



**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA Y CIENCIAS DE  
LA SALUD**

**ESCUELA PROFESIONAL DE NUTRICIÓN HUMANA**

**TESIS**

**“EFECTO DEL TIPO DE CULTIVO Y LA TEMPERATURA  
SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL TOMATE  
VARIEDAD CHERRY (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADA EN  
NUTRICIÓN HUMANA**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:**

**THALIA DEVAKI ACOSTA SOLANO**

**ASESORA:**

**Mg. KAREN VANESSA QUIROZ CORNEJO**

**LIMA – PERÚ, DICIEMBRE 2017**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mis padres y a mi hermano por el apoyo incondicional que siempre me brindan.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por todo su apoyo y a mi asesora, la Mg. Karen Quiroz por su orientación y apoyo en la realización del presente trabajo.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN .....	XI
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>12</b>
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	12
1.2 Problemas de investigación.....	13
1.2.1 Problema general .....	13
1.2.2 Problemas específicos .....	13
1.3 Objetivos de la investigación .....	13
1.3.1 Objetivo genera .....	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
1.4 Justificación, importancia y limitaciones de la investigación .....	14
<b>CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN ....</b>	<b>17</b>
2.1 Hipótesis de la investigación .....	17
2.1.1 Hipótesis General .....	17
2.1.2 Hipótesis Específicas.....	17
2.2 Variables de la investigación .....	18
2.2.1 Identificación y clasificación de variables.....	18
2.2.2 Operacionalización de las variables .....	18

<b>CAPITULO III – MARCO TEÓRICO</b> .....	19
3.1 Antecedentes de la Investigación.....	19
3.1.1 Antecedentes Nacionales.....	19
3.1.2 Antecedentes Internacionales .....	24
3.2 Bases Teóricas.....	29
3.2.1 Radicales libres .....	29
3.2.2 Estrés oxidativo .....	34
3.2.3 Enfermedades que se asocian al estrés oxidativo .....	35
3.2.4 Antioxidantes .....	39
3.2.5 Generalidades del tomate.....	45
3.2.6 Origen e historia del tomate.....	46
3.2.7 Valor nutricional del tomate .....	47
3.2.8 Capacidad antioxidante del tomate.....	48
3.2.9 Efecto de la T° sobre los antioxidantes del tomate.....	51
3.2.10 Taxonomía del tomate .....	53
3.2.11 Época y producción del tomate.....	53
3.2.12 Consumo per cápita de tomate.....	54
3.2.13 Cultivo tradicional .....	54
3.2.14 Hidroponía .....	55
3.2.15 Temperatura ambiente.....	57
3.2.16 Temperatura de ebullición .....	57
3.2.17 Métodos para evaluar la capacidad antioxidante.....	58
3.3 Definición de términos .....	59
<b>CAPÍTULO IV - METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	62
4.1 Tipo y Nivel de la investigación .....	62
4.1.1 Tipo de investigación .....	62
4.1.2 Nivel de investigación .....	62
4.2 Método y Diseño de la investigación .....	63

4.2.1	Método de investigación .....	63
4.2.2	Diseño de investigación .....	63
4.3	Población y Muestra de la investigación.....	63
4.3.1	Población .....	63
4.3.2	Muestra.....	63
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	64
4.4.1	Técnicas .....	64
4.4.2	Instrumentos.....	64
4.5	Procedimiento de recolección de datos .....	65
<b>CAPÍTULO V – PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>68</b>
5.1	Análisis de tablas y gráficos .....	68
DISCUSIONES .....		76
CONCLUSIONES .....		81
RECOMENDACIONES.....		82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		83
ANEXOS.....		93
-	Anexo 1 Matriz de Consistencia.....	93
-	Anexo 2. Constancia de identificación taxonómica .....	95
-	Anexo 3 Ficha de recolección de datos.....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA N° 1</b> Clasificación y abreviatura de los radicales libres.....	33
<b>TABLA N° 2</b> Clasificación de los antioxidantes .....	45
<b>TABLA N° 3</b> Contenido nutricional detallado de dos tipos de tomate.....	48
<b>TABLA N° 4</b> Contenido de licopeno en diferentes presentaciones de tomate .....	52

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Gráfico N°1** Porcentaje de inhibición de DPPH del extracto acuoso de *S. lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) a T° ambiente.68
- Gráfico N°2** Porcentaje de inhibición DPPH del extracto acuoso de *S. lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) a T° de ebullición por 10 minutos .....69
- Gráfico N°3** Porcentaje de inhibición de DPPH del extracto acuoso *S. lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) a T° de ebullición por 15 minutos .....70
- Gráfico N°4** Porcentaje de inhibición de DPPH del extracto acuoso de *S. lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) hidropónico a T° ambiente y T° de ebullición .....71
- Gráfico N°5** Porcentaje de inhibición de DPPH del extracto acuoso de *S. lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) tradicional a T° ambiente y T° de ebullición.....72
- Gráfico N°6.** Coeficiente de inhibición medio (CI50) del extracto acuoso de *S. lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) a T° ambiente y T° de ebullición.....73
- Gráfico N°7.** Contenido de vitamina C en 100 g de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) a T° ambiente.....74
- Gráfico N°8** Contenido de vitamina C en 100 g de *S. lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) a T° ambiente y T° de ebullición .74



## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar el efecto del tipo de cultivo y la temperatura sobre la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry). **Materiales y Métodos:** Se analizó el extracto acuoso del *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo hidropónico y tradicional. Para determinar la capacidad antioxidante del *S. lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) se utilizó el método 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH\*). **Resultados:** Al determinar la capacidad antioxidante se encontró que el *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo tradicional presentaba un Coeficiente de Inhibición Medio (CI 50) de 2,4 mg/ml a temperatura ambiente y un CI 50 de 1,8 mg/ml cuando se somete a ebullición por 10 minutos y a los 15 minutos un CI 50 de 1,6 mg/ml. Para el *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo hidropónico presentó un CI 50 de 1,9 mg/ml a temperatura ambiente y al someterse a temperatura de ebullición por 10 minutos tiene un CI50 de 1,5 mg/ml y a los 15 minutos un CI 50 de 1,3 mg/ml. Al hacer el análisis estadístico se encontró un valor  $r=-0.982$  y  $r=-0.961$  para el cultivo hidropónico y tradicional respectivamente, lo que indica que es estadísticamente significativo, con una relación alta e inversamente proporcional, por lo que a un menor CI 50 hay una mayor capacidad antioxidante. **Conclusiones:** El tipo de cultivo modifica la capacidad antioxidante, siendo el hidropónico el que presenta mayor capacidad antioxidante y el efecto de la temperatura modifica de forma directamente proporcional, aumentando su capacidad antioxidante.

**Palabras claves:** Capacidad antioxidante, tomate cherry, *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme, hidroponía, temperatura

## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the effect of the type of culture and the temperature on the antioxidant capacity of *Solanum lycopersicum* var. cerasiform (tomato cherry). **Materials and Methods:** The aqueous extract of *S. lycopersicum* var. cerasiform hydroponic and traditional culture. To determine the antioxidant capacity of *S. lycopersicum* var. cerasiforme (tomato cherry) the method 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil (DPPH \*) was used. **Results:** When determining the antioxidant capacity it was found that *S. lycopersicum* var. cerasiforme traditionally cultivated had an Average Inhibition Coefficient (IC 50) of 2.4mg/ml at room temperature and an IC 50 of 1.8 mg / ml when boiling occurred for 10 minutes and 15 minutes in an IC 50 of 1.6 mg / ml. For *S. lycopersicum* var. cerasiform hydroponic culture presented an IC 50 of 1.9 mg/ml at room temperature and a boiling temperature for 10 minutes has an IC50 of 1.5 mg / ml and at 15 minutes an IC 50 of 1.3 mg / ml . When doing the statistical analysis, a value of  $r = -0.982$  and  $r = -0.961$  was found for the hydroponic and traditional culture respectively, which indicates that it is statistically significant, with a high and inversely proportional relationship, so that a lower CI 50 has a greater antioxidant capacity. **Conclusions:** The type of crop modified the antioxidant capacity, being the hydroponic one that presents greater antioxidant capacity and the effect of the temperature modifies the directly proportional form, increases its antioxidant capacity.

**Key words:** Antioxidant capacity, cherry tomato, *Solanum lycopersicum* var. cerasiform, hydroponics, temperatura

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, se puede ver que es mayor la exposición de las personas a la contaminación ambiental, la radiación, los pesticidas, el aumento del sedentarismo, una mala alimentación y el consumo de aditivos químicos a través de los productos ultra procesados generando un incremento de los radicales libres en su organismo.

Cuando hay un exceso y desbalance de los radicales libres se genera un estrés oxidativo que desencadena diversas enfermedades, como el cáncer, cardiopatías, entre otras. Para contrarrestar este estrés oxidativo están los antioxidantes, que los podemos encontrar en las frutas y verduras.

Los antioxidantes son compuestos con propiedades fitoquímicas, que nos ayudan a controlar el proceso de estrés oxidativo, ejerciendo un efecto protector frente a este proceso; sin embargo, existen diferentes factores que pueden afectar estas propiedades. Por ejemplo, el tipo de cultivo, el pH del suelo, el tipo de riego, el proceso de maduración, el procesamiento, el almacenamiento, la temperatura, entre otros.

Por tal motivo, el objetivo de esta tesis es evaluar el efecto del tipo de cultivo y la temperatura sobre la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry), y así poder fomentar e incrementar el consumo de estos alimentos.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción de la realidad problemática

Diversos factores internos y externos generan los radicales libres en nuestro organismo. Cuando éstos se producen en exceso se genera el estrés oxidativo, el cual está implicado en muchos procesos fisiopatológicos. (1) El estrés oxidativo, afecta indiscriminadamente a diversas biomoléculas, ocasionando, por ejemplo, diversas mutaciones en el ácido desoxirribonucleico (ADN), oxidación de moléculas de glucosa, peroxidación de lípidos, procesos inflamatorios y disfunción endotelial, siendo así un factor de riesgo para las enfermedades cardiovasculares, cáncer, envejecimiento, entre otras. (2)

Los antioxidantes, que están en las frutas y verduras, son compuestos que tienen propiedades fitoquímicas que ayudan a controlar e inhibir el estrés oxidativo al donar un electrón a los radicales libres.

El tomate es un fruto muy consumido y se considera que tiene un gran poder antioxidante por los componentes nutritivos que contiene, como el licopeno, vitamina A, vitamina C, flavonoides, entre otros, los cuales le dan este poder antioxidante. Sin embargo, existen diferentes factores durante su cultivo, maduración y procesamiento que pueden afectar su contenido nutricional, por lo tanto, su poder antioxidante. Por ejemplo, el tipo de cultivo, la maduración, el procesamiento, la temperatura, entre otros. Además, las personas creen que, al someter los alimentos a la temperatura éstos pierden sus valores nutricionales. Por lo que decidimos investigar dos factores de los antes mencionados, el tipo de cultivo y la temperatura.

## 1.2 Problemas de investigación

### 1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto del tipo de cultivo y la temperatura sobre la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry)?

### 1.2.2 Problemas específicos

1.2.2.1 ¿Cuál es el efecto del tipo de cultivo hidropónico y tradicional sobre la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry)?

1.2.2.2 ¿Cuál es el efecto de la temperatura ambiente y ebullición sobre la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry)?

1.2.2.3 ¿Cuál es el efecto del tipo de cultivo sobre la cantidad de vitamina C del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry)?

1.2.2.4 ¿Cuál es el efecto de la temperatura sobre la cantidad de vitamina C del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry)?

## 1.3 Objetivos de la investigación

### 1.3.1 Objetivo general:

Evaluar el efecto del tipo de cultivo y la temperatura sobre la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry).

### 1.3.2 Objetivos específicos:

1.3.2.1 Determinar el efecto del tipo de cultivo hidropónico y tradicional sobre la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry).

1.3.2.2 Determinar el efecto de la temperatura ambiente y de ebullición sobre la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry).

1.3.2.3 Determinar el contenido de vitamina C del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) según el tipo de cultivo.

1.3.2.4 Determinar el contenido de vitamina C del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) según a temperatura ambiente y de ebullición.

## 1.4 Justificación, importancia y limitaciones de la investigación

### 1.4.1 Justificación de la Investigación

El consumo de frutas y verduras ha sido asociado con una menor incidencia y mortalidad más baja de patologías como cáncer, cardiopatías y enfermedades cerebrovasculares, dicha actividad se atribuye a los diferentes antioxidantes contenidos en ellos, como vitamina C, vitamina E, polifenoles y algunos flavonoides que con frecuencia son componentes de la dieta humana y que demuestran una fuerte capacidad antioxidante. (3)

El tomate tiene diferentes componentes nutritivos que le dan su poder antioxidante, como el licopeno, vitamina C, polifenoles, flavonoides, entre otros. Por lo que también decidimos investigar

la cantidad de vitamina C que contiene, ya que es uno de sus componentes nutritivos con poder antioxidante.

Existen múltiples factores que afectan el contenido nutricional del tomate, dentro de ellos escogimos dos para investigar, el tipo de cultivo (hidropónico y tradicional) y la temperatura (ambiente y ebullición).

En la actualidad las personas están empezando a preocuparse por el origen y tipo de cultivo de los alimentos que consumen. Se sabe que “el tomate hidropónico y orgánico tiene un mercado potencial, ya que hay una tendencia en la gente joven al conocimiento y consumo de los productos cultivados con agua limpia y sin pesticidas”. (4) Aunque se considera que este tipo de cultivo tiene un costo elevado, con esta investigación queremos demostrar si vale la pena adquirir y consumir los frutos cultivados en hidroponía en comparación a los de cultivo tradicional.

Por otro lado, existe la creencia de que al someter los alimentos a altas temperaturas o cocinarlos, pierden sus propiedades benéficas para la salud, por lo que nos propusimos investigar si la temperatura de ambiente y ebullición modifica la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry).

#### 1.4.2 Importancia de la Investigación

Al realizar esta investigación podremos demostrar y dar a conocer si el tipo de cultivo hidropónico ejerce un efecto sobre la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry); en tal sentido dar a conocer si es una mejor opción al momento de escoger y adquirir nuestros alimentos. También se

podrá promover e incrementar su consumo para poder aprovechar sus propiedades antioxidantes y así prevenir las enfermedades crónico-degenerativas y el envejecimiento. Este estudio también ayuda a incrementar su cultivo; ya que, en los últimos tiempos la hidroponía ha sido promovida para propiciar la generación de ingresos y producción intensiva en espacios pequeños, además en muchos países son parte de programas nacionales siendo una opción en la mejora del ingreso y de la calidad de vida de la población (4-5).

Además, podremos dar a conocer si la temperatura de ebullición tiene un efecto sobre la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) y así tener un fundamento con el cuál recomendar a la población en qué otras preparaciones se pueden incluir, porque normalmente se acostumbra a consumir el tomate fresco o a temperatura ambiente.

#### 1.4.3 Limitaciones de la investigación

Las limitaciones del presente estudio se dan por la falta de equipamiento y disponibilidad de los laboratorios para poder realizar las determinaciones. Otra limitación fue la falta de financiamiento para los reactivos y equipos en buen estado, ya que estos tienen un elevado costo.



## CAPÍTULO II

### HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1 Hipótesis de la investigación

##### 2.1.1 Hipótesis general

El efecto de los tipos de cultivo y la temperatura modifican la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* (tomate cherry).

##### 2.1.2 Hipótesis específicas

2.1.2.1 El efecto del tipo de cultivo modifica la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* (tomate cherry).

2.1.2.2 El efecto de la temperatura modifica la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* (tomate cherry).

2.1.2.3 El tipo de cultivo modifica el contenido de vitamina C del *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* (tomate cherry).

2.1.2.4 El efecto de la temperatura modifica el contenido de vitamina C del *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* (tomate cherry).

