

**Efecto de la temperatura en el proceso de maduración de verduras sensibles al etileno (brócoli) cuando estas se almacenan junto a frutas climatéricas (tomate).**

**Pregunta de investigación:**

**¿Cómo la temperatura influye en el proceso de maduración del brócoli cuando se almacena junto a frutas climatéricas como el tomate?**

**Asignatura: Biología Nivel Superior**

**Código personal: hzc947**

**Número de palabras: 3884**

**Esta Monografía debe referenciarse de la siguiente manera:**

Puertas, G. (2020). *¿Cómo la temperatura influye en el proceso de maduración del brócoli cuando se almacena junto a frutas climatéricas como el tomate?* [Trabajo de investigación. Monografía, Centro Educativo Particular San Agustín] Perú.

## ÍNDICE

ÍNDICE	
INTRODUCCIÓN.....	03
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	
1.1. Proceso de maduración .....	04
1.2. Factores que alteran el proceso de maduración .....	05
1.3. Frutas climatéricas.....	06
1.4. Verduras sensibles al etileno.....	06
CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE RESULTADOS	
2.1 Objetivo general.....	08
2.1. Objetivos específicos.....	08
2.3. Pregunta de investigación.....	08
2.4. Hipótesis.....	08
2.5. Variables.....	08
2.6. Materiales.....	09
2.7. Metodología.....	09
2.7.1. Simbología.....	09
2.7.2. Procedimiento.....	09
2.8. Resultados.....	10
2.8.1. Datos brutos.....	10
2.8.2. Datos procesados.....	14
2.9. Conclusiones.....	16
BIBLIOGRAFÍA.....	18
APÉNDICE.....	19

## INTRODUCCIÓN

La presente monografía investiga el efecto de la temperatura en el proceso de maduración de una verdura sensible al etileno como el brócoli, cuando esta se almacena junto a una fruta climatérica como el tomate. La primera hipótesis que se planteó afirma que la maduración de ambos alimentos transcurrirá de manera rápida y gradual, cuando las muestras se encuentren a una temperatura alta (22°C) y ambiental (18°C) respectivamente. Mientras que la hipótesis nula, niega la relación entre la temperatura y el tiempo de maduración de ambos alimentos juntos.

Escogí este tema debido a que leí en varias páginas de internet lo poco conveniente que era almacenar frutas con una alta tasa de emisiones de etileno (climatéricas) junto con verduras sensibles a esta fitohormona, pues esto no permitía que se conservaran en buen estado por mucho tiempo. Sin embargo, observé que en mi casa siempre se han guardado este tipo de alimentos juntos en la refrigeradora y de esta manera, su maduración se extiende por aproximadamente 2 o 3 semanas, un ejemplo de ello son el brócoli y el tomate. Debido a esta contradicción entre mi experiencia personal y la teoría, me pregunté si la temperatura tenía alguna relación directa con la maduración del brócoli, aún si este se almacenaba con frutas climatéricas.

Por otro lado, esta investigación me parece importante debido a que el proceso de maduración de frutas y verduras tiene un gran impacto en la economía del país. Si los alimentos no se almacenan a una temperatura adecuada, se conservan a corto plazo y, por ende, existe menor probabilidad de reutilización de materia prima para el consumo humano y elaboración de productos manufacturados.

En base a esto formulé la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo la temperatura influye en el proceso de maduración del brócoli cuando este se almacena junto a frutas climatéricas como el tomate? Dicha influencia en la maduración, se medirá mediante los indicadores de masa (g) y pH del brócoli.

Logré responder a la pregunta de investigación y objetivos planteados gracias al análisis de datos que realicé, para esto me apoyé de gráficas (con las que logré determinar una tendencia en la disminución de masa y pH) y cálculos estadísticos como el coeficiente de correlación, lo que me permitió establecer el grado de relación entre la temperatura y las variaciones en la masa y pH de las muestras. Finalmente, se concluyó en que una temperatura baja (2°C) es la más eficiente para ralentizar el proceso de maduración.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Proceso de maduración

Según Romojaro, el ciclo biológico de cualquier vegetal o fruto consiste en 3 etapas: crecimiento, maduración y senescencia (2006. p. 43). Sin embargo, es en la maduración donde se dan todos los cambios físicos y bioquímicos que vuelven al alimento apto para el consumo humano.

- **Respiración celular**

Kidd y West denominaron “climaterio” a la etapa de la maduración en la que se evidencia un pico en la actividad respiratoria del fruto (1925. pp. 22-33). La respiración celular es un proceso esencial en la maduración de un fruto, pues determina la producción de etileno y, por lo tanto, la rapidez con la que envejecen los tejidos vegetales.

