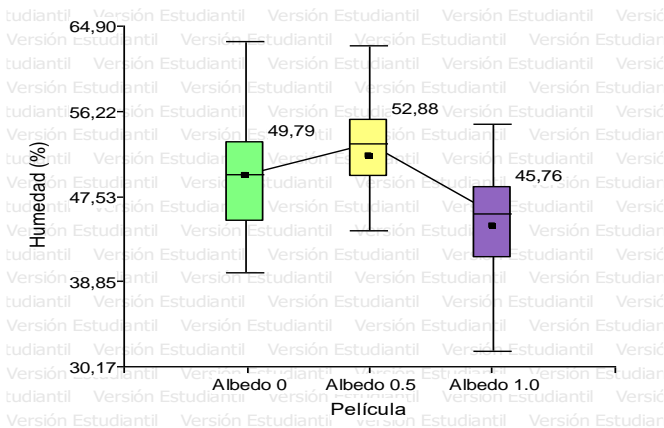
Gráfico de barras de tipo de color en los tomates



## Contenido de Humedad de películas comestibles

Película	Medias ± D.E	n	E.E.	
<b>Albedo 1.0</b>	<b>44,14±5,92</b>	<b>15</b>	<b>1,46</b>	<b>A</b>
<b>Sin Albedo</b>	<b>49,57±5,98</b>	<b>15</b>	<b>1,46</b>	<b>B</b>
<b>Albedo 0.5</b>	<b>52,53±6,48</b>	<b>14</b>	<b>1,51</b>	<b>B</b>

Box-Plot Contenido de humedad de las películas comestibles

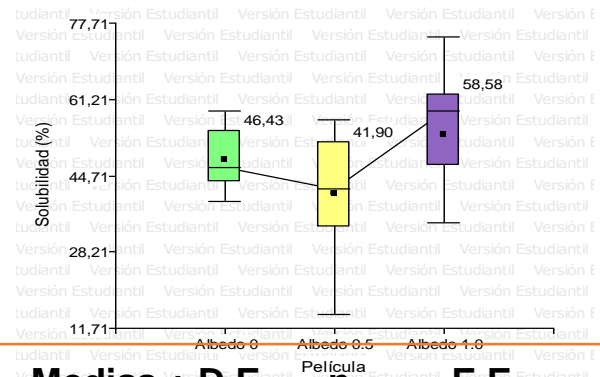


El aumento en el contenido de humedad de las películas se puede asociar a la gran proporción de los componentes hidrofílicos del almidón (Pelissari et al., 2013).

Interacciones moleculares con el agua inducen la formación de una estructura más porosa en la matriz que aumenta la retención de agua.

## Solubilidad de las películas comestibles

Box-Plot Solubilidad de las películas comestibles



Película	Medias ± D.E	n	E.E.	
<b>Albedo 1.0</b>	<b>55,45±13,62</b>	<b>15</b>	<b>2,5</b>	<b>A</b>
<b>Sin Albedo</b>	<b>48,17±6,07</b>	<b>15</b>	<b>2,5</b>	<b>B</b>
<b>Albedo 0.5</b>	<b>40,68±11,44</b>	<b>15</b>	<b>2,5</b>	<b>C</b>

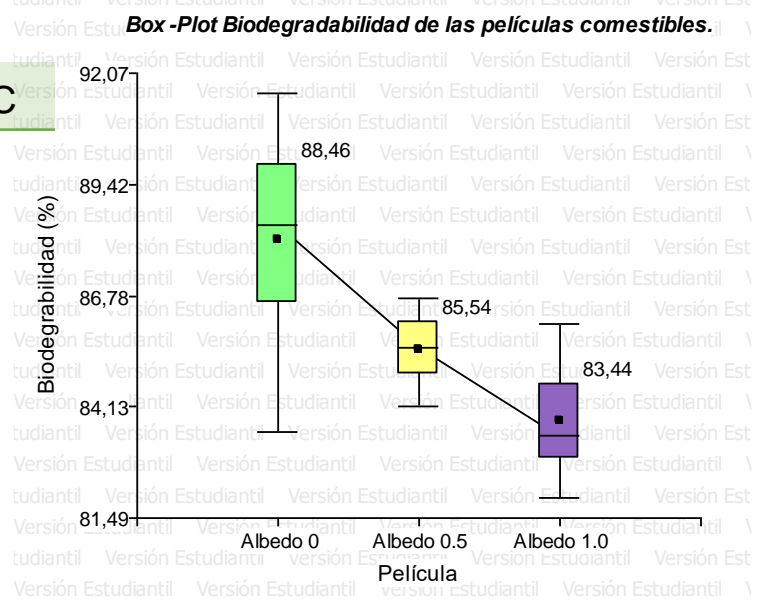
El almidón de papa contiene un 20% de amilasa y 80% amilopectina la cual forma una cadena lineal, este al tener un peso molecular alto y una cadena ramificado, es soluble en agua (Orozco, 2017).