## 2.2 Variables de la investigación

### 2.2.1 Identificación y clasificación de Variables

- Variable independiente:

Tipo de cultivo

Temperatura

- Variable dependiente:

Capacidad antioxidante

### 2.2.2 Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	CATEGORÍAS Y PUNTOS DE CORTE.
<b>Independiente (X)</b> Tipo de cultivo	Es el método para cultivar plantas en el suelo o algún otro medio para obtener sus frutos	Hidropónico	Cultivo hidropónico
		Tradicional	Cultivo tradicional
Temperatura	Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente	T° ambiente	25 °C
		T° de ebullición	100 °C
<b>Dependiente (Y)</b> Capacidad antioxidante	Es el conjunto de antioxidantes y el poder que estos tienen para neutralizar a los radicales libres.	Capacidad antioxidante: Cl 50 en mg/ml	Concentración de muestra que reduce 50% solución DPPH*
		Contenido de Vitamina C	mg de Ácido ascórbico/ 100 gr de muestra fresca

Fuente: Elaboración propia. T.D.A.S. 2017

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes de la investigación

##### 3.1.1 Antecedentes Nacionales

CACHAY E., “Efecto del tiempo de cocción por hervido sobre capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara”. **2016**. (6)

El objetivo de esta tesis fue determinar el efecto del tiempo de cocción por hervido sobre la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara. Se utilizó la *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) fresca, la muestra biológica fue un extracto acuoso de la Arracacha; se utilizó el método de reducción del radical libre estable 2,2 difenil - 1 - picrilhidrazil (DPPH\*) y reactivo de Folin y Ciocalteu. La arracacha con cáscara tuvo un porcentaje de reducción de DPPH\* de 72% en crudo y 38% pasado los 20 minutos de cocción, mientras que la arracacha sin cáscara redujo desde un 63% hasta un 33% pasado los 20 minutos de cocción. El contenido de polifenoles totales fue mayor en crudo, siendo el valor más elevado para la muestra con cáscara y el menor valor para la muestra de postcocción por hervido de 20 minutos en la arracacha sin cáscara. Al finalizar el estudio se llegó a la conclusión de que el tiempo de cocción por hervido disminuye la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara.

ARAPA A., CAHUANA D. "Efecto de la temperatura y tiempo de escaldado en la capacidad antioxidante de la pulpa de cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) y carambola (*Averrhoa Carambola L.*). **2015.**(7)

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la temperatura y tiempo de escaldado sobre la capacidad antioxidante de pulpa de la *Solanum sessiliflorum dunal* (cocona) y *Averrhoa carambola L.* (carambola). Se trabajó a temperaturas de: 85, 90 y 95 °C y tiempos: 15, 20 y 25 min., para la obtención de la pulpa de cocona y a temperaturas de: 80, 85 y 90 °C; y tiempos de: 5, 10 y 15 min. para la obtención de pulpa de carambola evaluados estadísticamente mediante el diseño factorial de dos factores con 3 repeticiones. El método empleado para determinar la capacidad antioxidante consistió en la formación del complejo azul del Fósforo-Molibdeno (V). Dentro de sus resultados encontraron que la carambola presentó 268.0 mg equivalentes de Ácido Ascórbico/100g mayor que la cocona 112.5 mg equivalentes de Ácido Ascórbico/100g; sin embargo, el escaldado incrementó la capacidad antioxidante en la pulpa de cocona mientras que en la pulpa de carambola disminuyó. Al finalizar la investigación concluyeron que los factores temperatura y tiempo de escaldado producen efectos sobre la capacidad antioxidante de las pulpas de cocona y carambola.

HENDERSON C., YAPIAS E. “Determinación de la cantidad de Polifenoles y su Actividad Antioxidante en el Zapallo Loche (*Cucurbita moschata Duchesne*) fresco, sancochado y frito procedente del departamento de Lambayeque”. **2014.**(8)

El objetivo de este estudio fue determinar el contenido de polifenoles y su actividad antioxidante del *Cucurbita moschata Duchesne* (zapallo loche) fresco, sancochado y frito. Se realizó un estudio de tipo experimental *in vitro*. La muestra fue el extracto etanólico de zapallo fresco, sancochado y frito. Para la determinación de fenoles totales se utilizó el método espectrofotométrico desarrollado por Folin-Ciocalteu. Por otro lado, para la determinación de la capacidad antioxidante se utilizó el método desarrollado por Brand-Williams basado en la reducción del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). Se obtuvieron los siguientes resultados, la capacidad antioxidante del zapallo loche sancochado destacó ya que inhibió en un 95% a los radicales libres, comparado con zapallo loche frito (86%) y zapallo loche fresco (80%). Al finalizar la investigación llegaron a la conclusión que el zapallo loche fresco presenta mayor cantidad de polifenoles y el zapallo loche sancochado tiene una mayor capacidad antioxidante para inhibir los efectos de los radicales libres.

SOTO M., RUESTA J. y MEREGILDO R., “Capacidad Antioxidante *in vitro* de cuatro variedades de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. “papa” (cruda y cocida, con y sin cáscara) frente al 2, 2-difenil-1-picrilhidrazil. **2014.** (9)

El objetivo de esta investigación fue evaluar la capacidad antioxidante *in vitro* de cuatro variedades de tubérculos de *Solanum*

*tuberosum* L. “papa” (cruda y cocida, con y sin cáscara) frente al 2, 2-difenil-1-picril- hidrazil. Se evaluaron cuatro variedades de tubérculos amarilla, huevo de indio, canchan serrana y aceituna. De estas muestras, se prepararon extractos acuosos liofilizados a las concentraciones de 7.5; 15; 30; 60 mg/ml respectivamente. Para determinar la capacidad antioxidante de los extractos se utilizaron las técnicas de decoloración del radical libre 2,2-difenil-2-picrilhidrazil. Se realizó la determinación cualitativa de la vitamina C por el método 2,6 Diclorofenol Indofenol. Los resultados mostraron polifenoles, flavonoides, antocianinas, alcaloides, taninos y vitamina “C” en las cuatro variedades de tubérculos. Todas las variedades de papa (cruda y cocida, con y sin cáscara) a diferentes concentraciones (7.5; 15; 30; 60 mg/ml) lograron inhibir la formación de radicales libres, siendo los porcentajes de inhibición directamente proporcionales a las concentraciones evaluadas, hallándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). De todas las variedades de papa analizadas, la variedad aceituna cruda y con cáscara fue la que presentó la mayor capacidad antioxidante a una concentración de 60 mg/ ml, con un porcentaje de inhibición de 74.72% y un coeficiente de inhibición al 50% de 1.70%, constituyéndose como una buena fuente de alimento con potencial antioxidante.

MEZA R. Evaluación del efecto de la temperatura de concentración en los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en pulpa concentrada de tuna anaranjada (*Opuntia spp.*). **2014.** (10)

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la temperatura de concentración sobre el contenido de betacaroteno, fenoles totales, vitamina C y actividad antioxidante en la pulpa concentrada

de *Opuntia spp* (tuna anaranjada). Trabajaron con la pulpa de *Opuntia spp* (tuna anaranjada) a una concentración de 30°Brix y a temperaturas de 40°C, 50°C y 60°C en condiciones de vacío, evaluando el contenido de betacarotenos, vitamina C, fenoles totales y capacidad antioxidante. Dentro de sus resultados encontraron una concentración de 35 mg de ácido ascórbico/100 g de muestra para la pulpa sin concentrar, y la pulpa concentrada de 30.6, 29.89 y 28.93 mg de ácido ascórbico/100 g de muestra; presentando una capacidad antioxidante de 898 umol eq. de trolox/100 g de muestra para la pulpa sin concentrar, y la pulpa concentrada de 748.26, 621.07 y 325.85 umol eq. trolox/100 g de muestra para los tratamientos de concentración de 40, 50 y 60°C respectivamente, existiendo diferencia significativa entre todos los tratamientos. Al finalizar, llegaron a la conclusión que existe una relación directa entre la capacidad antioxidante y la vitamina C, betacaroteno y compuestos fenólicos; y se evidenció una disminución de la capacidad antioxidante de la pulpa de tuna del distrito 3 de Octubre al someterse a los tratamientos térmicos.

OLIVEIRA G., TRONCOSO L. Y COL. “Efecto del tratamiento térmico sobre la capacidad antioxidante total y contenido de polifenoles de brócoli, pimiento y tomate” **2012**. (11)

Este estudio tuvo como objetivo determinar la capacidad antioxidante total de brócoli, pimiento y tomate fresco; también determinar el efecto térmico sobre la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles de brócoli, pimiento y tomate. Utilizaron como material biológico frutos frescos y maduros de brócoli, pimiento y tomate. Para la determinación de la capacidad

antioxidante emplearon el radical libre DPPH y para la determinación de polifenoles usaron el reactivo Folin Ciocalteu. El tratamiento térmico que aplicaron fue ebullición, vapor y a microondas. Como resultados después de someter al tratamiento térmico al tomate obtuvieron un CI50 de 4.37 mg/ml a ebullición, a vapor un CI50 de 3,54 mg/ml y a microondas un CI50 de 2,64 mg/ml. Al finalizar concluyeron que el tratamiento térmico produjo en brócoli, pimiento y tomate disminución de la capacidad antioxidante y del contenido de polifenoles.

### 3.1.2 Antecedentes Internacionales

CUASTUMAL H., LEDESMA A. ORDOÑES E. "Vitamina C y color superficial en tomate y pimentón verde: efecto de los tratamientos térmicos" **2016**. (12)

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de los tratamientos térmicos en la concentración de ácido ascórbico y color superficial en frutos de tomate y pimentón. Las muestras de 100 g se sometieron a la cocción con microondas (800 w durante 2 minutos), horno (200°C) vapor (97 °C) y agua (98 °C) durante 10 minutos, se enfriaron rápidamente a 5 °C y se procedió a determinar la concentración de ácido ascórbico, y las coordenadas colorimétricas CIEL\*a\*b\*. El tratamiento con horno presentó estadísticamente la mayor reducción de ácido ascórbico al registrar pérdidas del 80% de este antioxidante, y en pimentón verde, el tratamiento de cocción con agua redujo en un 51,73% la concentración de este micronutriente. Al finalizar el estudio llegaron a la conclusión de que el tratamiento térmico con microondas es el método de cocción que retiene la mayor concentración de vitamina



C y el color superficial de las muestras no logra ser afectado después de los métodos de cocción.

MORENO C., ANDRADE M. y col. “Efecto de la cocción sobre la composición química y capacidad antioxidante de papas nativas (*Solanum tuberosum*) del Ecuador” **2015**. (13)

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la cocción sobre la composición proximal y la capacidad antioxidante de cinco variedades de papas nativas cosechadas en la región central andina del Ecuador. Se dividieron en dos grupos: frescos y cocidos (20 min – 91°C). Se determinó la composición química (humedad, proteína, grasa, fibra, ceniza y carbohidratos) y la capacidad antioxidante usando el radical ABTS<sup>+</sup> por espectrofotometría. Las variedades de Yana Shungo, Puca Shungo y Leona Negra superaron en el contenido mineral, proteína y carbohidratos a las otras variedades. En general, el proceso de cocción produjo disminución del contenido de ceniza, grasa, carbohidratos; el contenido de proteína en las variedades Yana Shungo, Puca Shungo y Leona Negra fue mayor luego de la cocción, mientras que el contenido de fibra se incrementó en todas las variedades. Al finalizar el estudio concluyeron que las papas nativas cocidas presentaron mayor capacidad antioxidante que en estado fresco, pudiendo relacionarse con el hecho de que el tratamiento térmico produciría la liberación de compuestos antioxidantes de tipo enzimático y no enzimático.

GUEVARA L., DELGADO A. "Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). **2014**. (14)

Esta investigación tiene como objetivo realizar una revisión donde se abordará la importancia de conocer los factores pre y post cosecha que afectan el contenido de antioxidantes en el tomate; asimismo, se destacará la estabilidad de los compuestos fitoquímicos contenidos en frutos sometidos a diferentes condiciones de procesamiento. Los frutos de tomate han sido considerados una fuente importante de antioxidantes "nutricionales" (vitaminas A, C y E) y antioxidantes "fitoquímicos no nutritivos" (licopeno, flavonoides, flavonas y compuestos fenólicos totales), cuyo consumo está relacionado con su potencial antimutagénico y propiedades anticancerígenas. Las condiciones ambientales durante el cultivo como: intensidad de luz, pH del suelo, frecuencia de riego, tipo de fertilización, pueden afectar la composición química del fruto. También se ha demostrado que ciertas operaciones de manejo post cosecha y procesamiento del tomate (cortado, empacado y almacenado) pueden alterar la concentración de micronutrientes (vitaminas y minerales) y de compuestos antioxidantes.

LÓPEZ V. "Carotenoides, capacidad antioxidante y compuestos volátiles del aroma durante la maduración de jitomate". **2014**. (15)

En este trabajo se estudió la capacidad antioxidante, los niveles de licopeno y  $\beta$ -caroteno y la producción de sustancias aromáticas provenientes de la vía de carotenoides en frutos de jitomate de la variedad 7705, en diferentes estados de maduración. Los

resultados mostraron un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) de licopeno y  $\beta$ -caroteno (22,1 y 2,9 veces, respectivamente) desde el estado de madurez verde al rompiente. Entre los estados de madurez naranja y rojo, los niveles de licopeno se incrementaron y los de  $\beta$ -caroteno disminuyeron. En relación a la capacidad antioxidante se observó un incremento de 1,6 veces desde el estado de madurez verde al rompiente, sin observarse cambios entre los estados naranja y rojo. La mayor capacidad antioxidante observada en las últimas etapas de maduración se correlaciono con la acumulación de los pigmentos licopeno y  $\beta$ -caroteno que participan en diversos mecanismos antioxidantes.

VALERO Y., COLINA J., INEICHEN E. “Efecto del procesamiento sobre la capacidad antioxidante de la ciruela criolla (*Prunus domestica*)” **2012**. (16)

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del escaldado y la deshidratación osmótica sobre el contenido de polifenoles totales, taninos y la capacidad antioxidante de la *Prunus domestica* (ciruela criolla) en sus variedades amarilla y roja. La concentración de los polifenoles totales se determinó mediante el método Folin-Ciocalteu, los taninos por el método de la vanilina y la capacidad antioxidante por la eficiencia antirradical (EA) y el método de poder reductor férrico (FRP). El contenido de polifenoles totales y los taninos fueron mayores en la ciruela roja que en la amarilla. En las dos variedades, el mayor contenido de polifenoles se encontró en la pulpa, mientras que los taninos se encontraron en mayor proporción en las cáscaras. La ciruela roja presentó mayor capacidad antioxidante. El escaldado incrementó el contenido de polifenoles, mientras que los taninos y la EA disminuyeron, el poder

reductor no se vio afectado por los tratamientos. Se concluyó que la ciruela roja mostró mayor contenido de polifenoles y taninos, además de una mayor capacidad antioxidante que la variedad amarilla.

CANTILLANO R. y col “Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas en dos sistemas de producción” **2012.** (17)

El objetivo de este trabajo fue determinar la influencia del sistema de producción y del período de almacenamiento de frutillas sobre la pérdida de masa, compuestos fenólicos totales, antocianinas totales, ácido ascórbico (vitamina C), actividad antioxidante y sus correlaciones. En este experimento fueron utilizadas frutillas ‘Camarosa’ y ‘Camino Real’ con madurez comercial, procedentes de cultivos en sistemas de producción orgánico y convencional, localizados en el municipio de Pelotas-RS. Los frutos fueron almacenados durante 0, 2, 5 y 8 días a 1°C y 90-95% de HR. En general, el contenido de fenoles totales, de antocianinas totales y la actividad antioxidante aumentaron durante el almacenamiento refrigerado, mientras que los contenidos de ácido ascórbico y de masa fresca disminuyeron significativamente. Los contenidos de fenoles totales y de antocianinas totales presentaron correlación positiva con la actividad antioxidante, siendo la correlación con el contenido de ácido ascórbico negativa. Las frutillas producidas en sistema orgánico y conservadas durante cinco días, mostraron mayores valores de actividad antioxidante. Después de ocho días de almacenamiento a 1°C, los frutos del sistema de producción orgánico presentaron menor degradación de antocianinas y de ácido ascórbico que los frutos del sistema de producción

convencional. Al finalizar el estudio concluyeron que las frutillas producidas en sistema orgánico y refrigerado por cinco días presentaron mayores valores de actividad antioxidante.

## **3.2 Bases Teóricas**

### **3.2.1 Radicales libres**

Un radical libre es un átomo o molécula que se encuentra inestable, debido al electrón desapareado que tiene en su orbital más externo. Por lo que son muy reactivos y tienden a captar un electrón de moléculas estables con el fin de alcanzar su estabilidad electroquímica. Una vez que el radical libre ha conseguido sustraer el electrón que necesita, la molécula estable que se lo cede se convierte a su vez en un radical libre por quedar con un electrón desapareado, iniciándose así una verdadera reacción en cadena que destruye nuestras células. (18)

Los radicales libres son resultado de los procesos fisiológicos propios del organismo, como el metabolismo de los alimentos, la respiración y el ejercicio, o bien son generados por factores ambientales como la contaminación industrial, el tabaco, la radiación, los medicamentos, los aditivos químicos en alimentos procesados y los pesticidas. (19)

Los radicales libres se pueden formar por fuentes endógenas o exógenas.