- **Cambios durante el proceso de maduración**

Durante el proceso de maduración estos se expresan en 3 niveles distintos:

- ✓ **Cambios físicos**

Estos son los más evidentes y en lo cotidiano, nos permiten determinar si una fruta o verdura está madurando.

**Color:**

Al cosechar el fruto, este presenta una coloración verdosa, pero luego, debido al desmantelamiento de la clorofila, aparecen pigmentos como los carotenoides (por ejemplo: licopeno, en el caso del tomate) que, al ser sensibles al oxígeno, brindan al fruto su color distintivo.

**Sabor (dulzor) y aroma:**

La oxidación de los almidones durante el ciclo de Krebs produce moléculas de CO<sub>2</sub> y moléculas más sencillas como azúcares y ácidos orgánicos. La oxidación de estos componentes orgánicos proporciona el sabor dulce y aroma característico a la fruta.

**Textura:**

Se degradan los compuestos de las paredes celulares y las células se vuelven más permeables. Esto debido a que el etileno rompe los enlaces glucosídicos de la pared celular de las frutas y hace que pierdan firmeza.

Además, al desinfectar las frutas y luego almacenarlas estamos retirando aproximadamente el 50% de las ceras naturales que se encuentran en su cáscara, por lo que aceleramos el proceso mencionado anteriormente.

- ✓ **Cambios metabólicos**

### Etileno:

La maduración involucra un aumento en la tasa respiratoria de las frutas, lo que, a su vez, incrementa las emisiones de la fitohormona llamada etileno. Esta hormona vegetal se libera en forma de gas y según Crocker, es la responsable del envejecimiento de tejidos (1935. p. 231), pues desencadena el climaterio.

### pH:

Durante el proceso de maduración, los frutos presentan un aumento en su pH, volviéndose este más alcalino debido a la degradación de almidones.

## ✓ **Cambios génicos (expresión génica)**

Durante la maduración se sintetizan nuevas proteínas y pigmentos, lo que se demuestra en los cambios físicos. Se desencadena la síntesis de enzimas que llevan a cabo los procesos de descomposición.

### **1.2. Factores que alteran el proceso de maduración**

#### • **Temperatura**

La temperatura óptima para ralentizar la maduración es relativo al tipo de fruta o verdura que se desee almacenar. No obstante, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) afirma que al refrigerar los alimentos a una temperatura menos de 10°C, se controla la reproducción de microorganismos como bacterias y hongos responsables del deterioro de alimentos.

¿Qué pasa si se almacenan alimentos a temperaturas mayores? Pues el calor acelera las reacciones químicas en el ciclo de Krebs, reduciendo la actividad de enzimas participantes en el ciclo de Krebs y en consecuencia, la cantidad de ATP. El fruto comienza a degradar glucosa lo más rápido posible, y es así como aumenta la tasa de transpiración.

Se puede reducir esto en un aumento de la tasa de transpiración que es directamente proporcional al aumento de temperatura. Esto conlleva al daño rápido de los tejidos del fruto y un sabor alcohólico y desagradable.

#### • **Luz**

La luz es necesaria para la biosíntesis de determinados pigmentos y, mientras que la oscuridad acorta la maduración y hace que se llegue más rápido a la senescencia.

Un estudio publicado en el 2014 por la universidad de California, investigó el efecto de la luz visible en la maduración del brócoli, por lo que sometió 7 muestras de este a  $12 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y otros 7 (grupo control) a oscuridad total, todos a 22° C en una incubadora. Al cabo de 5 días se observó que el grupo control sufrió una disminución

de masa y decoloración significativamente alta en comparación al grupo sometido a luz LED. Esto demostró el efecto de la luz en el proceso de maduración

- **Composición gaseosa de la atmósfera**

La relación entre el nivel de oxígeno en la atmósfera es directamente proporcional a la tasa de transpiración de frutas y verduras. Esto quiere decir que, en una atmósfera con una elevada concentración de oxígeno, más rápido se dará el proceso de maduración y, a menor concentración, se retrasará la maduración debido a que no se sintetiza Etileno.

La explicación de esto radica en que el oxígeno activa la actividad de la enzima ACC oxidasa, que participa en la síntesis de Etileno. Es por ello que también, en condiciones ventosas, el etileno se dispersa y se puede prolongar el proceso de maduración de las frutas.