(Ochoa-Reyes et al., 2013) demuestra que al tener una película con una solubilidad aproximada del 50% aumenta la vida.

## Biodegradabilidad de las películas comestibles

Película	Medias + D.E	n	F.F	
<b>Sin Albedo</b>	88,13 ± 2,26	15	0,40	A
<b>Albedo 0.5%</b>	85,5 ± 0,81	15	0,40	B
<b>Albedo 1.0%</b>	83,77 ± 1,25	15	0,40	C

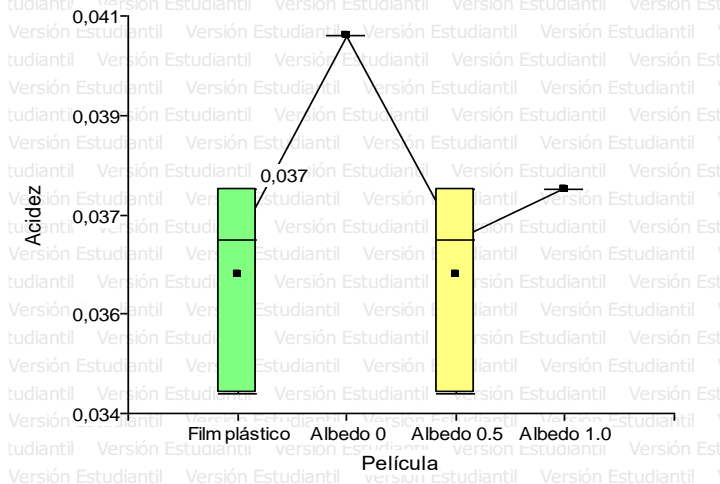
(Charro, 2015) sobre películas biodegradables a partir de almidón de papa, demuestran que las películas se degradan al pasar el tiempo, demostrando que en condiciones aerobias se degradan más rápido por estar en contacto con el aire y microorganismos aerobios provocando la liberación de CO<sub>2</sub> lo que causa una rápida degradación de las películas.  
 (Coello, 2019) los plásticos se degradan en 100-200 años



## Acidez titulable de los tomates

Película	Medias ± D.E	n	E.E.	
<b>Sin Albedo</b>	0,04 ± 0,00	3	0	A
<b>Albedo 1.0%</b>	0,04 ± 0,00	3	0	B
<b>Film plástico</b>	0,04 ± 1E-03	3	0	B
<b>Albedo 0.5%</b>	0,04 ± 1E-03	3	0	B

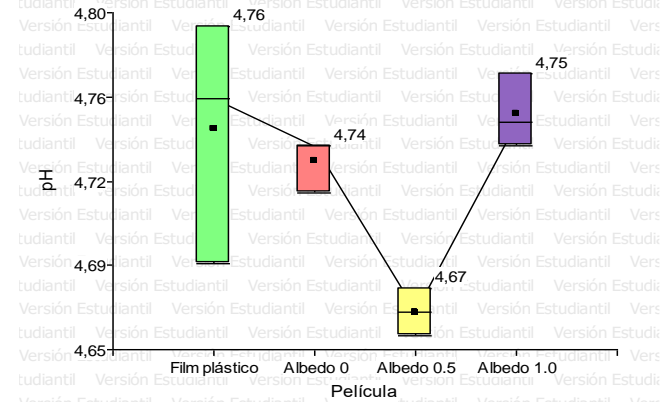
Box -Plot Acidez titulable de los tomates



Benalcázar (2011) registró una media de 0.0744 %de acidez, esto se debe a que los tomates usados en este proyecto estuvieron más maduros