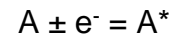
- a) Radicales libres endógenos: Se encuentran en los sistemas biológicos, los cuales necesitan el oxígeno para su metabolismo energético, durante la cadena respiratoria se genera en forma sucesiva, el anión superóxido, el peróxido de hidrógeno y el radical hidroxilo, especies de radicales derivadas del oxígeno, donde las estructuras subcelulares de generación de radicales libres incluyen principalmente las mitocondrias, los lisosomas, los peroxisomas, así como la membrana nuclear, la membrana citoplásmica y la del retículo endoplásmico. (19)

Existen diferentes tipos de radicales libres, por ejemplo:

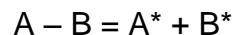
- Especies Reactivas de Oxígeno (ROS)

La formación de especies reactivas del oxígeno está directamente relacionada con los fenómenos de óxido – reducción. A continuación, se describen los dos mecanismos fundamentales de formación:

- 1) A partir de la adición o la pérdida de un electrón de la última capa de la molécula:



- 2) A partir de la ruptura de una molécula estable, formada por dos fragmentos en forma en forma equilibrada. (20):

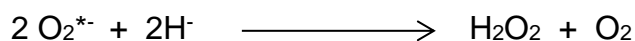


Dentro de este grupo comprenden radicales libres y moléculas, son derivadas del metabolismo del oxígeno, su

principal sitio de formación es la mitocondria, organela donde se realiza la respiración celular y se produce la mayor cantidad de agua metabólica por la reducción del oxígeno que adicionalmente produce especies potencialmente tóxicas. Pueden causar daño tisular por la reacción con los lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, produciendo lipoperoxidación, oxidación de los grupos sulfhidrilos de las proteínas. (21)

El radical aniónico superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ), es el primer radical libre generado, luego se puede identificar al oxígeno singlete ( $^1O_2$ ), el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), y el altamente reactivo radical hidroxilo ( $\cdot OH$ ). (21-20)

El radical aniónico superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ) generado en la matriz mitocondrial, no puede abandonar la mitocondria debido a que la membrana interna de ésta es impermeable al anión superóxido. Dicho radical, no es un radical libre particularmente dañino ya que tiene una limitada reactividad; en tal sentido, no reacciona con macromoléculas, pero constituye una importante fuente de formación de  $H_2O_2$ ,  $OH^{\cdot}$  y radical perhidroxilo. El anión superóxido puede comportarse como oxidante o reductor; y su mayor parte se convierte en peróxido de hidrógeno a través de la siguiente reacción:



El peróxido de hidrógeno formado, no es propiamente un radical libre, pero se encuentra estrechamente vinculado a las diversas especies reactivas de oxígeno, su importancia

radica en la facilidad que tiene para difundir a través de membrana y su capacidad para generar radicales libres cuando reaccionan con metales de transición como Fe(II) o Cu(I) a través de la reacción de Fenton formando el radical  $\text{OH}^*$ , éste es un radical oxidante altamente reactivo y poco selectivo, pudiendo dañar proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos. (22)

- Especies Reactivas de Nitrógeno (ERN): Su representante más sobresaliente es el óxido nítrico ( $\text{NO}^*$ ), ya que interviene en diversas funciones biológicas, participa como constituyente del factor relajante derivado del endotelio, el cual puede relajar la musculatura lisa vascular, inhibir la agregación plaquetaria y disminuir/inhibir la transmisión del mensaje neuronal; también es importante en la repuesta inmune, pues los macrófagos producen óxido nítrico como parte de sus mecanismos citotóxicos. El  $\text{NO}^*$ , puede reaccionar con el  $\text{O}_2^{*-}$  y formar el peroxinitrito ( $\text{ONOO}^-$ ), compuesto que tiene la propiedad de oxidar ácidos grasos y generar el radical  $\text{OH}^*$ . (2,22)

Como se ha visto, muchas de las especies reactivas de oxígeno (ROS) son productos intermedios en diferentes reacciones enzimáticas y algunas resultan beneficiosas para el organismo. Así tenemos que NADPH oxidasa y la mieloperoxidasa están implicados en la destrucción fagocítica de bacterias mediante la producción de ion  $\text{O}_2^{*-}$ ,  $\text{OH}^*$  y oxígeno singlete. Cuando los fagocitos (eosinófilos, neutrófilos) son expuestos a un determinado estímulo, se desarrolla una serie de reacciones



coordinadas caracterizadas por un rápido consumo de oxígeno denominado “estadillo respiratorio”, que es utilizado por estas células para generar radicales libres destinados a eliminar microorganismos. Sin embargo, cuando hay una hiperproducción de estos radicales libres, o cuando los sistemas antioxidantes están deteriorados, estas especies provocan graves daños celulares. (22) Podemos observar en la tabla 1 la clasificación y abreviatura de los diferentes radicales libres.

**Tabla 1: Clasificación y abreviatura de los radicales libres**

<b>Clasificación</b>	<b>Radical libre</b>	<b>Abreviatura</b>
Especies reactivas del oxígeno	Oxígeno singulete	$^1 O_2$
	Ión superóxido	$O_2^{\cdot-}$
	Radical hidroxilo	$OH^{\cdot}$
	Peróxido de hidrógeno	$H_2O_2$
	Radicales alcoxi y peroxi	$RO^{\cdot}$ y $ROO^{\cdot}$
	Radical hidroperoxilo	$ROOH^{\cdot}$
Especies reactivas del nitrógeno	Óxido nítrico	$NO^{\cdot}$
	Dióxido nítrico	$NO_2^{\cdot}$
	Peroxinitrito	$ONOO^{\cdot-}$
Especies radicales del azufre	Radical tiilo	$RS^{\cdot}$
Especies reactivas del cloro	Ácido hipocloroso	$HOCl$

FUENTE: J.M. Fernández et al.2009. (20)

#### b) Radicales libres exógenos

Se generan por diversas fuentes externas a nuestro organismo, por ejemplo, el uso de agentes antineoplásicos o algunos antibióticos, pueden reducir el oxígeno a superóxido, peróxido de hidrógeno y radical hidroxilo. También es una fuente de radicales libres exógenos, la irradiación de los organismos debido a las radiaciones electromagnéticas (rayos X y Y) o debido a radiaciones de partículas (electrones, protones, neutrones). Otra fuente que genera estos radicales son los factores ambientales, como contaminantes aéreos fotoquímicos, hiperoxia, pesticidas, humo del tabaco, solventes, anestésicos e hidrocarburos aromáticos. (23)

#### 3.2.2 Estrés oxidativo

El estrés oxidativo puede ser el resultado de una disminución en las defensas antioxidantes que posee la célula o puede ser la consecuencia de un exceso en la producción de radicales libres. (24) Es llamado también daño oxidativo.

Este daño se debe a la capacidad que tienen los radicales libres de actuar sobre las proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos de la célula. Cuando los radicales libres interactúan con estos componentes celulares, se originan alteraciones estructurales y funcionales. Como consecuencia de ello, se produce un deterioro de la homeostasis de la célula y la aparición de diferentes enfermedades crónicas, e incluso la muerte celular. (25)

Son numerosas las patologías que han sido asociadas con este desbalance entre oxidantes y antioxidantes; la aterosclerosis, el cáncer, la enfermedad de Alzheimer, la diabetes mellitus, enfermedades autoinmunes, inflamatorias crónicas, situaciones de injuria por isquemia y repercusión en los tejidos, el síndrome de distrés respiratorio, etc. (26)

Estas enfermedades pueden clasificarse en las generadas por pro-oxidantes que modifican el estado redox y alteran la tolerancia a la glucosa, favoreciendo el estrés oxidativo mitocondrial en enfermedades como el cáncer y la diabetes mellitus; el segundo grupo incluye estrés oxidativo de tipo inflamatorio y una mayor actividad de la enzima nicotinamida adenina dinucleótido fosfato-oxidasa (NADPH-ox) que conducen a la aterosclerosis e inflamación crónica; y el tercer grupo deriva del sistema xantina-oxidasa, generando especies reactivas de oxígeno implicados en la lesión isquémica por reperfusión. Por otra parte, el proceso de envejecimiento está ligado al efecto dañino de los radicales libres a través de la oxidación de biomoléculas como lípidos, ADN y proteínas, repercutiendo directamente en el proceso de envejecimiento. (27)

### 3.2.3 Enfermedades que se asocian al estrés oxidativo

Como se puede ver el estrés oxidativo se relaciona con diferentes procesos degenerativos y de enfermedad, por ejemplo:

- Diabetes: Se ha descrito que la diabetes mellitus de tipo II está asociada con las reacciones oxidativas. Existe evidencia en las que se sugiere que el estrés oxidativo juega un importante papel

en la patogénesis y complicaciones de la diabetes mellitus. Los mecanismos que pueden contribuir al aumento de dicho estrés en pacientes diabéticos son diferentes, en particular en aquellos sujetos con pobre control de la glicemia. Estos mecanismos que participan en la formación de radicales libres en diabéticos no solamente incluyen el incremento de la glucosilación no enzimática y la auto-oxidativa, sino que también al estrés metabólico, que es el resultado de cambios en la energía del metabolismo, en el nivel de los mediadores de la inflamación y en el estado del sistema antioxidante de defensa. Por otro lado, en un estudio con pacientes diabéticos encontraron incremento de ROS, tales como  $O_2^-$ ,  $H_2O_2$ ,  $OH$ , lo que contribuyó a que se dañara el ADN de linfocitos en sangre periférica. (28)

- Enfermedad cardiovascular: Estudios clínicos demostraron que las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno desempeñan un importante papel en la hipertensión. Además de ello, la producción aumentada de  $*O_2^-$  por la NADPH oxidasa en vasos se relaciona con factores de riesgo para la aterosclerosis y perjuicio de la función endotelial en pacientes con enfermedad coronaria. La producción de  $*O_2^-$  aparece aumentada en vasos ateroscleróticos, contribuyendo para el inicio de eventos proinflamatorios, con regulación de la transcripción génica de moléculas de adhesión de células vasculares y proteínas quimioattractivas para monocitos. Pacientes con aterosclerosis presentan tanto disfunción endotelial como desbalance redox. (29)
- Enfermedades hepáticas: El impacto de los radicales libres derivados del oxígeno puede ser especialmente importante en el hígado debido a su gran exposición a concentraciones altas de

oxígeno, ya que posee una tasa metabólica tal, que lo hace un consumidor muy importante de esta molécula con gran capacidad oxidativa. La producción de radicales libres ocurre como un subproducto del metabolismo oxidativo celular y en el hígado, este metabolismo aumenta con la ingestión de tóxicos, alimentos o cualquier otro agente externo capaz de provocar estrés oxidativo (como un agente xenobiótico). Las pruebas indirectas experimentales y clínicas sugieren que existe un papel central de los radicales libres en la patogénesis de muchas enfermedades hepáticas como cirrosis hepática alcohólica, fibrosis necrosante, hepatitis aguda y crónica, ya sea por virus o tóxicos, entre otras. Los mecanismos que contribuyen a lesionar los tejidos incluyen la generación de radicales libres por células del estroma hepático (hepatocitos) y por las células inflamatorias. (30)

- Enfermedad de Alzheimer (EA): Se caracteriza por la pérdida progresiva de neuronas asociada con la agregación de placas de la proteína  $\beta$ -amiloide y marañas neurofibrilares de la proteína de unión a microtubulos Tau. Una de las hipótesis actuales con respecto a la patogénesis de la EA está relacionada con la mitocondria y el estrés oxidativo. En un estudio realizado en cerebro y líquido cefalorraquídeo de sujetos con enfermedad de Alzheimer, comparado con sujetos de edad avanzada y controles jóvenes, se mostró que tanto el grupo de EA y el de edad avanzada presentaron aumento en los niveles de ERO y marcadores de oxidación en proteínas, lípidos, ADN y disminución en la actividad de la glutamina sintetasa, reduciendo el aclaramiento de glutamato e incrementando su potencial tóxico. (31)

- Carcinogénesis: Es un proceso caracterizado por el crecimiento incontrolado de células cancerosas, neo-vascularización, entre otros fenómenos activados por diferentes oncogenes. Estudios experimentales han reportado los posibles mecanismos implicados en la transformación maligna inducida por radicales libres, observando que la deficiencia de enzimas antioxidantes desencadena alteraciones características de la transformación celular. Se ha identificado que las especies reactivas de oxígeno se asocian con el proceso de iniciación y el mantenimiento del fenotipo tumoral, donde  $H_2O_2$  estimula la proliferación, migración y adhesión de estas células; por lo que se ha propuesto a las especies reactivas de oxígeno como agentes causales de la activación de oncogenes en el proceso de carcinogénesis. Los resultados obtenidos de diferentes estudios clínicos han permitido proponer un modelo de mecanismos moleculares en el desarrollo de tumores, dentro del cual se ha observado un aumento en la formación de 8-oxodG, en carcinomas de pulmón, estómago, ovario, próstata y mama con respecto al tejido sano. (32)
- Envejecimiento: El envejecimiento y la disminución de la longevidad parecen ser debidos en parte a la acción de los radicales libres encargados de diversas reacciones de oxidación enzimática. Los radicales libres de oxígeno son altamente reactivos y todas las células pueden ser lesionadas por diferentes mecanismos, como: alteraciones oxidativas acumuladas en el colágeno, la elastina y el ADN; la ruptura de mucopolisacáridos mediante la degradación oxidativa y la acumulación de sustancias metabólicamente inertes, como ceras, pigmentos y fibrosis de arteriolas capilares. (33)

### 3.2.4 Antioxidantes

El término antioxidante hace referencia a cualquier sustancia que, estando presente a una concentración baja comparada con la de un sustrato oxidable, es capaz de retrasar o prevenir la oxidación de dicho sustrato. Los antioxidantes son sustancias capaces de interrumpir la cadena de radicales cediendo un radical hidrógeno a un radical libre, actúan impidiendo o disminuyendo la formación de radicales libres. (34)

El antioxidante al colisionar con el radical libre y le cede un electrón oxidándose a su vez y transformándose en un radical libre débil no tóxico y que en algunos casos como la vitamina E, puede regenerarse a su forma primitiva por la acción de otros antioxidantes. No todos los antioxidantes actúan de esta manera, los llamados enzimáticos catalizan o aceleran reacciones químicas que utilizan sustratos que a su vez reaccionan con los radicales libres. Los antioxidantes se clasifican en: exógenos o antioxidantes que ingresan a través de la cadena alimentaria y endógenos que son sintetizados por la célula. Cada antioxidante posee una afinidad hacia un determinado radical libre o hacia varios. (35)

#### a) Antioxidantes endógenos

Son sintetizados por el organismo; algunos de los mecanismos antioxidantes son de naturaleza enzimática como no enzimática.