- **Estado físico de la fruta**

Si la fruta presenta daños físicos por golpes o caídas significa que los tejidos están dañados. El aire activa diversas enzimas y, en consecuencia, el fruto sufre un oscurecimiento rápido. Además, se favorece la degradación de azúcares y componentes orgánicos desde el área dañada y es más fácil que se de el paso de bacterias si el alimento no está refrigerado.

### **1.3. Frutas climatéricas**

En base a la tasa de producción de etileno durante la maduración, se puede clasificar a los frutos en dos categorías: climatéricos y no climatéricos.

Los frutos climatéricos son capaces de generar etileno en altas concentraciones, presentan un aumento masivo (pico) en la actividad respiratoria al cual se le conoce como climaterio, pues aceleran la maduración. Mientras que, los no climatéricos las mantienen su producción de etileno casi invariable y difícilmente maduran luego de la cosecha.

- **Tomate**

El tomate se caracteriza por tener una producción de etileno moderada ( $1,0 - 10,0 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ ). Es una fruta de textura blanda, y climatérica pues puede madurar poscosecha y presenta un climaterio durante su proceso de maduración.

### **1.4. Verduras sensibles al etileno**

- **Brócoli**

Se caracteriza por tener una alta tasa respiratoria y sensibilidad al etileno, así como una baja producción del mismo ( $< 0,1 \mu\text{L}$

$C_2H_4 \cdot kg^{-1} \cdot hr^{-1}$  a  $20^\circ C$ ). Así mismo, es un ejemplo de verdura no climatérica, pues al estar fuera de su planta de origen, madura gradualmente y sin presentar un climaterio. No obstante, hay una forma de concretar el proceso de maduración y, esto se logra gracias al etileno, pues el brócoli es altamente sensible a esta fitohormona.

Está conformado por tres partes: tallo, brotes y hojas.

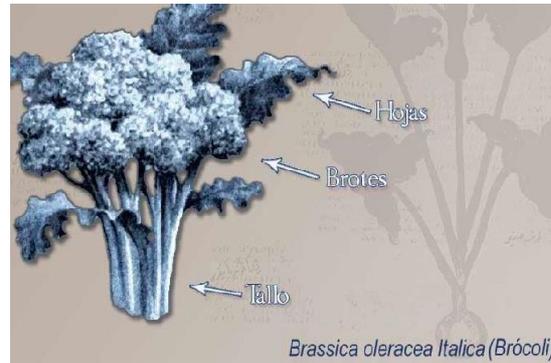


Imagen 1: Partes de un brócoli.

Fuente: [http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2714&r=ReP-20161-DETALLE\\_REPORTAJESPADRE](http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2714&r=ReP-20161-DETALLE_REPORTAJESPADRE)

## CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 2.1. Objetivo general

- Identificar el efecto de la temperatura en el proceso de maduración de alimentos sensibles al etileno cuando se almacenan con frutas climatéricas.

### 2.2. Objetivos específicos

- Medir los cambios en el pH y biomasa de verduras sensibles al etileno cuando, a diferentes temperaturas, su proceso de maduración ocurre junto a frutas climatéricas.
- Comparar y contrastar dichos cambios.
- Explicar el efecto de la temperatura en el proceso de maduración de verduras sensibles al etileno cuando se almacenan con frutas climatéricas.

### 2.3. Pregunta de investigación

¿Cómo la temperatura influye en el proceso de maduración del brócoli cuando este se almacena junto a frutas climatéricas como el tomate?

### 2.4. Hipótesis

**H<sub>1</sub>:** A mayor temperatura, el proceso de maduración del brócoli será más rápido. A temperatura ambiente se dará de manera gradual y, a una temperatura baja, se ralentizará.

**H<sub>0</sub>:** No hay relación entre la temperatura y el proceso de maduración del brócoli.

### 2.5. Variables

- **Variable independiente:** Temperatura (alta, ambiental y baja)
- **Variable dependiente:** Proceso de maduración del brócoli  
*\*Indicadores:* Cambios en su biomasa y pH.
- **Variables control:** Estado físico de la fruta y luz (oscuridad).
- **Variables intervinientes:** Humedad, niveles de CO<sub>2</sub> y oxígeno, ventilación y origen de la verdura.