## pH de los tomates

Box -Plot pH de los tomates



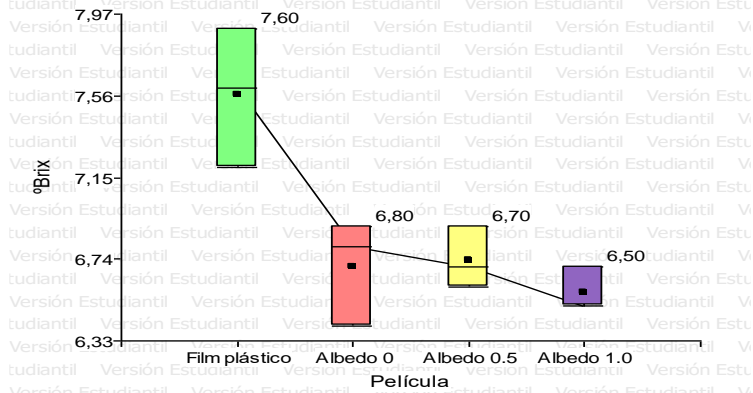
Película	Medias ± D.E	n	E.E.	
<b>Albedo 1.0%</b>	4,75 ± 0,02	3	0,02	A
<b>Film plástico</b>	4,75 ± 0,05	3	0,02	A
<b>Sin Albedo</b>	4,73 ± 0,01	3	0,02	A
<b>Albedo 0.5%</b>	4,67 ± 0,01	3	0,02	B

Rueda (2013) describió que el sabor de los frutos está vinculado al pH de los mismos, considerando que un buen sabor del fruto debe tener valores de pH entre 4.5 y 4.8 en tomates con madurez comercial

## Sólidos solubles de los tomates

Película	Medias ± D.E	n	E.E.	
Film plástico	7,57 ± 0,35	3	0,14	A
Albedo 0.5%	6,73 ± 0,15	3	0,14	B
Sin Albedo	6,7 ± 0,26	3	0,14	B
Albedo 1.0%	6,57 ± 0,12	3	0,14	B

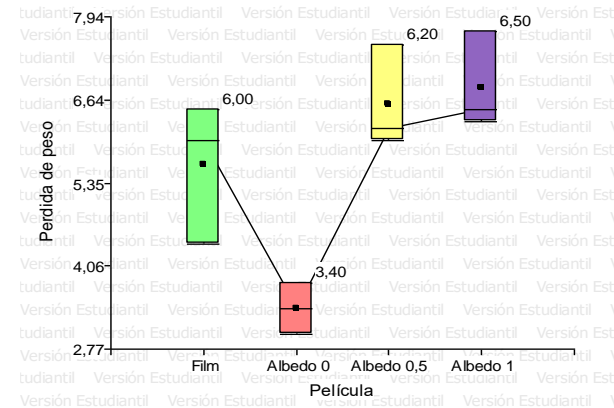
Box-Plot Sólidos solubles de los tomates



(Arana et al., 2007) menciona que al obtener este parámetro se logra determinar el grado de madurez de un fruto, en los tomates la cantidad de sólidos solubles se encuentra entre 3,5 a 7,5 °Brix de acuerdo con la variedad.

## Pérdida de peso de los tomates

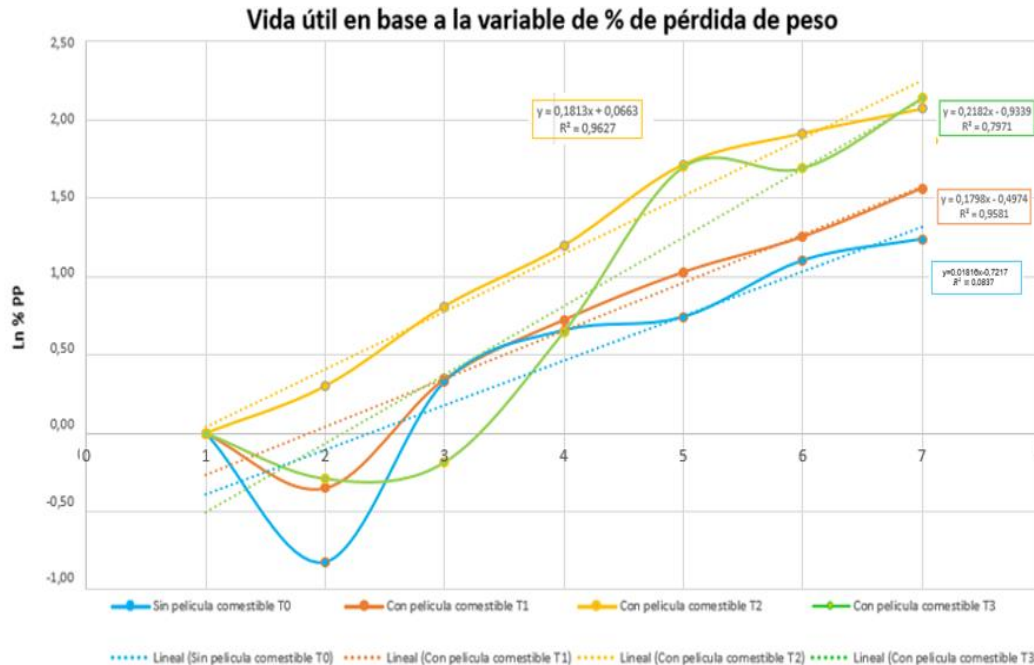
Box-Plot Pérdida de peso de los tomates de acuerdo a cada tratamiento