- Catalasa: Es una enzima que destruye el peróxido de hidrógeno, transformándolo en H<sub>2</sub>O (agua) y O<sub>2</sub>. (36) Existe una alta concentración en hígado y riñón. Esta enzima se localiza a nivel celular en mitocondrias, peroxisomas y citosol

(eritrocitos). Para su adecuado funcionamiento depende de cobre y zinc a nivel citosólico y de manganeso a nivel mitocondrial. (37)

- Superóxido Dismutasa (SOD): La enzima superóxido dismutasa (SOD) es una enzima presente en todos los organismos aerobios, juega un papel importante en la defensa contra la toxicidad del oxígeno al catalizar la dismutación del anión superóxido  $O_2^-$  en oxígeno y peróxido de hidrógeno. (38)
- Glutatión Peroxidasa (GPx): Es el principal antioxidante hidrosoluble en el citoplasma de la célula, Esta enzima está formada por tres aminoácidos: cisteína, glicina y ácido glutámico. Está ampliamente extendida por los tejidos, siendo el antioxidante con mayor concentración intracelular. La GPx cataliza la reducción del peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ). Por esta razón es importante mantener niveles altos de glutatión, lo cual puede facilitarse mediante la ingesta de aminoácidos sulfurados (metionina y cisteína). (37, 38)

#### b) Antioxidantes exógenos

Dentro de este grupo se encuentran los antioxidantes que obtuvimos a través de la dieta como las vitaminas y minerales. Los antioxidantes obtenidos a través de la dieta, pueden actuar de dos formas: primero, previniendo la generación excesiva de radicales libres, evitando así que se produzca el daño celular por efecto del estrés oxidativo. Y segundo, después de que se ha producido el daño, los antioxidantes pueden controlar los niveles de radicales libres evitando que el daño continúe avanzando y



con ello algunos síntomas de las enfermedades producidas por el efecto del estrés oxidativo pueden disminuir. (39)

Las vitaminas actúan donando o aceptando electrones en las reacciones de óxido-reducción. Los minerales regulan la actividad de las enzimas antioxidantes actuando como cofactores. (40)

- Vitamina E: Es un conjunto de compuestos fenólicos conocidos como tocoferoles y tocotrienoles. El alfa tocoferol es el más común y biológicamente el que tiene mayor acción vitamínica. Es un antioxidante lipofílico que se localiza en las membranas celulares, cuya absorción y transporte se hallan muy vinculados con el de los lípidos. Se considera el más importante protector de las moléculas lipídicas, ya que su acción consiste en proteger de la peroxidación a los ácidos grasos poliinsaturados de los fosfolípidos de la membrana celular y también en inhibir la peroxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL). Neutraliza al oxígeno singlete, captura radicales libres hidroxilos, neutraliza peróxidos y captura anión superóxido para convertirlo en formas menos reactivas. (40)

La vitamina E, una vez oxidada y antes de descomponerse, puede ser reducida de nuevo por el ácido ascórbico y el glutatión, entre otros. Se considera el antioxidante natural más efectivo, cuya función se ha demostrado tanto in vivo como in vitro. (41)

Como fuentes de vitamina E encontramos aceites vegetales, especialmente aquellos con mayor contenido en PUFAs (Ácidos grasos poliinsaturados) como el aceite de girasol o maíz, y los productos derivados de estos aceites, además también se encuentra en el germen de trigo, las nueces y otros cereales. En las plantas se localiza en las hojas y partes verdes y en los animales en el tejido adiposo. (42)

- Vitamina C: También conocida como ácido ascórbico, actúa como un potente agente reductor, ya que reduce radicales libres derivados del oxígeno, del nitrógeno y del sulfuro. Es un antioxidante soluble en agua que reacciona directamente con el radical superóxido, hidroxilo y con el singlete de oxígeno. (41) Al perder un electrón se forma un radical relativamente estable, el radical ascorbilo, el cual sufre una segunda oxidación dando lugar al ácido dehidroascórbico. Este último paso es reversible, por lo que ambas formas, el ácido ascórbico (forma reducida) y el ácido dehidroascórbico (forma oxidada), se encuentran en la naturaleza, los cuales poseen similar acción biológica. (42,43)

Otra de las funciones importantes de la vitamina C es la de restaurar las propiedades antioxidantes de la vitamina E. En este caso, el ascorbato se oxida al reducir los radicales tocoferilos y fenoxilos, originados en las reacciones de la vitamina E con los radicales libres, generando así tocoferol y radical ascorbilo. Se ha demostrado que la vitamina C mantiene los niveles de vitamina E y A en el medio, disminuyendo el estrés oxidativo al secuestrar radicales

libres, debido al efecto sinérgico que puede existir entre los antioxidantes lipofílicos y los hidrofílicos. (42,43,44).

También puede funcionar como prooxidante, en determinadas condiciones, como son las altas concentraciones o en presencia de metales de transición. En las citadas ocasiones este antioxidante puede inducir la generación de radicales libres de oxígeno por su capacidad de reducción de iones metálicos que están implicados en las reacciones de formación de radicales hidroxilos. (42)

Las fuentes principales de vitamina C son las frutas, verduras y hortalizas, especialmente las coloreadas. Las frutas más ricas en vitamina C son las ácidas, ya que el pH bajo estabiliza esta vitamina, por ejemplo: el kiwi, papaya o limón superan los 80mg/100g. También son ricos en vitamina C es el pimiento o perejil llegando a tener 100mg/100 g; el brócoli, coliflor, fresas, naranja y tomate aportan entre 20 a 100 mg/100 g. Esta vitamina es escasa en los alimentos de origen animal. (42,43,45)

- Carotenoides: De este grupo de antioxidantes se conocen más de 600 carotenoides distintos que se encuentran en la naturaleza en alimentos, sobre todo vegetales, de color rojo, naranja y amarillo. Los carotenoides son moléculas liposolubles y muchos de ellos tienen capacidad de actuar como provitamina A; aproximadamente 50 de ellos serían precursores de vitamina A. Ejemplos de carotenoides precursores de vitamina A son:  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -zeacaroteno,  $\gamma$ -caroteno y  $\beta$ -criptoxantina; y carotenoides no

precursores de vitamina A serían las xantofilas: zeaxantina, luteína, licopeno, astaxantina y violaxantina. (46)

Los carotenoides tienen la capacidad de inactivar algunas especies de moléculas en estado de excitación electrónica, principalmente las debidas a reacciones fotosensibles, en donde se pueden formar especies reactivas de nitrógeno o el oxígeno singlete. Se ha visto que una alimentación rica en carotenos puede tener un efecto protector contra el cáncer de piel, puesto que pueden actuar como bloqueantes de la oxidación de la epidermis provocada por los radicales libres como el oxígeno singlete, generado por la exposición a los rayos ultravioleta, el cuál es inactivado por los carotenos evitando así el daño fotooxidativo iniciado por esta molécula reactiva. (46,47)

- Polifenoles: Son compuestos pertenecientes a la familia de los fenoles, presentes en la naturaleza que poseen anillos aromáticos con sustituyentes hidroxilos. Dichos compuestos son potentes antioxidantes en la mayoría de los casos por su estructura, donde se dona  $H^+$  o electrones. Estos compuestos suelen encontrarse en frutas, verduras, semillas y bebidas. (48)

Existen alrededor de 8.000 estructuras fenólicas identificadas, las cuales varían y se clasifican según su estructura, en ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos, lignanos, cumarinas y polímeros fenólicos. El contenido de polifenoles de los alimentos puede verse afectado por diversos factores como la exposición a luz, factores ambientales como respuesta a patógenos, temperatura de

almacenamiento (a temperatura media las frutas y zumos presentan poca perdida y son más estables que la vitamina C, a bajas temperaturas no se ven afectados), procesamiento y métodos culinarios (por ejemplo, el pelado de frutas y verduras puede eliminar una parte significativa de polifenoles pues en algunos casos las mayores concentraciones se encuentran en las partes externas del fruto), maduración en el momento de la cosecha, entre otros. (49)

**Tabla 2. Clasificación de los antioxidantes**

Endógenos	Exógenos
<b>Enzimáticos</b> Superóxido dismutasa (SOD) Catalasa(CAT) Glutación Peroxidasa	<b>Vitaminas</b> Vitamina E y C
<b>No enzimáticos</b> Glutación Coenzima Q Ácido tióctico	<b>Minerales</b> Cobre, Zinc, Manganeso, Hierro, Selenio
	<b>Otros</b> Flavonoides, carotenoides, licopeno

Fuente: Molina E. 2012. (37)

### 3.2.5 Generalidades del tomate

El tomate es una baya muy coloreada, típicamente de tonos que van del amarillento al rojo, debido a la presencia de los pigmentos licopeno y caroteno. Posee un sabor ligeramente ácido, mide de 1 a 2 cm de diámetro en las especies silvestres, y es mucho más grande en las variedades cultivadas. Se lo produce y consume en

todo el mundo tanto fresco como procesado de diferentes modos, ya sea como salsa, puré, jugo, deshidratado o enlatado. (50)

### 3.2.6 Origen e historia del tomate

Es originario de los Andes del Perú, donde apareció silvestre con una fruta redonda de color rojo. Gradualmente se esparció a lo largo de Suramérica desde donde continuó su difusión hasta América Central. Allí, ya hace miles de años, lo llamaron *xitomatl* en el lenguaje Nahuatl (*xictli*, ombligo y *tomatl*, tomate, que significa “tomate del ombligo”), que era el idioma que hablaba la nación azteca, y derivó actualmente al nombre de jitomate; fue allí donde fue cosechado, cultivado y mejorado, produciendo una mayor diversidad de frutos. Poco después de que Colón descubriera el Nuevo Mundo, el tomate continuó su expansión y ya para mediados del siglo XVI acompañó a los exploradores españoles en su retorno a Europa. Su más antigua mención tuvo origen en Italia en 1544 en donde se le conoció como “Pomo d’oro” o “Manzana Dorada”, lo que sugiere que tal vez el primer tomate que llegó al antiguo continente fue el de una variedad de color amarillo. (51-52)

Un estudio realizado en Trujillo, demuestra que el *Solanum lycopersicum* L. “tomate” fueron utilizados como frutas por el poblador Moche del Perú prehispánico. Se encontraron descripciones en las representaciones de la colección de cerámica de Moche que se encuentra en el Museo de Historia Natural y Cultural de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo. (53)

### 3.2.7 Valor nutricional del tomate

El tomate fresco es rico en agua (casi 94% de su peso). Contiene una pequeña proporción de carbohidratos (3,54%), proteínas (0,85) y grasas (0,33%). Los glúcidos están formados especialmente por glucosa y fructosa. En conjunto, estos nutrientes aportan 21 Kcal/100 g, una cifra muy baja en calorías. Su valor nutritivo se halla en su potencial vitamínico y mineral. Además, contiene fibra vegetal de tipo soluble (1,1%), que se encuentra en la pulpa y contribuye con su acción reductora sobre el colesterol sanguíneo. (53)

El fruto del tomate ha atraído una atención considerable gracias a elevado contenido en licopeno, el pigmento rojo antioxidante más conocido del fruto de tomate. Además, los tomates contienen cantidades importantes de vitamina A [una media de 1000 unidades internacionales (UI) por cada 100 gr] y ácido ascórbico (vitamina C; entre 20 – 25 mg/100gr), y potasio (K; 200 – 210 mg/100 gr). Muchas variedades de tomate varían su contenido en sólidos solubles entre 4.5 – 7%, siendo la gran parte de ellos fructosa y glucosa. El ácido cítrico es el ácido predominante en el zumo de tomate y el pH del fruto normalmente se encuentra por debajo de 4.5. (54)

En la tabla 3 se muestra el contenido nutricional detallado de dos tipos de tomate.

**Tabla 3. Contenido nutricional detallado de dos tipos de tomate**

<b>Constituyente</b>	<b>Tomate (100 g porción comestible)</b>	<b>Tomate Cherry (100 g porción comestible)</b>
Agua %	93.5	93.5
Energía, cal	22	22
Carbohidratos, g	4,75	4,9
Proteínas, g	1,05	1,00
Grasas, g	0,20	0,20
Fibra, g	0.55	0.40
Calcio (Ca), mg	12	29
Fósforo (P), mg	26	62
Potasio (K), mg	244	-
Sodio (Na), mg	3	-
Magnesio (Mg), mg	14	-
Hierro (Fe), mg	0.5	1.7
Vitamina A, UI	900	2000
Ácido ascórbico, mg	25	50
Vitamina B1, mg	0,06	0,05
Vitamina B2, mg	0,04	0,04
Niacina, mg	0,7	-

Fuente: Garcés Velásquez C. 2014. (55)

### 3.2.8 Capacidad antioxidante del tomate

El fruto de tomate es considerado una fuente importante de antioxidantes “nutricionales” (vitaminas A, C y E) y antioxidantes “fotoquímicos no nutritivos” (licopeno, flavonoides, flavonas y compuestos fenólicos totales) por lo cual su consumo está relacionado con el potencial antimutagénico y propiedades anticancerígenas. La actividad antioxidante del tomate se asoció principalmente a su contenido de licopeno. Sin embargo, también



es fuente de ácido ascórbico, polifenoles y flavonoides que también tienen actividad antioxidante. (56)

- Licopeno:

El licopeno es el pigmento lipofílico que confiere el color rojo característico a los tomates, y en menor cantidad, a otras frutas y verduras. El tomate fresco proporciona el 90% del licopeno necesario para el organismo, ya que es un micronutriente no sintetizado por el cuerpo humano. El licopeno es un carotenoide acíclico con una cadena alifática formada por cuarenta átomos de carbono, con trece dobles enlaces de los cuales once son conjugados que le confieren la particularidad de ser muy reactivo frente al oxígeno y a los radicales libres. Por estas propiedades antioxidantes resulta probablemente eficiente como agente quimiopreventivo. Carece de un anillo de  $\beta$ -ionona, por lo cual no posee actividad provitamina A. (57)

El licopeno se acumula en los frutos de tomate desde su estado inmaduro con una tasa de incremento baja, aumentando significativamente ésta con la maduración del mismo. El contenido de licopeno puede presentar diferencias según la variedad y condiciones del cultivo y factores de post cosecha. (58)

En estudios epidemiológicos muestran que el licopeno reduce el riesgo de enfermedades crónicas como cardiovasculares, cáncer de próstata o del tracto gastrointestinal. Además, tiene la habilidad de actuar como un potente antioxidante, aunque se piensa que es responsable de proteger las células de daños oxidativos. (59)

- Vitamina C: El contenido de vitamina C en diferentes cultivos de tomate varía en función de múltiples factores como cambios estacionales, intensidad, duración y calidad de la luz, y según la variedad, pero independientemente de la influencia de estos factores, los tomates son una buena fuente de vitamina C. (60)

La vitamina C es el principal antioxidante hidrosoluble; detoxifica los radicales reactivos del plasma, citoplasma y mitocondrias, atenuando de esta manera la progresión de las enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo. También parece ayudar a las células endoteliales a prevenir la disfunción endotelial, estimular la síntesis de colágeno tipo IV y mejorar la proliferación celular; en las células vasculares del músculo liso parece inhibir la diferenciación y la proliferación en las áreas de daño muscular; y en los macrófagos parece disminuir el estrés oxidativo relacionado con su activación, disminuir la captación y degradación del LDL oxidado. (61)

- Polifenoles: El tomate tiene un contenido medio en flavonoides (<50 mg/Kg); destacando como mayoritarios la quercetina y naringenina. Entre los ácidos hidroxicinámicos el mayor contenido corresponde al ácido clorogénico y constituyen la mayor fuente dietética de glucósidos de ácidos cinámicos, pudiendo llegar hasta 130 mg/Kg. Hay que destacar también, el aporte de calcona naringenina que aparece en grandes cantidades en la piel del tomate con 64 mg/Kg. Diversos estudios muestran una amplia variedad de resultados dependiendo de la variedad de tomate y de la época del año. En cuanto a los ácidos hidroxicinámicos el clorogénico es el mayoritario encontrándose en grandes cantidades en los

frutos en desarrollo y disminuyendo al final del crecimiento y conforme se inicia la maduración del fruto. En un amplio número de estudios, se ha observado que los polifenoles presentes en el tomate muestran un efecto antioxidante (por inhibir la peroxidación de lípidos y la oxidación de LDL), tienen una posible función antiviral, antibacteriana, antiinflamatoria, antialérgica, anticancerosa, un papel preventivo frente a la obesidad y las enfermedades cardiovasculares y disminuye los efectos secundarios de la quimioterapia. (60,62)

Diversos estudios clínicos, han mostrado un efecto saludable de los productos alimenticios a base de tomate en la dieta y otros estudios in vitro e in vivo han descrito el efecto beneficioso de los compuestos bioactivos más abundantes presentes en el tomate o sus derivados. Por otro lado, también se cree que estos compuestos tienen un efecto sinérgico, es decir, en conjunto, estos compuestos forman una red compleja que parece ser la responsable de los efectos observados sobre la salud. (60)

### 3.2.9 Efecto de la temperatura sobre los antioxidantes del tomate

Diversos estudios muestran que la temperatura y la cocción pueden desencadenar alteraciones que afectan el nivel nutricional de las frutas y verduras.