## 2.6. Materiales

Instrumentos	Equipos	Material biológico
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 21 cajas pequeñas de tecnopor (poliestireno) con tapa</li><li>▪ Guantes de látex</li><li>▪ 7 focos de luz amarilla tradicionales (los que calientan)</li><li>▪ Rotulador</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Termómetro digital.</li><li>▪ pH metro</li><li>▪ Balanza analítica</li><li>▪ Refrigeradora</li></ul>	<p><i>*Ambos alimentos deben estar en un buen estado físico.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ 3 brócolis (mínimo 7 brotes por cada uno)</li><li>▪ 21 tomates pequeños.</li></ul>

## 2.7. Metodología

### 2.7.1. Simbología

G <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>
G <sub>2</sub>	O <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
G <sub>3</sub>	O <sub>1</sub>	X <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>

#### Leyenda:

- G<sub>1</sub>: Grupo experimental 1.
- G<sub>2</sub>: Grupo experimental 2.
- G<sub>3</sub>: Grupo experimental 3.
- O<sub>1</sub>: Variaciones en la masa (g) en los 3 grupos experimentales.
- X<sub>1</sub>: Temperatura alta (24°C).
- X<sub>2</sub>: Temperatura ambiente (18°C).
- X<sub>3</sub>: Temperatura baja (2°C).
- O<sub>2</sub>: Medición de masa (g) durante 7 días.
- O<sub>3</sub>: Medición de masa (g) durante 21 días.

### 2.7.2. Procedimiento

*\*Indicación general: No lavar ninguna fruta o verdura, pues se elimina parte de su cera natural.*

#### Experimentación a temperatura alta (22°C)

- A. Con los guantes de látex puestos, separar cuidadosamente 7 brotes de brócoli del mismo tallo.
- B. Masar cada brote (procurar que su masa sea similar) con la balanza y anotar los datos en la tabla 1 (o según indique el título de la tabla).
- C. Colocar cada brote junto con un tomate en una caja de tecnopor diferente y tapar.

- D. Repetir esto con los 7 brotes y rotular cada caja con el número de muestra y hora exacta.
- E. Colocar los focos tradicionales en un lugar donde no se muevan con facilidad y encenderlos.
- F. Medir la temperatura con el termómetro digital, asegurándose de que sea igual a 22°C.
- G. Colocar las 7 muestras en medio de los focos.
- H. Cada día a la misma hora, masar el brócoli. Hacer esto en un ambiente con las mismas condiciones de temperatura para reducir lo más posible que se afecte la experimentación.



**Imagen 2: Montaje de experimentación a temperatura alta (22°C) con focos tradicionales.**

#### Experimentación a temperatura ambiente (18°C)

- A. Repetir el procedimiento anterior hasta el paso D.
- B. Colocar las muestras en un espacio abierto
- C. Revisar la temperatura en la página del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú). El día que se inició la experimentación era de 18°C, por lo que se uso esa como temperatura ambiente durante todo el proceso.
- D. Cada día a la misma hora, masar el brócoli. Hacer esto en un ambiente con las mismas condiciones de temperatura para reducir lo más posible que se afecte la experimentación.

#### Experimentación a temperatura baja (2°C)

- A. Repetir el primer procedimiento anterior hasta el paso D.
- B. Colocar las muestras en el área de verduras de la refrigeradora (este mantiene una temperatura de 2°C en todo momento).
- C. Cada día a la misma hora, masar el brócoli. Hacer esto en un ambiente con las mismas condiciones de temperatura para reducir lo más posible que se afecte la experimentación.

## **2.8. Resultados**

### **2.8.1. Datos brutos**

<b>Tabla 1:</b> Registro de pH y masa inicial de grupo experimental sometido a una alta temperatura (22°C)								
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Promedios
<b>pH</b>	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	<b>6,5</b>
<b>Masa (g)</b>	32	33	33	37	34	32	35	<b>33,71</b>

<b>Tabla 2:</b> Registro de pH y masa inicial de grupo experimental sometido a temperatura ambiente (18°C)								
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Promedios
<b>pH</b>	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	<b>6,5</b>
<b>Masa (g)</b>	41	42	45	44	40	43	44	<b>42,71</b>

<b>Tabla 3:</b> Registro de pH y masa inicial de grupo experimental sometido a una temperatura baja (2°C)								
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Promedios
<b>pH</b>	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	<b>6,5</b>
<b>Masa (g)</b>	41	43	39	41	43	41	42	<b>41,43</b>

### Semana 1

<b>Tabla 4:</b> Registro de masa (g) de grupo experimental sometido a una alta temperatura (22°C)								
Día	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Promedio
<b>1</b>	31	32	32	36	33	31	34	32,71
<b>2</b>	29	30	30	35	31	29	32	30,86
<b>3</b>	28	30	29	34	30	28	31	30,00
<b>4</b>	26	29	28	33	29	27	30	28,86
<b>5</b>	25	28	27	32	28	26	29	27,86
<b>6</b>	24	27	25	31	27	25	28	26,71
<b>7</b>	25	26	24	29	26	24	27	25,86
<b>Promedio general</b>								<b>28,98</b>