Película	Medias ± D.E	n	E.E.	
Albedo 1%	6,83 ± 0,76	3	0,47	A
Albedo 0,5%	6,57 ± 0,81	3	0,47	A
Film plástico	5,63 ± 1,10	3	0,47	A
Sin Albedo	3,4 ± 0,40	3	0,47	B

(Barco, Delgado, et al., 2011) 22 días se obtuvo un menor porcentaje de pérdida de (Ordoñez et al., 2014) de almidón modificado sobre frutos y hortalizas en el transcurso de 12 días disminuyeron su peso en menor porcentaje

## Vida útil en base a la variable de % de pérdida de peso



	T0	T1	T2	T3
Días	14,99	16,13	11,75	11,89

(Artes, 2007) el tomate es un fruto que tiene un rápido deterioro, esto se debe a la cantidad de agua del fruto, aproximadamente el 94% y por la actividad respiratoria, mientras sea más alta esta actividad, disminuirá la vida útil del fruto.

(Nasrin et al., 2008) logró extender la vida útil del tomate hasta 17 días, sin tratamiento previo se obtiene una vida útil de 7 días aproximadamente.

# Conclusiones

- Al desarrollar películas comestibles a base de almidón de papa con 3 niveles de albedo cítrico deshidratado, al tener un aumento en el contenido de albedo se alcanzó mayor espesor, solubilidad, biodegradabilidad, menor contenido de humedad y elongación.
- Se obtuvo un rendimiento de 35,2% de almidón de 1000 g de papa chaucha, de esta manera se elaboró las películas comestibles en el tomate Cherry con 3 niveles de Albedo cítrico de toronja deshidratado, demostrando que los gránulos de mayor tamaño pueden llegar a tener más capacidad de absorción de agua y su estructura permite la mejor incorporación de moléculas plastificantes en la formación de la película.
- En lo que corresponde a las películas comestibles se obtuvo mayor espesor utilizando albedo al 1% brindando una mayor resistencia de la misma, en cuanto a biodegradabilidad la mejor película fue la que no contenía albedo, teniendo una media del 88,13%, en un lapso de 30 días, demostrándose que el Albedo de papa al estar en contacto directo con el suelo, el aire y microorganismos aerobios, tiene una biodegradabilidad rápida sin afectar al medio ambiente, de acuerdo con la funcionalidad se demostró que prolonga significativamente la vida del Tomate Cherry respecto al film plástico que se biodegrada en el suelo entre 100 a 200 años.
- En las variables físicas y sensoriales evaluadas, se logró determinar que hubo influencia sobre la vida útil del tomate a los 12 días de almacenamiento, teniendo que el tratamiento 1 (Sin Albedo) brinda sobre el tomate Cherry mejor firmeza, apariencia y menor daño, mientras que con el uso de film plástico demostró un deterioro más rápido del fruto frente a la película comestible.



# Recomendaciones

- Se recomienda trabajar con diferente porcentaje de almidón de papa sin incrementar ningún otro producto en la elaboración de la película comestibles como fue el caso en esta investigación, de esta forma se tendrá datos más precisos de cómo actúa este en cualquier producto que se desee almacenar alargando su vida útil y conservando sus características.
- Repetir la investigación utilizando elementos a los que el albedo mejor sus propiedades mecánicas sobre la película comestibles.
- Para futuras investigaciones un análisis microbiológico de las películas comestibles.
- Investigar diferentes envases plásticos en los que se pueda colocar el fruto, para su conservación con el uso de películas comestibles.

# *¡Gracias!*