#### a) Licopeno

El tratamiento térmico de hortalizas y verduras, parece mejorar la biodisponibilidad de los carotenoides en muchos alimentos. La biodisponibilidad del licopeno es mejor cuando se somete a

cocción (pasta de tomate) mejorando sus propiedades antioxidantes y anticancerígenas. El tomate procesado presenta mejor absorción (cerca de cuatro veces más) que los tomates frescos. (63)

**Tabla 4. Contenido de licopeno en diferentes presentaciones de tomate**

<b>Fuente</b>	<b>Contenido de licopeno (mg/100 g)</b>
Tomate fresco	0.72 - 20
Tomate, jugo	5.00 – 11.60
Tomate, salsa	6.20
Tomate, pasta	365
Tomate, sopa	7.99
Salsa cátsup	9.90 – 13.44
Salsa para pizza	12.71

Fuente: Waliszewski KN, Blasco G.2010. (64)

b) Vitamina C

Se han demostrado los efectos benéficos de este antioxidante al reducir el riesgo de enfermedades pulmonares, cardiovasculares y cánceres no hormonales, sin embargo, factores como la temperatura, el oxígeno, la luz, los cambios de pH y los iones metálicos pueden degradar este micronutriente. (65)

### 3.2.10 Taxonomía del tomate cherry

Reino: Plantae

Sub reino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida (Dicotiledónea)

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanáceas

Género: *Solanum*

Especie: *Solanum lycopersicum*

Variedad: *Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme. (66)

### 3.2.11 Época y producción de tomate

#### a) Época de producción de tomate

La época de producción de tomate se realiza durante todo el año, con algunas restricciones o limitaciones en invierno, sobre todo en zonas con altas probabilidades de heladas. En primavera - verano demuestra todo su potencial y donde se presenta las mayores ocurrencias de plagas y enfermedades. (67)

#### b) Producción de tomate a nivel mundial y nacional

La producción de tomate a nivel mundial para el año 2014 fue de 170 millones de toneladas, en el mismo año en América del Sur hubo una producción de 7 millones de toneladas de tomate y la producción durante ese año en el Perú fue de 265 948 toneladas. (68)

En el año 2015 la producción peruana de tomate fue de 236 287 toneladas, en donde la mayor producción fue en el departamento de Ica con 106 264 toneladas, seguido por Lima con 49 874 toneladas, Arequipa con 30 752 toneladas, Lambayeque con 12 021 toneladas y también seguidos por Tacna, Ancash y La Libertad. (69)

### 3.2.12 Consumo per cápita de tomate

Según la Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares entre el año 2008 y 2009 del INEI, el consumo per cápita anual de tomate en el Perú fue de 6,8 kg por persona, siendo el área urbana quienes los consumen en mayor cantidad, con 7,1 kg por persona. Lima Metropolitana tiene un consumo per cápita de 6.7 kg anuales. La encuesta también muestra que las mujeres consumen una mayor cantidad de tomate (7,4 kg per cápita en comparación con los hombres con un consumo de 6,7 kg per cápita anuales). (70)

### 3.2.13 Cultivo tradicional

Son los sistemas de uso de la tierra que han sido desarrollados localmente durante largos años de experiencia empírica y experimentación campesina. Se efectúa en base a un conocimiento que ha sido acumulado por muchas generaciones. (71)

Consiste en cultivar los suelos a través de maquinaria y equipamientos con la finalidad de mejorar su fertilidad e incremento de la materia orgánica del suelo y consecuentemente de aumentar el rendimiento de los cultivos. (72)

Se utiliza un sistema de producción de alta eficiencia, que tiene como mecanismo básico a los monocultivos y que es dependiente de un alto uso de insumos químicos. (73)

La producción convencional ha sido el modelo mayoritario durante los últimos decenios. Está orientado a obtener el máximo rendimiento en el menor tiempo posible y caracterizado por la mecanización agrícola y el uso de fitosanitarios (fertilizantes, herbicidas, pesticidas) químicos. Algunos de sus principales inconvenientes son el empobrecimiento de la fertilidad de la tierra a largo plazo, el coste que representan para los agricultores estos productos, la toxicidad de algunos (para quienes los aplican y quizás para los consumidores, en caso de que queden residuos en la fruta) y el hecho de que contaminan las aguas subterráneas. (74)

#### 3.2.14 Hidroponía

Hidroponía es una palabra derivada de dos palabras griegas: hydro (agua) y ponos (trabajo), por lo que etimológicamente significa “trabajo en agua”. Sin embargo, actualmente se define como la técnica del cultivo sin suelo, donde las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos disueltos en agua (solución nutritiva) y en la cual el suelo como medio de cultivo se sustituye por ciertos sustratos inertes y estériles, o en algunos casos por la misma solución nutritiva. (75)

La hidroponía garantiza a las plantas las mejores condiciones de desarrollo y crecimiento, así como se obtiene mayor productividad y menor gasto por unidad de superficie. La producción comercial

de cultivos hidropónicos tiene aproximadamente más de 70 años de haberse iniciado, anteriormente se consideraba como un complemento y en ciertos casos como un sustituto de los métodos tradicionales de cultivo, debido a que se puede realizar en todas aquellas partes en donde el suelo no es fértil o cuyo acondicionamiento resulta costoso, además se puede realizar en cualquier tipo de clima y se ha perfilado como una importante alternativa para la producción de plantas con fines alimenticios, ornamentales y forrajes. (76)

a) Ventajas:

- No existe la competencia por nutrientes: Ya sea por plantas voluntarias o por microorganismos de suelo.
- Las raíces se desarrollan en mejores condiciones de crecimiento: Tanto en medios artificiales como en agua el desarrollo radicular adquiere su mejor desarrollo sin impedimentos físicos ni nutricionales, comparados con los sistemas tradicionales.
- Mínima pérdida de agua: A través de estos sistemas se realiza un uso eficiente del agua, ya que ésta es aportada en las cantidades necesarias y en forma controlada.
- Reducción en aplicación de agroquímicos: La aplicación de agroquímicos se reduce en estos sistemas, ya que el suelo como fuente de hospedaje o ciclo de enfermedades desaparece, de todos modos, los sistemas hidropónicos no son inmunes a la presencia de patógenos sobre todo aquellos que pueden colonizar medios líquidos. Pero en la medida que se implementen estrategias de control, redundará en una aplicación menor de plaguicidas.



- El Sistema se ajusta a áreas de producción no tradicionales: La implementación de estos sistemas permite ampliar el horizonte agrícola permitiendo la inclusión de áreas urbanas y suburbanas para la producción. Esto permite una plasticidad en la evolución del volumen y el área de cultivo muy diferente a la obtenida con los cultivos realizados en los sistemas tradicionales. (77)

### 3.2.15 Temperatura ambiente

Es la temperatura del aire registrada en el instante de la lectura (59). Se considera temperatura ambiente la comprendida entre 15 °C y 25 °C, admitiendo de forma ocasional temperaturas de hasta 30 °C. (78)

### 3.2.16 Temperatura de ebullición

La temperatura de ebullición es aquella a la cual la presión de vapor del líquido es igual a la presión externa. En este punto, el vapor no solamente proviene de la superficie, sino que también se forma en el interior del líquido produciendo burbujas y turbulencia que es característica de la ebullición. La temperatura de ebullición permanece constante hasta que todo el líquido se haya evaporado. En el caso de los líquidos, los cambios en la presión atmosférica debidos a las variaciones en la altura afectan la temperatura de ebullición. A medida que un sitio se encuentra más elevado sobre el nivel del mar, la temperatura de ebullición se reduce. Por lo que la temperatura de ebullición del agua a nivel del mar es de 100 °C. (79)

### 3.2.17 Métodos para evaluar la capacidad antioxidante

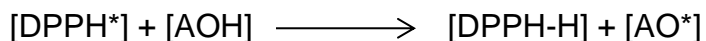
La capacidad antioxidante puede considerarse actualmente un factor a tener en cuenta en análisis nutricional de frutas y verduras, como la capacidad antioxidante total de una muestra viene determinada por interacciones sinérgicas entre diferentes compuestos antioxidantes, así como por el modo de acción concreto de cada uno de ellos, es necesario utilizar procedimientos adecuados en la extracción de antioxidantes y en la medida de capacidad antioxidante. (80)

Existen diferentes métodos para evaluar la capacidad antioxidante en frutas y verduras, por ejemplo, el método DPPH:

#### a) Método DPPH

El método del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), se utiliza para determinar la capacidad antioxidante de alimentos y compuestos sintéticos. El radical libre y estable DPPH, es una sustancia que mide la capacidad de secuestro de cualquier compuesto con actividad antioxidante. (81)

Este radical libre es susceptible de reaccionar con compuestos antioxidantes a través de un proceso caracterizado por la cesión de un átomo de hidrógeno proporcionado por el agente antioxidante. Esta reacción podemos representarla de la siguiente manera:



La solución del reactivo de DPPH es de color violeta y con una absorción de 515 nm. La reacción consiste en la sustracción de un átomo de hidrógeno proveniente de un donador

(antioxidante) por el radical libre DPPH, desarrollando un cambio del color violeta a amarillo, el grado de este decoloramiento indica la habilidad del antioxidante de secuestrar al radical libre; el que se lee en el espectrofotómetro después de veinte a treinta minutos de reacción. (82)

### **3.3 Definición de términos**

#### **3.3.1 Radicales libres**

Son todas aquellas especies químicas, cargadas o no, que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo, generándole una gran inestabilidad.

#### **3.3.2 Antioxidante**

Un antioxidante es toda sustancia que evita la oxidación, a una sustancia o a un producto.

#### **3.3.3 Capacidad antioxidante**

Es el conjunto de antioxidantes y el poder que estos tienen para neutralizar a los radicales libres.

#### **3.3.4 Temperatura**

Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente, y cuya unidad en el sistema internacional es el kelvin (K). Estado de calor del cuerpo humano o de los seres vivos.

#### **3.3.5 Temperatura ambiente**

Temperatura ordinaria en torno a un cuerpo.

### 3.3.6 Ebullición

Acción de hervir, estado de agitación.

### 3.3.7 Hidroponía

Cultivo de plantas en soluciones acuosas, por lo general con algún soporte de arena, grava, etc.

### 3.3.8 Cultivo

Es la práctica de sembrar semillas en la tierra y realizar las labores necesarias para obtener frutos de las mismas.

### 3.3.9 Cultivo tradicional

Sistema de producción basado en conocimientos y prácticas indígenas, que han sido desarrollados a través de muchas generaciones.

### 3.3.10 Vitaminas

Cada una de las sustancias orgánicas que existen en los alimentos y que, en cantidades pequeñísimas, son necesarias para el perfecto equilibrio de las diferentes funciones vitales.

### 3.3.11 Licopeno

Carotenoide de color rojo, propio de los tomates, pimientos y otros frutos semejantes.

### 3.3.12 Polifenoles

Compuestos bio-sintetizados por las plantas que poseen uno o más grupos hidroxilos que les brindan sus propiedades antioxidantes.

### 3.3.13 Fitoquímicos

Son sustancias que se encuentran en los alimentos de origen vegetal, biológicamente activas y tienen efectos positivos en la salud.

### 3.3.14 Estrés oxidativo

Se genera cuando hay un exceso de producción de radicales libres.

### 3.3.15 Consumo per cápita

Es una locución que significa por cabeza o por cada individuo.

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1 Tipo y Nivel de la investigación

##### 4.1.1 Tipo de Investigación

- Analítico: Porque se van a analizar los extractos acuosos del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry).
- Experimental: Porque se va a comprobar si el tipo de cultivo y la temperatura afectan la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum* var. ceraciforme (tomate cherry).
- Comparativo: Porque se va a comparar el contenido de antioxidantes entre dos tipos de cultivo de *Solanum lycopersicum* var. ceraciforme (tomate cherry).
- Longitudinal: Porque se analizará a los extractos de *Solanum lycopersicum* var. ceraciforme (tomate cherry) en diferentes momentos de tiempo.
- Prospectivo: Porque la información se va a recolectar después de presentar el proyecto de tesis.
- Cuantitativa: Porque se calculará la cantidad de antioxidantes que contienen los cultivos de *Solanum lycopersicum* var. ceraciforme (tomate cherry).

##### 4.1.2 Nivel de Investigación

- Explicativa: Porque se quiere encontrar el grado de asociación causal que existe entre las variables.

## **4.2 Método y Diseño de la investigación:**

### 4.2.1 Método de investigación

- Método deductivo.

### 4.2.2 Diseño de investigación

GE 1: O1 X O2

GE 2: O1 X O2

Dónde:

O1: es el momento en que se inicia el experimento con evaluación previa (pre- evaluación).

O2: Es el momento de salida o de término del experimento con evaluación post experimental (post - evaluación).

X: Sesiones experimentales con los grupos llamados experimentales (temperatura de ebullición).

En el libro titulado “Metodología de la Investigación”, se citan los aspectos metodológicos utilizados. (83)

## **4.3 Población y Muestra de la Investigación**

### 4.3.1 Población:

- Planta de *Solanum lycopersicum var. ceraciforme* (tomate cherry) de dos tipos de cultivo: hidropónico y tradicional.

### 4.3.2 Muestra Biológica:

- Extracto acuoso del *Solanum lycopersicum var. ceraciforme* (tomate cherry) de dos tipos de cultivo: hidropónico y tradicional.

## 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 4.4.1 Técnicas

- Determinación de la capacidad antioxidante por DPPH\*

El DPPH\* (2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo) es un radical libre estable que no necesita preparación, se diluyó en metanol y se guardó en oscuridad.

La solución de DPPH\* es de color morado intenso que en contacto con un reductor disminuye la intensidad de su color. Los resultados se expresan como CI 50 en mg/mL (concentración de la muestra que reduce 50% la solución DPPH\*).

- Determinación de vitamina C por el método de Folin-Ciocalteu  
El fundamento de la determinación de vitamina C radica en el poder reductor que ejerce esta vitamina sobre el reactivo Folin-Ciocalteu en medio ácido, tornándolo de color azul, cuya intensidad guarda relación con la concentración de vitamina C.

### 4.4.2 Instrumentos

#### 4.4.2.1 Ficha de recolección de datos

Se utilizó un cuadro de doble entrada para la recolección de los datos obtenidos durante la investigación.



## 4.5 Procedimientos de recolección de datos

### 4.5.1 Preparación de la muestra del extracto acuoso del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry)

La muestra se preparó pesando 25g de tomate cherry de cultivo hidropónico, se cortó en trozos muy pequeños, y se colocó en una probeta y se adicionó agua destilada hasta un volumen de 100 ml, luego, se homogenizó utilizando una licuadora durante 1 minuto, en dos sesiones de 30 segundos cada una, se filtró a través de gasa y se centrifugó a 1,200 rpm durante 20 minutos, se separó el sobrenadante que fue utilizado en las diversas determinaciones analíticas. El tomate cherry de cultivo tradicional fue sometido al mismo tratamiento descrito anteriormente.

### 4.5.2 Determinación de la capacidad antioxidante

Para la determinación de la capacidad antioxidante utilizando DPPH\*, se prepararon diluciones en metanol (1:3 a 1:6), se mezcló y se centrifugó a 1200 rpm durante 20 minutos. Se separó el sobrenadante para la determinación de la capacidad antioxidante. Para la determinación cuantitativa de la capacidad antioxidante se utilizó un sistema constituido por: tampón acetato 0.1M pH 6.0, metanol, sobrenadante y solución DPPH\* (50 uM en metanol). Luego se agitó cada tubo utilizando un Vortex. Se dejó en reposo durante 30 minutos en oscuridad y después se leyó en un espectrofotómetro a 517 nm. Las sustancias antioxidantes de la

muestra reaccionan con el DPPH\* y la reducción del reactivo es seguida midiendo la absorbancia a 517 nm.

Con las absorbancias obtenidas se calculó el % de inhibición mediante la siguiente fórmula:

$$\%Inhibición = \frac{Abs\ control - Abs\ muestra}{Abs\ control} \times 100$$

Una vez obtenido el porcentaje de inhibición se calcula el CI50, que es la concentración de la muestra que reduce el 50% de la solución DPPH\*.

#### 4.5.3 Determinación de vitamina C por método de Folin-Ciocalteu

Para la determinación de vitamina C se midió 0.2 mL de reactivo Folin-Ciocalteu al 10%, luego se añadió 0.5 mL de ácido tricloroacético (TCA) al 10% y se agitó para homogenizar. Posteriormente, se añadió 0.05mL de muestra y 1.25 mL de agua destilada; se dejó en reposo a temperatura ambiente durante 10 minutos y se leyó en el espectrofotómetro a 760 nm. La determinación se realizó por triplicado y con un blanco de muestra. Para realizar los cálculos se preparó una curva estándar de ácido ascórbico utilizando concentraciones conocidas de esta vitamina, y los resultados se expresan como mg de ácido ascórbico/100 g de muestra fresca.

Los datos obtenidos se almacenaron en una ficha de recolección de datos en el programa Microsoft Excel versión 2016.

Se solicitó el certificado de identificación taxonómica de la muestra *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) al Herbario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (Se adjunta certificado en anexos).

Las técnicas para determinar la capacidad antioxidante a través del método DPPH y la técnica para hallar en contenido de vitamina C a través del método Folin-Ciocalteu se ejecutaron en los laboratorios de la escuela de Nutrición Humana de la Universidad Alas Peruanas.