<b>Tabla 5:</b> Registro de pH de grupo experimental sometido a una alta temperatura (22°C)							
Día	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7
<b>7</b>	6,9	6,8	7,1	6,9	6,8	6,9	6,9
<b>Promedio general</b>	<b>6,9</b>						

Día	Tabla 6: Registro de masa (g) de grupo experimental sometido a temperatura ambiente (18°C)							Promedio
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	
1	40	41	44	43	39	42	44	41,86
2	39	40	43	42	38	41	43	40,86
3	37	39	43	42	38	41	42	40,29
4	37	38	42	41	37	40	42	39,57
5	36	38	41	40	36	39	41	38,71
6	35	37	41	40	36	38	40	38,14
7	35	37	40	39	36	39	40	38
<b>Promedio general</b>								<b>39,63</b>

Día	Tabla 7: Registro de pH de grupo experimental sometido a temperatura ambiente (18°C)						
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7
7	6,8	6,6	6,6	6,6	6,7	6,6	6,7
<b>Promedio general</b>	<b>6,7</b>						

Día	Tabla 8: Registro de masa (g) de grupo experimental sometido a temperatura baja (2°C)							Promedio
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	
1	41	43	38	41	43	41	42	41,29
2	40	43	38	41	43	41	42	41,14
3	40	42	37	40	42	40	41	40,29
4	39	42	37	40	42	40	40	40,00
5	39	42	37	39	42	40	40	39,86
6	38	41	37	39	42	40	40	39,57
7	38	41	37	39	42	40	40	39,57
<b>Promedio general</b>								<b>40,24</b>

**Semana 2**

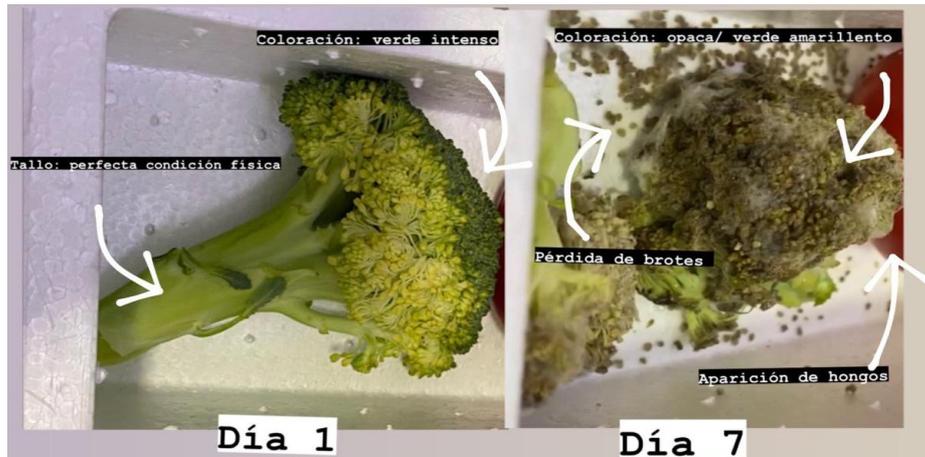
<b>Tabla 9: Registro de masa de grupo experimental sometido a temperatura baja (2°C)</b>								
<b>Día</b>	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	<b>Promedio</b>
<b>1</b>	38	41	37	40	42	40	39	39,57
<b>2</b>	38	41	37	40	42	40	39	39,57
<b>3</b>	38	40	36	39	41	39	39	38,86
<b>4</b>	37	40	36	39	41	39	37	38,43
<b>5</b>	37	40	36	38	41	38	36	38,00
<b>6</b>	37	39	36	38	41	38	36	37,86
<b>7</b>	36	38	35	38	40	38	36	37,57
<b>Promedio general</b>								<b>38,55</b>

### Semana 3

<b>Tabla 10: Registro de masa de grupo experimental sometido a temperatura baja (2°C)</b>								
<b>Día</b>	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	<b>Promedio</b>
<b>1</b>	36	38	35	37	40	37	35	36,86
<b>2</b>	36	36	35	37	40	37	35	36,57
<b>3</b>	36	37	35	37	40	36	35	36,57
<b>4</b>	35	36	34	36	40	36	34	35,86
<b>5</b>	35	36	34	36	40	36	34	35,86
<b>6</b>	34	35	33	35	39	35	33	34,86
<b>Promedio general</b>								<b>36,10</b>

<b>Tabla 11: Registro de pH de grupo experimental sometido una temperatura baja (2°C)</b>							
<b>Día</b>	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7
<b>7</b>	6,7	6,6	6,6	6,7	6,7	6,7	6,7
<b>Promedio general</b>	<b>6,7</b>						