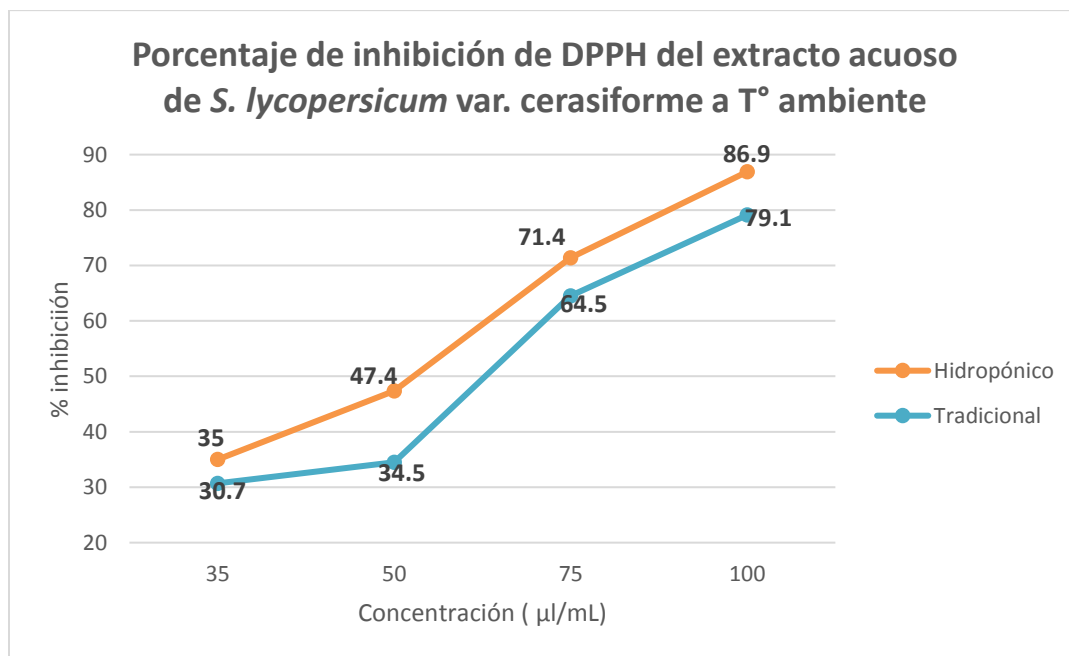
## CAPÍTULO V

### PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de tablas y gráficos

Para los resultados de la presente investigación se utilizaron estadísticos descriptivos (promedios y porcentajes) y estadísticos inferenciales (prueba de correlación de Pearson) mediante el uso del programa spss versión 23.

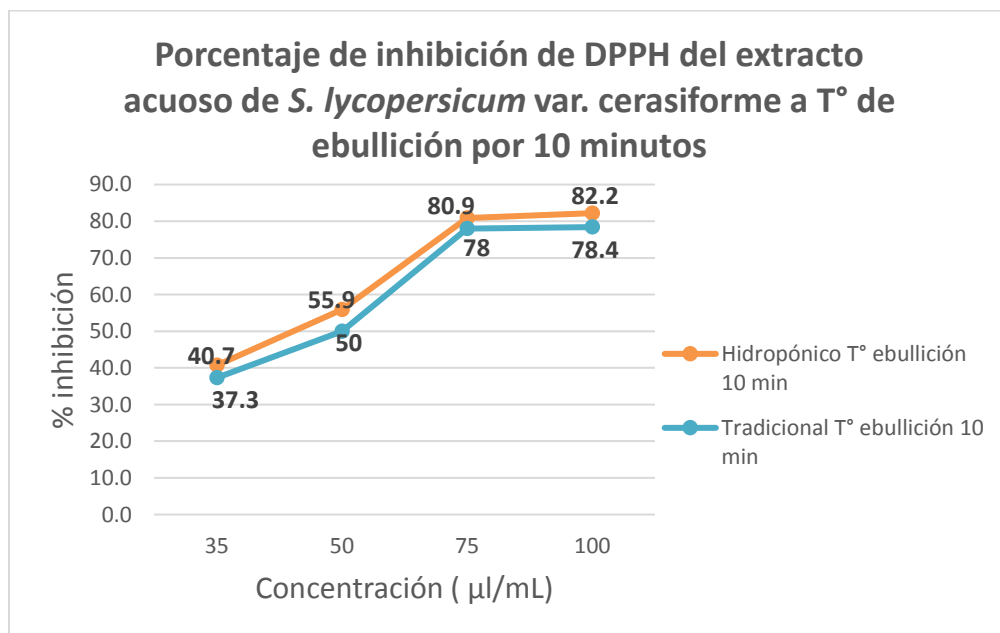
La evaluación del efecto del tipo de cultivo y la temperatura sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), dio los siguientes resultados.



**Gráfico N°1. Porcentaje de inhibición de DPPH del extracto acuoso de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) a T° ambiente**

FUENTE: Elaboración propia T.D.A.S. 2017

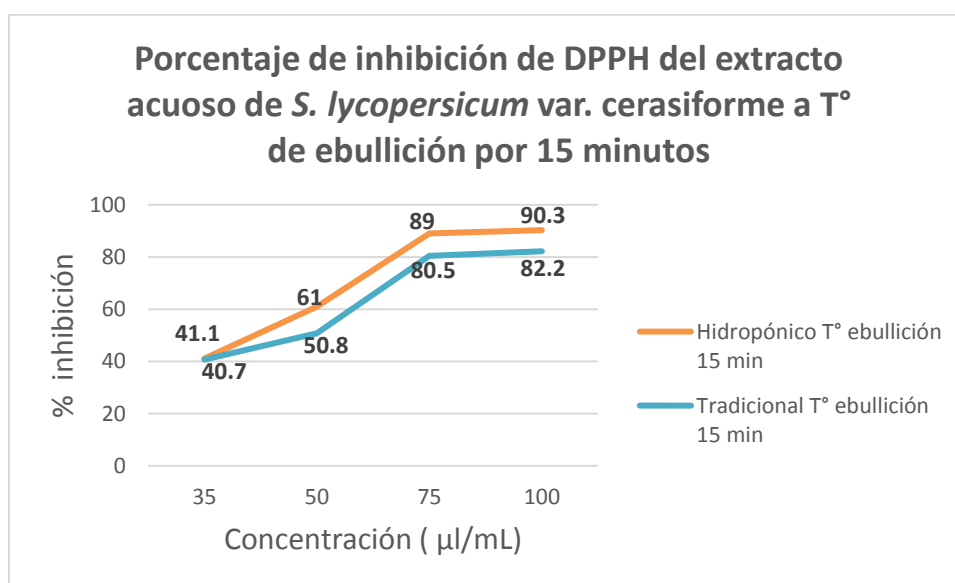
En el gráfico N° 1 se muestran los resultados del análisis de la capacidad antioxidante mediante el radical DPPH; se observó que la muestra de *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo hidropónico a temperatura ambiente destacó frente al tomate cherry de cultivo tradicional por presentar mayor porcentaje de inhibición DPPH (86.9%) frente al 70,1% del *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo tradicional, es decir, el *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo hidropónico posee una mayor capacidad antioxidante. También se puede observar que el porcentaje de inhibición se va incrementando en relación directa a la concentración de la muestra; por lo que a mayor concentración tendremos una mayor capacidad antioxidante. Un análisis de estos resultados utilizando la prueba de correlación de Pearson nos da como  $r=0.996$  lo que indica que es estadísticamente significativo.



**Gráfico N°2. Porcentaje de inhibición DPPH del extracto acuoso de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) a T° de ebullición por 10 minutos**

FUENTE: Elaboración propia T.D.A.S. 2017

En el gráfico N° 2 se puede observar que, a una temperatura de ebullición por 10 minutos, el *S. lycopersicum* var. cerasiforme hidropónico presenta una mayor capacidad antioxidante al inhibir en un 82.2% el radical DPPH a una concentración de 100  $\mu\text{l/mL}$  en comparación al 78.4% que se obtiene de porcentaje de inhibición del *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo tradicional. Al igual que en la muestra a temperatura ambiente se puede observar que el porcentaje de inhibición se va incrementando en relación directa a la concentración de la muestra; por lo que a mayor concentración tendremos una mayor capacidad antioxidante.

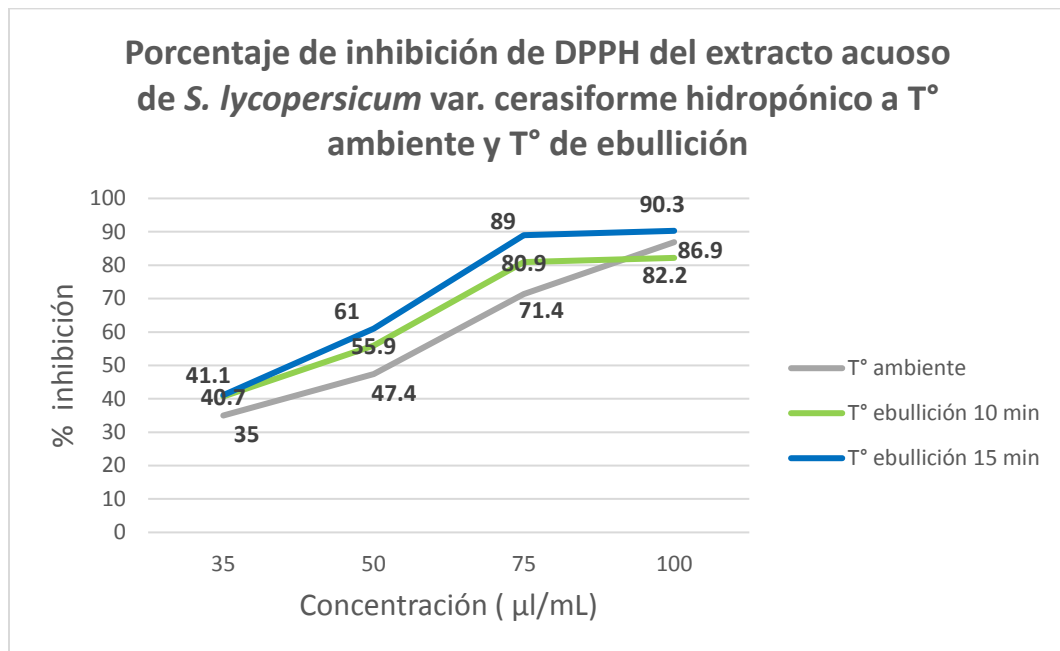


**Gráfico N°3. Porcentaje de inhibición de DPPH del extracto acuoso de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) a T° de ebullición por 15 minutos**

FUENTE: Elaboración propia T.D.A.S. 2017

En el gráfico N° 3 también se puede observar que, a una temperatura de ebullición por 15 minutos, el tomate *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo hidropónico presenta una mayor capacidad antioxidante al inhibir en un 90.3% el radical DPPH a una concentración de 100  $\mu\text{l/mL}$  en

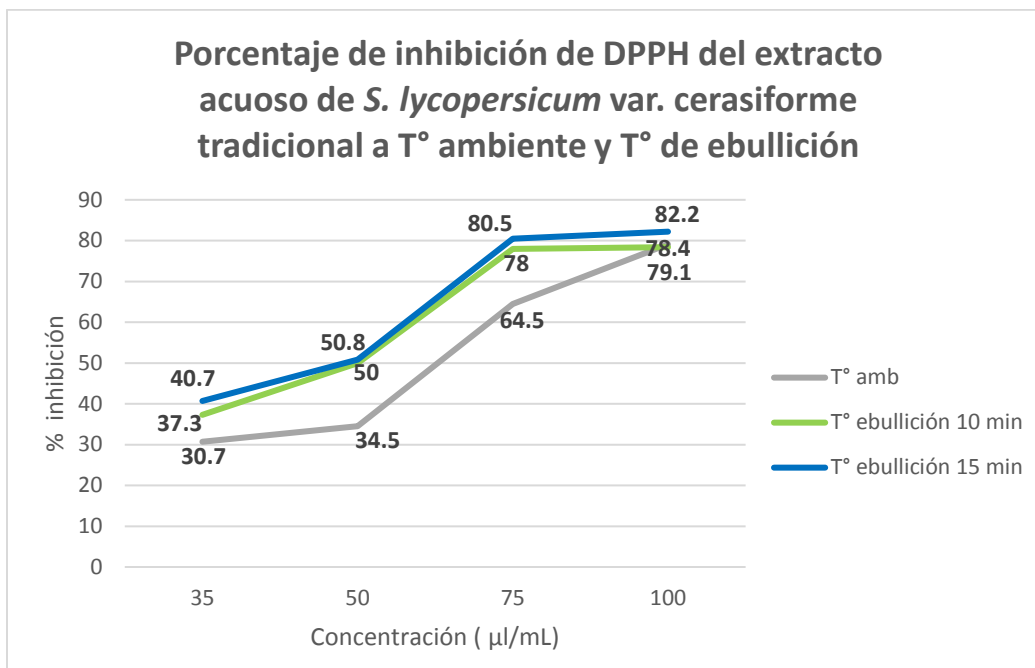
comparación al 82,2% que se obtiene de porcentaje de inhibición DPPH del *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo tradicional.



**Gráfico N°4. Porcentaje de inhibición de DPPH del extracto acuoso de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) hidropónico a T° ambiente y T° de ebullición**

FUENTE: Elaboración propia T.D.A.S. 2017

En el gráfico N°4 se muestra la comparación del porcentaje de inhibición obtenido a temperatura ambiente y ebullición, se puede observar que, al someter las muestras a una temperatura de ebullición, se incrementa la capacidad antioxidante, llegando a obtener un 90.3% de inhibición DPPH a los 15 minutos de ebullición a una concentración de 100 µl/mL del *S. lycopersicum* var. cerasiforme hidropónico. Un análisis de estos resultados utilizando la prueba de correlación de Pearson nos da como  $r=0.935$ , esto indica que es estadísticamente significativo, con una relación alta y directamente proporcional, por lo que a mayor temperatura se obtendrá una mayor capacidad antioxidante.

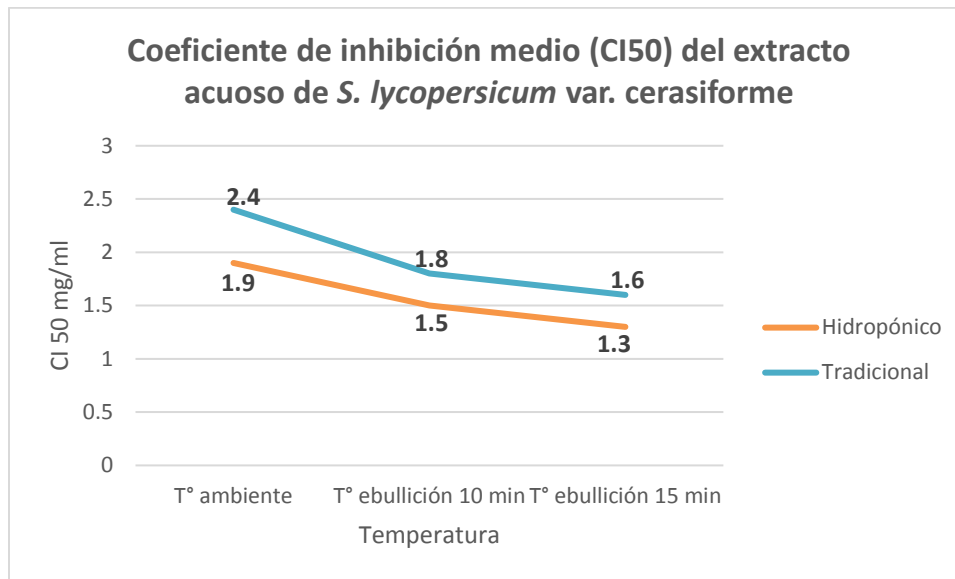


**Gráfico N°5. Porcentaje de inhibición de DPPH del extracto acuoso de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) tradicional a T° ambiente y T° de ebullición**

FUENTE: Elaboración propia T.D.A.S. 2017

Gráfico N°5: Al igual que en el gráfico N°4 se muestra la comparación del porcentaje de inhibición DPPH obtenido temperatura ambiente y ebullición en el *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo tradicional, también se puede observar que la capacidad antioxidante se incrementa al someterla a una temperatura de ebullición, llegando a obtener un 82.2% de inhibición DPPH a los 15 minutos de ebullición en una concentración de 100 µl/ml. Entonces, podemos observar que al aumentar la concentración y la temperatura hay una mejor capacidad antioxidante.

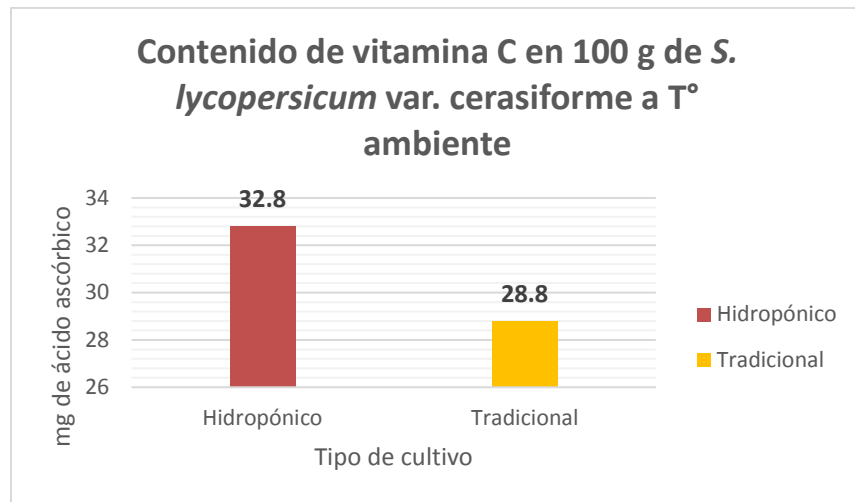




**Gráfico N°6. Coeficiente de inhibición medio (CI50) del extracto acuoso de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) a T° ambiente y T° de ebullición**

FUENTE: Elaboración propia T.D.A.S. 2017

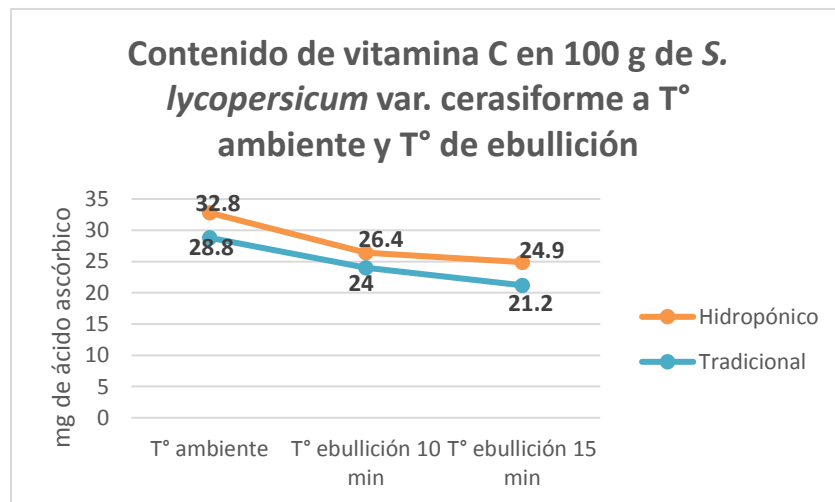
En el gráfico N°6 se observan los coeficientes de inhibición (CI50) del extracto acuoso de *S. lycopersicum* var. cerasiforme evaluado a temperatura ambiente y ebullición. Se observó que la muestra de *S. lycopersicum* var. cerasiforme hidropónico ejerce una capacidad antioxidante mayor al someterse a ebullición por 15 minutos obteniendo un CI 50 de 1.3 mg/ml mientras que para el *S. lycopersicum* var. cerasiforme tradicional es de 1.6 mg/ml, lo que indica que con una concentración menor de la muestra y sometiéndola a ebullición se logra alcanzar un 50% de reducción del DPPH. De acuerdo con el análisis estadístico, usando la correlación de Pearson, tenemos un valor  $r = -0.982$  y  $r = -0.961$  para el cultivo hidropónico y tradicional respectivamente, lo que indica que es estadísticamente significativo, con una relación alta e inversamente proporcional, esto comprueba que un menor CI50 se tendrá una mejor capacidad antioxidante.



**Gráfico N°7. Contenido de vitamina C en 100 g de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) a T° ambiente**

FUENTE: Elaboración propia T.D.A.S. 2017

En el gráfico N°7 se puede observar que el *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo hidropónico presenta una mayor cantidad de ácido ascórbico (32.8 mg) en comparación con el cultivo tradicional (28.8 mg) de ácido ascórbico.



**Gráfico N°8 Contenido de vitamina C en 100 g de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) a T° ambiente y T° de ebullición**

FUENTE: Elaboración propia T.D.A.S. 2017

En el gráfico N°8 se puede observar como va disminuyendo el contenido de vitamina C cuando se someten las muestras de *S. lycopersicum* var. cerasiforme a temperatura de ebullición, como se puede observar el contenido de ácido ascórbico va disminuyendo a medida que se incrementa el tiempo durante el tratamiento térmico, para el *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo hidropónico reduce en un 24,1% su contenido llegando a obtener 24.9 mg de vitamina C y para el *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo tradicional reduce su contenido en un 26.4% llegando a obtener 21.2 mg de vitamina C.

De acuerdo con el análisis estadístico, usando la correlación de Pearson, tenemos un valor  $r = -0.941$  y  $r = -0.989$  para el cultivo hidropónico y tradicional respectivamente, lo que indica que es estadísticamente significativo, con una relación alta e inversamente proporcional, esto comprueba que al someter las muestras a una temperatura de ebullición y durante más tiempo se encuentra un menor contenido de vitamina C.

## DISCUSIONES

Para la determinación de la capacidad antioxidante se utilizó el método 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), ya que este es un radical que permite obtener una mejor representación de la capacidad antioxidante de la muestra analizada frente a otros métodos, porque se obtienen los resultados en un tiempo relativamente corto, además por su alta capacidad de donador de hidrógenos. Asimismo, el radical DPPH puede obtenerse directamente sin una preparación, reacción química, enzimática o electroquímica previa, a diferencia de otros radicales, favoreciendo su aplicación (8).

En nuestros resultados encontramos que el *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo hidropónico a temperatura ambiente tiene un mayor porcentaje de inhibición DPPH de 86.9% en comparación al 70,1% del *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo tradicional, es decir, el hidropónico posee una mayor capacidad antioxidante. Este resultado tiene relación con el estudio donde evalúan la importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L), donde las variaciones en los compuestos antioxidantes en tomates cherry (cv Naomi F1) cultivados en condiciones de hidroponía y cosechados en diferentes épocas del año, presentaron —en ciertas estaciones, como el verano— una reducción significativa en el contenido de licopeno; sin embargo, se observó una acumulación relativamente alta en los niveles de otros antioxidantes como el ácido ascórbico, compuestos fenólicos y carotenoides, haciendo que el cultivo hidropónico mantenga una buena capacidad antioxidante. (14) Por otro lado, la capacidad antioxidante se incrementa con la maduración porque hay un aumento de licopeno, según el estudio donde analizan los carotenoides y capacidad antioxidante durante la maduración de jitomate. (15)

También, en otro estudio evalúan la actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas en dos sistemas de producción, donde encontraron que los sistemas orgánicos tenían una mayor actividad antioxidante que los frutos del sistema convencional o tradicional. (17). Estos resultados son importantes ya que actualmente las personas están buscando consumir alimentos cultivados en aguas limpias y sin pesticidas. (4)

Al evaluar el efecto de la temperatura de ebullición se encontró que el *S. lycopersicum* var. cerasiforme hidropónico y tradicional muestran un 90,3% y un 82,2% respectivamente de porcentaje de inhibición de DPPH al ser sometidos a ebullición por 15 minutos indicando que a una mayor temperatura hay una capacidad antioxidante alta. Esto también se puede ver un estudio dónde evalúan el efecto del procesamiento en el tomate y encontraron que la actividad antioxidante del tomate después del tratamiento térmico se incrementa, debido a la liberación de fitoquímicos como el licopeno. (84)

Al igual que en el estudio realizado para determinar la cantidad de polifenoles y su actividad antioxidante en el *Cucurbita moschata Duchesne* (zapallo loche) encontraron que las muestras expuestas a una mayor temperatura potenciaban su actividad para neutralizar a los radicales libres, destacándose su muestra sancochada frente a las demás por presentar mayor porcentaje de inhibición de los radicales libres (95.0%); es decir, posee una mayor capacidad antioxidante. Seguida de la muestra frita, la cual presentó 86.0% de capacidad antioxidante; por último, la muestra de zapallo loche fresca presentó menor capacidad antioxidante (80.0%). (8)

En otro estudio donde evaluaron el efecto de la cocción sobre la composición química y capacidad antioxidante de *Solanum tuberosum* (papas nativas) del Ecuador, encontraron que las papas nativas cocidas presentaron mayor capacidad antioxidante que en estado fresco, pudiendo relacionarse con el

hecho de que el tratamiento térmico produciría la liberación de compuestos antioxidantes de tipo enzimático y no enzimático. (13) En comparación con el estudio donde evalúan la capacidad antioxidante de la papa cruda y cocida, encontraron que la papa cruda tenía una mayor capacidad antioxidante en comparación a la papa cocida, sin embargo, hay una diferencia al evaluarlas, ya que las papas cocidas se analizaron sin cáscara, lo que puede influenciar en el resultado. (9)

Al comparar nuestros resultados con el estudio donde evalúan el efecto de la temperatura y el tiempo de escaldado en la capacidad antioxidante de la pulpa de cocona y carambola, también encontraron que el tratamiento térmico de escaldado incrementó la capacidad antioxidante de la pulpa de cocona, sin embargo, disminuyó la capacidad antioxidante de la pulpa de carambola. (7) Al igual que en el estudio donde evalúan el efecto del tiempo de cocción por hervido sobre la capacidad antioxidante en la arracacha con y sin cáscara, encontraron que el tiempo de cocción disminuía su capacidad antioxidante. (6) También se observan los mismos resultados, contrarios a los que encontramos, en el estudio donde evalúan el efecto de la temperatura en la capacidad antioxidante en la pulpa de tuna anaranjada, donde hallaron que la capacidad antioxidante disminuía con el tratamiento térmico. (10)

En otro estudio donde determinan el efecto del tratamiento térmico sobre la capacidad antioxidante total del brócoli, pimiento y tomate, en donde el tomate obtuvo un IC 50 de 4,37 mg/ml cuando fue sometido a ebullición y un IC50 de 3.54 mg/ml para el tomate sometido a vapor y a microondas obtuvo un IC 50 de 2.64 mg/ml (11), al comparar con los resultados que obtuvimos, el *S. lycopersicum var. cerasiforme* (tomate cherry) presenta una mayor capacidad antioxidante ya que el IC 50 que obtuvo cuando fue sometido a ebullición por 15 minutos fue de 1,3 mg/ml para el cultivo hidropónico y un IC 50 de 1,6 mg/ml

para el cultivo tradicional, teniendo así una mejor capacidad antioxidante en comparación con el tomate común.

Según el estudio realizado para hallar el efecto del procesamiento sobre la capacidad antioxidante de la ciruela criolla, consideran que el tratamiento térmico es una de las principales causas del cambio en el contenido de antioxidantes naturales en los alimentos. (16), al igual que en otro estudio mencionan que durante el tratamiento térmico al cual son sometidos diferentes vegetales se produce la disminución de los radicales libres por los antioxidantes debido a una inactivación de enzimas oxidativas, ya que el proceso de sancochar puede destruir la pared celular y compartimentos sub celulares, produciendo la liberación de potentes antioxidantes. (85) Esto lo podemos corroborar con nuestros resultados que muestran que a una mayor temperatura y tiempo aumenta la capacidad antioxidante del fruto.

Al determinar el contenido de vitamina C a través del reactivo de Folin-Ciocalteu, encontramos que el *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo hidropónico presentó una mayor cantidad de vitamina C (32.8 mg) en comparación con el *S. lycopersicum* var. cerasiforme de cultivo tradicional que tuvo un 28.8 mg de ácido ascórbico.

Al igual que en nuestro estudio, mencionan que la composición química del fruto de tomate puede verse afectada por los sistemas utilizados durante su producción. Al respecto, considera que los sistemas hidropónicos comparados con los sistemas en suelo en invernaderos, pueden mantener contenidos más altos de ácido ascórbico. Además, los minerales y la vitamina C son nutrientes presentes en el tomate que también pueden variar de acuerdo con las condiciones de cultivo; por ejemplo, frutos cultivados en hidroponía contienen más Ca y vitamina C que los cultivados en sistemas orgánicos. (14)

Por otro lado, al someter a temperatura de ebullición el *S. lycopersicum* var. cerasiforme disminuía la concentración de vitamina C, en un 24,1% para el *S. lycopersicum* var. cerasiforme hidropónico al igual que el *S. lycopersicum* var. cerasiforme tradicional reduce su concentración de vitamina C en un 26,4%. Según el estudio realizado para determinar el efecto del tratamiento térmico en la concentración de ácido ascórbico y color superficial en frutos de tomate y pimentón verde, encontraron que el tratamiento con horno presentó una mayor reducción de ácido ascórbico al registrar pérdidas del 80% y el tratamiento de cocción con agua redujo en un 51.73% la concentración de vitamina C. (12)

Al igual que en nuestros resultados, donde a una mayor temperatura y tiempo se encontró un menor contenido de vitamina C, el estudio donde evaluaban la degradación térmica de vitamina C en pulpa de mango, también obtuvo que a mayor tiempo y temperatura la vitamina C sufre una mayor degradación. (86)



## CONCLUSIONES

- ✓ El tipo de cultivo hidropónico y tradicional modifican la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* (tomate cherry), siendo el hidropónico el que presenta mayor capacidad antioxidante.
- ✓ El efecto de la temperatura modifica de forma directamente proporcional la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* (tomate cherry), aumentando su capacidad antioxidante.
- ✓ El tipo de cultivo modifica la concentración de vitamina C del *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* (tomate cherry), siendo el hidropónico el que presenta una mayor concentración de vitamina C
- ✓ El efecto de la temperatura afecta de manera inversamente proporcional el contenido de vitamina C del *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* (tomate cherry), ya que al someterse a una temperatura elevada y por más tiempo disminuye la concentración de vitamina C.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda el consumo del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) de forma fresca y principalmente de forma cocida por el gran contenido de antioxidantes que presentan.
- ✓ Se recomienda consumir el *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) de cultivo hidropónico porque presenta una mejor capacidad antioxidante y un mayor aporte de vitamina C.
- ✓ Recomendamos incluir el *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) en preparaciones cocidas, a pesar de la creencia que se tiene sobre la pérdida de los efectos benéficos de las frutas o verduras que han sido sometidas a altas temperaturas, debido a que en esta investigación se ha podido demostrar que la temperatura tiene un efecto positivo sobre la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme aumentando su capacidad antioxidante.
- ✓ Se recomienda hacer más estudios comparando la capacidad antioxidante del *Solanum lycopersicum* (tomate normal), que es el más consumido, y el *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry).
- ✓ Se recomienda hacer más estudios de alimentos de cultivo hidropónico para determinar si también presentan una mejor capacidad antioxidante y mayor cantidad de nutrientes como se halló en este estudio.
- ✓ Se recomienda hacer estudios para determinar la cantidad de licopeno en el *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme y determinar qué cantidad aumenta al someterse a temperatura.
- ✓ Se recomienda promover el cultivo hidropónico y crear talleres en los programas sociales, para que la población aprenda a cultivarlos y consumirlos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) **Cuya Ayala R.** Efecto de secado en bandeja y atomización sobre la actividad antioxidante de la mashua. Lima. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae, **2009**, UNALM.
- 2) **Maldonado Saavedra O, Jiménez Vásquez E. y col** Radicales libres y su papel en las enfermedades crónico-degenerativas. Rev Med UV, Julio - Diciembre **2010**: 32 – 39.
- 3) **Wang H., Cao G., Y Prior R.** Total Antioxidant Capacity of Fruits. Journal Agricultural Food Chemistry, **1996**; 44(3), 1996 701-705.
- 4) **Marcelo Padilla A.** Cultivo hidropónico de tomate (*lycopersicon succulentum mil*) en la comunidad campesina de Jicamarca. Lima, UNALM. **2009**.
- 5) **Marulanda C. y Izquierdo J.** La Huerta Hidropónica Popular – Manual técnico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Tercera edición. Santiago, Chile. **2003**.
- 6) **Cachay E.** Efecto del tiempo de cocción por hervido sobre capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara. Lima. Tesis para optar el Título de Licenciado en Nutrición. **2016**, UNMSM.
- 7) **Arapa A., Cahuana D.** Efecto de la temperatura y tiempo de escaldado en la capacidad antioxidante de la pulpa de cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) y carambola (*Averrhoa Carambola L.*). Tesis para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial. Puerto Maldonado. **2015**, UNAMAD
- 8) **Henderson C y Yapias E.** Determinación de la cantidad de pilifenoles y su actividad antioxidante en el zapallo loche (*Cucurbita moschata duchesne*) fresco, sancochado y frito procedente del departamento de

Lambayeque. Tesis para obtener el título de Licenciado en Nutrición y Dietética. Lima. **2014**. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