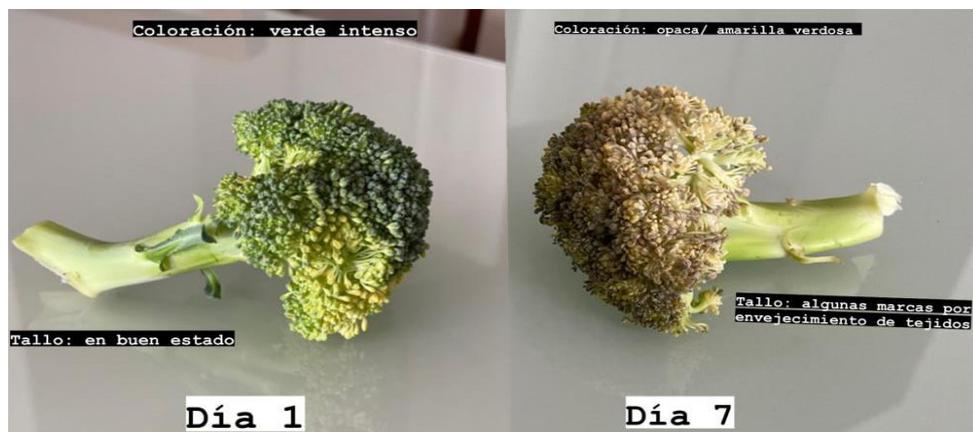
**Imagen 3:** Cambios físicos en brócoli de grupo experimental sometido a temperatura alta (22°C) durante 1 semana.



**Imagen 4:** Cambios físicos en brócoli de grupo experimental sometido a temperatura ambiente 18°C durante 1 semana.

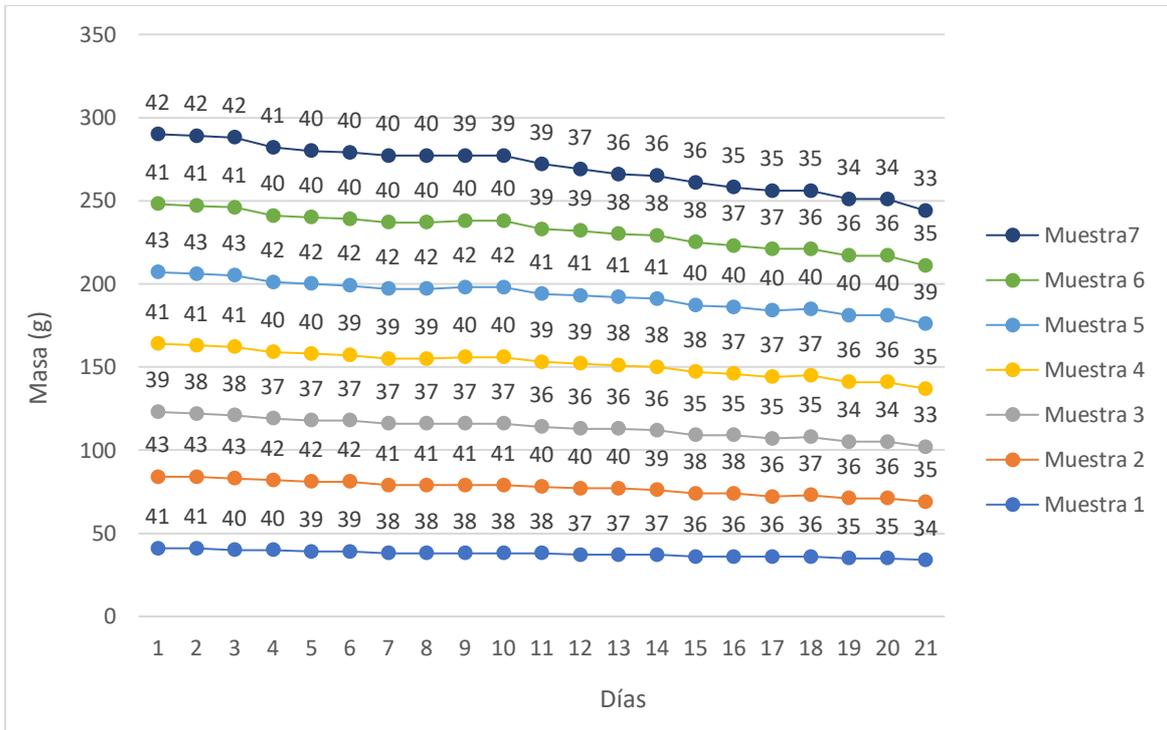


**Imagen 5:** Cambios físicos en brócoli de grupo experimental sometido a temperatura baja (2°C) durante 3 semanas.

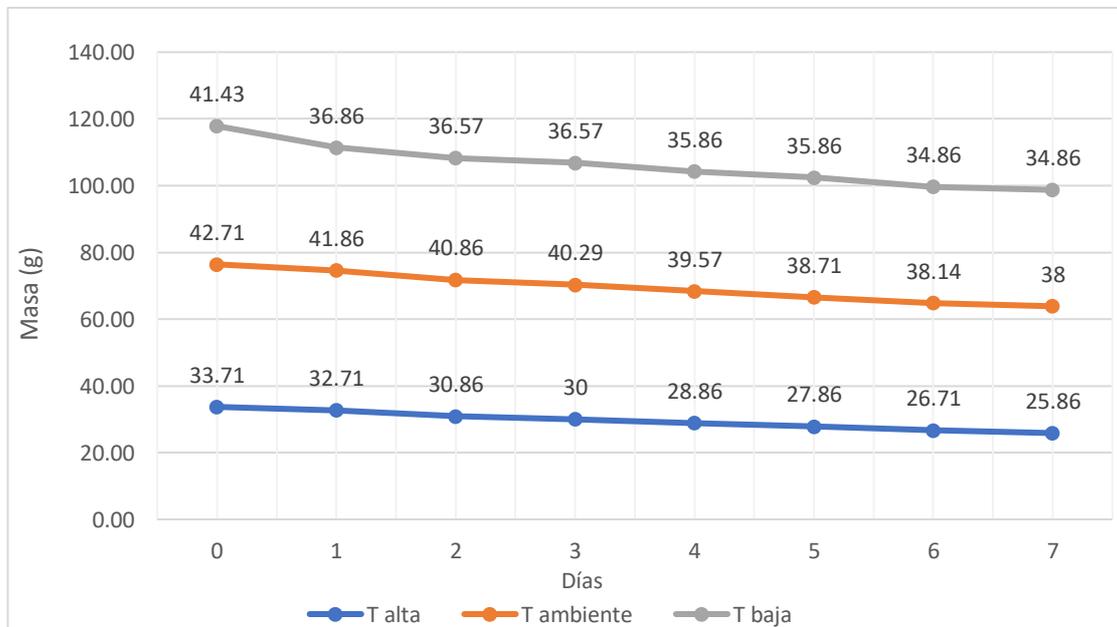


## 2.8.2. Datos procesados

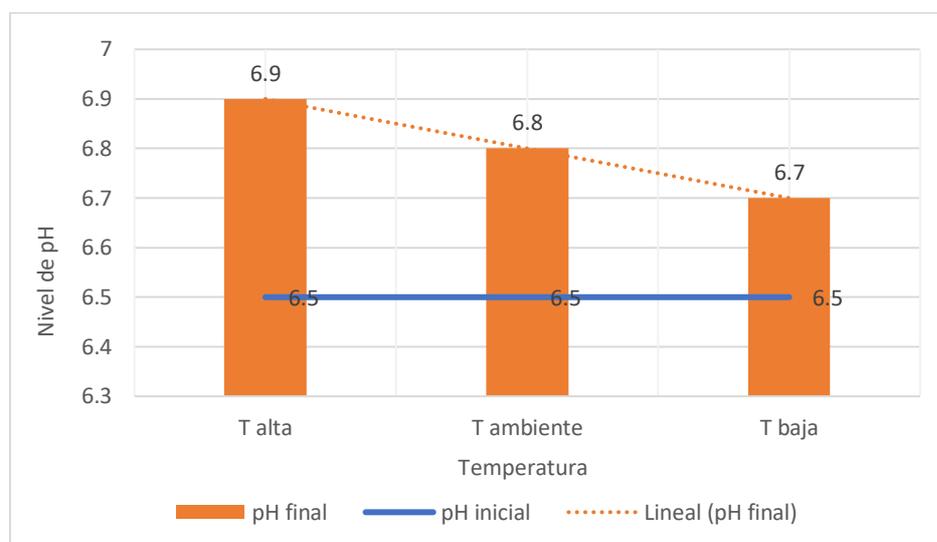
**Gráfica 1: Variaciones en la masa de grupo experimental sometido a temperatura baja (2°C) durante las 3 semanas de experimentación.**



**Gráfica 2: Variaciones en la masa de los 3 grupos experimentales al término de la experimentación.**



**Gráfica 3:** Variación de pH en los 3 grupos experimentales al término de la experimentación.



**\*Coeficiente de correlación**

- Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre la temperatura empleada en cada grupo experimental y la disminución de masa registrada en el mismo, al cabo de 1 semana.
- En el caso de el grupo experimental sometido a una temperatura baja (2°C), se tomó en cuenta la diferencia de masa al cabo de 3 semanas.
- El coeficiente de correlación de Pearson se mide en un intervalo de -1 al 1. Si el resultado es cercano a 1, la relación entre las variables es fuerte.

<i>Temperatura</i>		<i>df masa (g)</i>	
Temperatura	1		Correlación fuerte
df masa (g)	0,68506777	1	

<i>Temperatura</i>		<i>df pH</i>	
Temperatura	1		Correlación fuerte
df pH	0,98198051	1	

**2.9. Conclusiones**

Se puede concluir que la primera hipótesis planteada es correcta, puesto que en la gráfica 2 y otras tablas, se observa que las muestras expuestas a una temperatura de 2°C (baja), tardaron 3 semanas en culminar su proceso de maduración. Mientras que los grupos sometidos a temperatura ambiente (18°C) y alta (22°C), tardaron 7 días en madurar exactamente.

Los indicadores establecidos para medir la variable dependiente también justifican ello, al ser la disminución en la masa del brócoli más significativa y rápida cuando se emplea una temperatura de 18°C y 22°C. Así mismo, la

línea de tendencia en la gráfica 3, evidencia que el pH incrementa con una diferencia de 0,1 desde la muestra expuesta a temperatura alta. Además, con el coeficiente de correlación de Pearson se demostró que existe un grado de relación fuerte entre la temperatura y las variaciones en el pH y masa de las muestras de brócoli.

Los resultados de la experimentación respaldan la información expuesta en el marco teórico, pues altas temperaturas incrementan la tasa de respiración celular, generando que, en el caso de frutas climatéricas como el tomate, las emisiones de Etileno incrementen. Al ser el brócoli una verdura sensible a esta hormona, su proceso de maduración se acelera al entrar en contacto directo con el Etileno.

Parte de las limitaciones en esta experimentación radican en las mediciones de masa pH de las muestras. La balanza con la que contaba no me permitió masar los miligramos, por lo que la incertidumbre de mis mediciones aumenta en cierta medida. Por otro lado, con el pH me vi en la necesidad de basarme en un valor inicial teórico y compararlo con el final, cuyo valor si determiné con un pH metro. Cabe recalcar que esto fue para no dañar el estado físico del brócoli y evitar la actividad de enzimas que sintetizan etileno, promueven el envejecimiento de tejidos, etc. (como lo indica el marco teórico).

Para esto, recomiendo realizar las mediciones de pH con tornasol u otro método que no requiera dañar físicamente al vegetal. Si bien es cierto, los valores resultantes serían menos precisos que al un pH metro, se obtendría un valor estimado con el que establecería una tendencia más exacta y, se podrían hacer comparaciones más a profundidad entre las 3 muestras, como se hizo en la gráfica 2.

### 3. Bibliografía

Romojaro, F. (2006). Mecanismos reguladores de la maduración de los frutos climatéricos. Academia de ciencias de la Región de Murcia.

Crocker, W. Hitchcock, A. Zimmerman, P. (1935). Similarities in the effects of ethylene and the plant auxins. Boys Thompson Institute.

Bedoya, G. Hernández, C. (2014). Rol del Etileno en la maduración de los frutos. Universidad Católica Sedes Sapientiae.

Blandón, S. (2012). Fisiología de poscosecha. UNI

González, E. (2013). Recolección, transporte, almacenamiento y acondicionamiento de la fruta. Ic editorial.

Martínez, M. Morales, R. Tejacal, I. Cortes, M. Palomino, Y. López, G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. Revista mexicana de ciencias agrícolas.

Vegas, J. (2014). "Estudio genético de la amduración del fruto en melón en la línea isogénica SC3-5-1". Tesis inédita de doctorado. Universidad Autónoma de barcelona. Barcelona

Piñeiro, M. Díaz, L. (2004). Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas: un enfoque práctico manual para multiplicadores. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Consultado el 10 de julio 2020. <https://www.gob.pe/senamhi>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Consultado el 9 de agosto 2020. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ficha\\_n\\_4\\_-\\_conservacin\\_frigorfica\\_3.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ficha_n_4_-_conservacin_frigorfica_3.pdf)

### 3.1. Apéndice

#### Fotos del montaje (experimentación)

Imagen 6: Muestras expuestas a temperatura fría (2°C) durante 3 semanas.