- 9) **Soto M., Ruesta J. y Meregildo R.**, Capacidad Antioxidante in vitro de cuatro variedades de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. “papa” (cruda y cocida, con y sin cáscara) frente al 2, 2-difenil-1-picrilhidrazil. Trujillo. **2014**, Universidad Nacional de Trujillo.
- 10) **Meza R.** Evaluación del efecto de la temperatura de concentración en los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en pulpa concentrada de tuna anaranjada (*Opuntia spp.*). Tesis para optar el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Huancayo. **2014**. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- 11) **Oliveira G., Troncoso L. Y Col.** Efecto del tratamiento térmico sobre la capacidad antioxidante total y contenido de polifenoles de brócoli, pimiento y tomate. An Fac med. **2012**;73 Supl 1 Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/2172/1884>
- 12) **Cuastumal H, Ledesma M y Ordoñez L.**, Vitamina C y color cuperficial en tomate y pimentón verde: efecto de los tratamientos térmicos. Entre ciencia e ingeniería. N° 20- segundo semestre **2016**, pág 32-36.
- 13) **Moreno C., Andrade M. y col.** “Efecto de la cocción sobre la composición química y capacidad antioxidante de papas nativas (*Solanum tuberosum*) del Ecuador”. Ecuador. **2015**, Revista Científica Ecuatoriana, Vol 2, No 2.
- 14) **Guevara L., Delgado A.**, Importancia, contribución y estabilidad de antioxidante en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Avances en Investigación Agropecuaria. **2014**. 18(1): 51-66
- 15) **López V.** “Carotenoides, capacidad antioxidante y compuestos volátiles del aroma durante la maduración de jitomate”. Revista Internacional de Botánica Experimental. FYTON ISSN 0031 9457 (**2014**) 83: 185-192

- 16) **Valero Y., Colina J y Ineichen E.**, Efecto del procesamiento sobre la capacidad antioxidante de la ciruela criolla (*Prunus domestica*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol 62 N°4, **2012**, Venezuela.
- 17) **Cantillano R., Avila J. y col** Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas en dos sistemas de producción. Horticultura Brasileira 30. **2012**. p620-626
- 18) **Avello, M., Suwalsky, M.** Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. Atenea (494), **2006**. p161-172.
- 19) **Velázquez Paniagua M., Prieto Gómez B., Contreras Pérez,** El envejecimiento y los radicales libres. Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de México. Ciencias 75, septiembre **2004**, p. 36-43.
- 20) **Fernández J., Silva – Grigoletto M. y Túnes-Fiñana I.** Estrés oxidativo inducido por el ejercicio. **2009**. Rev Andal Med Deporte. 2009;2(1):19-34. Córdoba. España. Disponible en: <http://bit.ly/2nXZ3Jj>
- 21) **Suárez Cunza S.** Actividad captadora de radicales libres y efecto antioxidante de metabolitos secundarios del extracto acuoso del *Allium sativum* var. Huaralino (ajo) en modelos in vitro. Lima. Tesis para obtener el grado de Doctor en Farmacia y Bioquímica. **2014**. UNMSM.
- 22) **Chura Muñuico M.** Efecto de la concentración de la raíz fresca de yacon "*Smallanthus sonchifolia*" en su capacidad antioxidante frente a la formación de radicales libres. Lima. Tesis para obtener el grado de Magíster en Nutrición. **2013**. UNMSM.
- 23) **Cuesta Sancho S.** Estudio de los mecanismos moleculares implicados en el envejecimiento pancreático y hepático: modulación por hormona de crecimiento y/o melatonina. Madrid. Memoria para optar al grado de Doctor. **2012**. Universidad Complutense de Madrid.
- 24) **Gutiérrez Salinas, J.**, ¿Qué sabe usted acerca de... radicales libres? Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas vol. 37, núm. 4, octubre-diciembre, **2006**, pp. 69-73. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57937409>.

- 25) **Cuerda C., Luengo L., Y Col.** Antioxidantes y diabetes mellitus: revisión de la evidencia. *Nutrición Hospitalaria*, vol. 26, núm. 1, enero-febrero, **2011**, pp. 68-78, Madrid, España.
- 26) **Oxilia Mayor R.** Estrés Oxidativo y Sistema de Defensa Antioxidante. *Rev. Inst. Med. Trop.* **2010**; 5(2):23-29. Asunción. Paraguay.
- 27) **Valko M., Leibfritz D. y col.** Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell Biol* **2007**; 39: 44 – 84. Chicago – USA.
- 28) **Ramos Ibarra M., Batista Gonzáles C. y col.** Diabetes, estrés oxidativo y antioxidantes. *Investigación en Salud*, vol. VIII, núm. 1, abril, **2006**, pp. 7-15. Centro Universitario de Ciencias de la Salud. Guadalajara, México. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14280102>
- 29) **Rabelo L., Nunes de Souza V. y col.** Desbalance Redox: NADPH Oxidasa como un Objetivo Terapéutico en el manejo cardiovascular. *Arq Bras Cardiol* **2010**;94(5):666-675. Belo Horizonte. Brasil. Disponible en: [http://www.scielo.br/pdf/abc/v94n5/es\\_18.pdf](http://www.scielo.br/pdf/abc/v94n5/es_18.pdf)
- 30) **Gutiérrez Salinas J., Morales Gonzáles J.,** Producción de radicales libres derivados del oxígeno y el daño al hepatocito. *Med Int Mex* **2004**; 20: 287-95. México. Disponible en: <http://bit.ly/2ogjiVm>
- 31) **Ghandi S. y Abramov A.,** Mechanism of oxidative stress in neurodegeneration. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. Volume **2012**, Article ID 428010, 11 pages. Londres, Reino Unido.
- 32) **Sánchez Valle V., Méndez-Sánchez N.,** Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad. *Rev Invest Med Sur Mex*, **2013**; 20(3): 161 – 168. México D.F. Disponible en: <http://www.medicaenlinea.com.mx/pdf-revista/RMS133-AR01-PROTEGIDO.pdf>
- 33) **Zorrilla A.** El envejecimiento y el estrés oxidativo. *Rev Cubana Invest Biomed* **2002**:21(3):178-85
- 34) **Coavoy Sánchez I.** Evaluación de la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos de la tuna morada (*Opuntia ficus.indica*) del distrito

- de San Bartolomé, Huarochirí, Lima. [Tesis para obtener el título de Ingeniero de alimentos], Universidad Peruana Unión, **2015**, Lima.
- 35) **Rodríguez Perón J., Menéndes López J., Trujillo López Y.**, Radicales libres en la biomedicina y estrés oxidativo. Rev Cubana Med Milit **2001**;30(1):36-44
- 36) **Paredes Salido F. y Roca Fernández J.** Influencia de los radicales libres en el envejecimiento celular. Offarm **2002**;21:96-100. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-influencia-los-radicales-libres-el-13034834>
- 37) **Molina E.** El papel de los antioxidantes como desaceleradores del envejecimiento. ReNut **2012**; 6 (3): 1109 – 1119. Lima. Perú. Disponible en: <http://bit.ly/2ooao8l>
- 38) **Gomar S.** Caracterización electroforética de cepas de *D. melanogaster* deficientes en antioxidantes endógenos en combinación con radiación gamma. [Tesis para obtener el título de Licenciado en Biología] México. Universidad Autónoma del Estado de México. **2012**.
- 39) **Delgado Olivares L., Betanzos Cabrera G. y col.** Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo. Investigación y Ciencia, núm. 50, septiembre-diciembre, **2010**, pp. 10-15. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México
- 40) **Criado Dabrowska C., Moya Mir M.**, Vitaminas y antioxidantes. Departamento de medicina de la Universidad Autónoma de Madrid. **2009**. Madrid. Disponible en: [http://2011.elmedicointeractivo.com/Documentos/doc/VITAMINAS\\_Y\\_ANTIOX\\_EL\\_MEDICO.pdf](http://2011.elmedicointeractivo.com/Documentos/doc/VITAMINAS_Y_ANTIOX_EL_MEDICO.pdf)
- 41) **Teresa Galván C., Guisado Barrilao R.**, Antioxidantes y ejercicio físico: funciones de la melatonina. Rev Andal Med Deporte. **2008**;1(2):61-72. Universidad de Granada. España.
- 42) **Descalzo Perea V.**, Antioxidantes de origen vegetal. Efecto sobre el envejecimiento. Universidad de Valladolid. Trabajo de Fin de grado.

**2016.** Valladolid. España. Disponible en:  
<http://uvadoc.uva.es/handle/10324/18162>

- 43) **Sanchez M.**, Consumo de antioxidantes naturales en adultos mayores de entre 65 y 75 años con dislipidemia. [Tesis para obtener la Licenciatura en nutrición] Universidad Abierta Interamericana; **2013**
- 44) **Benitez D.** Vitaminas y oxidorreductasas antioxidantes: defensa ante el estrés oxidativo. Rev Cubana Invest Biomed **2006**;25(2)
- 45) **Cámara M., Sanchez C, y Torija E.** Nutrición y Salud, Frutas y verduras, fuentes de salud. Madrid. Grupo Elva. **2011.** pág. 17 – 19.
- 46) **Carretero Hidalgo J.**, Dieta antioxidante y prevención de enfermedades. Universidad de Valladolid. Trabajo de fin de grado. **2014.** Valladolid. España. Disponible en: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/7129>
- 47) **Carranco M., Calvo. M. y Pérez G.**, Carotenoides y su función antioxidante. Revisión. Arch. Latinoam. Nutr. **2011.** 61(3), 233-241
- 48) **García Mora A., Ordoñez Ochoa K. y Mármol Pérez Z.**, Determinación del contenido de polifenoles totales y vitamina C presentes en el melón (*cucumis melo L.*). Universidad Rafael Urdaneta. Revista Estudiantil URU, N ° 2 Julio- Diciembre **2015** pág. 65 – 73.
- 49) **Anticona M., Frígola A., Esteve M.**, Determinación de polifenoles totales en arándanos y productos derivados. UCV - Scientia 8(1), **2016.** Trujillo. Perú.
- 50) **Castillo Moreno J.** Estudio comparativo del contenido de licopeno en jitomate (*Solanum lycopersicum*) cultivado por campo abierto y por hidroponía mediante HPLC. Orizaba, Veracruz. Universidad Veracruzana. **2009.**
- 51) **Smith Af.** The tomato in América: early history, culture, and cookery. University of South Carolina Press, Columbia, S.C, **1994,** EEUU. Disponible en: <http://bit.ly/2hbUcUa>



- 52) **Brouwer C., Elliott M.**, El tomate, sus datos e historia. Extensión Cooperativa de Texas del Condado de Harris, **2006**. Disponible en: <http://bit.ly/2hzlq4i>
- 53) **Leiva González S., Gayoso Bazán G. y Chang Chávez L.**, *Solanum lycopersicum* L. “tomate” y *Solanum muricatum* Aiton “pepino” (Solanaceae) dos frutas utilizadas en el Perú Prehispánico. ARNALDOA 22 (1), **2015**, p.201 – 224.
- 54) **Rosales Villegas M.**, Producción y calidad nutricional en frutos de tomate cherry cultivados en dos invernaderos mediterráneos experimentales: respuestas metabólicas y fisiológicas. [Tesis Doctoral] Granada, **2008**; Universidad de Granada.
- 55) **Garcés Velásquez C.**, Comportamiento de un Fulvato de Potasio y Magnesio en la Calidad del Tomate Tipo Cherry. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Agrícola y Ambiental. México. **2014**. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- 56) **Bartolon Anzueto R.**, Contenido fenólico total y capacidad antioxidante de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) desarrollado con abonos orgánicos y perlita en invernadero. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. México. **2015**. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- 57) **Vitale A., Bernatene E. y Pomilio A.** Carotenoides en quimiopreención: Licopeno. Acta Bioquím Clín Latinoam **2010**; 44 (2): 195-238
- 58) **Palomo I., Moore-Carrasco R., Carrasco G. y col.** El consumo de tomates previene el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y cáncer: Antecedentes epidemiológicos y mecanismos de acción. IDESIA Volumen 28, N° 3, Septiembre-Diciembre, **2010**. Chile.
- 59) **Garzón Rendón J.**, Caracterización y evaluación morfoagronómica de la colección de tomate tipo cherry de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Tesis para obtener el grado de Magíster en Ciencias Agrarias. Palmira – Colombia. **2011**. Universidad Nacional de Colombia.

- 60) **Navarro-González I. y Jesús Periago M.**, El tomate, ¿alimento saludable y/o funcional? *Rev Esp Nutr Hum Diet.* **2016**; 20(4): 323 – 335. España. Universidad de Murcia.
- 61) **Miranda I.**, Vitamina C. *Renut.* **2011.** 5 (15) 782 – 787.
- 62) **Periago C., García A., y col**, Licopeno y otros antioxidantes del tomate. Papel en la prevención de enfermedades cardiovasculares. *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ* **2008** Volumen VI, pp. 65-74.
- 63) **Ordóñez A., Balanza M., Martín F. y col.** Estabilidad del carotenoide licopeno en tomates en conserva. *Información Tecnológica* Vol. - 20 N° 4 – **2009.** Universidad Nacional de Cuyo. Argentina.
- 64) **Waliszewski K., Blasco G.** Propiedades nutraceuticas del licopeno. *Salud Pública de México / vol. 52, no. 3, mayo-junio de* **2010.** México
- 65) **Cuastumal H., Valencia B. y Ordóñez L.**, Efectos de los tratamientos térmicos en la concentración de vitamina C y color superficial en tres frutas tropicales. *Revista Lasallista de Investigación.* Vol 13. N°1. 85 – 93. **2016.** Colombia
- 66) **United States Department of Agriculture** [Sitio en internet] Disponible en: <http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=SOLYC>. Consultado: 11 diciembre **2016.**
- 67) **Organizaciones de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- FAO** “El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana”. **2013**
- 68) **Organizaciones de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- FAO.** *FAOSAT*, Datos sobre alimentación y agricultura. [Sitio en internet] Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. Consultado: 16 abril **2017.**
- 69) **Sistema Integrado de Estadística Agraria – SIEA** “Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera 2015”. Ministerio de Agricultura y Riego, **2016.**

- 70) **Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares (ENAPREF)**. Perú: Consumo per cápita de los principales alimentos 2008 – 2009. Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales. Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI. **2012**. Lima. Perú.
- 71) **Remmers G.**, Agricultura tradicional y agricultura ecológica: vecinos distantes. *Agricultura y Sociedad* N°66 (Enero-Marzo) **1993** pág. 201-220. Fecha de acceso: 28 mayo 2017. Disponible en: [http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/art\\_datos.asp?articuloid=1695&codrevista=AyS](http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/art_datos.asp?articuloid=1695&codrevista=AyS)
- 72) **FAO- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación**. Manual de Agricultura de Conservación. [Sitio en internet] Disponible en: [http://www.fao.org/ag/ca/training\\_materials/cuba\\_manual\\_ac.pdf](http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cuba_manual_ac.pdf). Consultado: 28 mayo **2017**
- 73) **Madrid Tamayo A.** La agricultura orgánica y la agricultura tradicional: una alternativa intercultural. *Revista Letras Verdes* N°4. Ecuador. Agosto **2009**. Disponible en: [http://www.flacsoandes.edu.ec/web/imagesFTP/1251592171.ARICULTURA\\_ORGANICA\\_Y\\_AGRICULTURA\\_TRADICIONAL.pdf](http://www.flacsoandes.edu.ec/web/imagesFTP/1251592171.ARICULTURA_ORGANICA_Y_AGRICULTURA_TRADICIONAL.pdf)
- 74) **Regional Activity Centre for Sustainable Consumption and Production**. Cultivos convencional, ecológico e integrado. [Sitio en internet] Disponible en: <http://www.cprac.org/consumpediamed/sites/all/documents/link-tipos-cultivo.htm>. Consultado: 28 mayo **2017**.
- 75) **Bastida Cañada O.**, Métodos de cultivo hidropónico de jitomate (*Solanum lycopersicum L.*) bajo invernadero basados en doseles escaleriformes, México, Universidad Autónoma Chapingo; **2012**.
- 76) **Gómez Méndez E.**, Producción de jitomate (*Solanum lycopersicum L.*) bajo condiciones protegidas e hidroponía en Tabasco; [Tesis doctoral], México, Institución de Enseñanza e investigación en ciencias agrícolas; **2012**.

- 77) **Gilsanz J.** Hidroponía. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Montevideo. Uruguay. **2007**
- 78) **Bovaira García J., Lorente Fernández L. y col.** Conservación de medicamentos termolábiles. Madrid – Cartagena. **2004.**
- 79) **Osorio Giraldo R.,** Manual de técnicas de laboratorio químico. Primera edición. Medellín Colombia. Editorial Universidad de Antioquía. **2009**
- 80) **Pérez-Jimenez J. y Saura-Calixto F.,** Metodología para la evaluación de capacidad antioxidante en frutas y hortalizas. Departamento de Metabolismo y Nutrición. Instituto del Frío. **2007.** Madrid. España.
- 81) **Guija-Poma E., Inocente-Camones M. y col.** Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. Horizonte Médico, vol. 15, núm. 1, enero-marzo, **2015**, pp. 57-60. La Molina. Perú. Universidad de San Martín de Porres.
- 82) **Fukumoto, L. & Mazza, G.** Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. J. Agric. Food Chem, **2000**, 48 (8) 3597-3604. Canadá
- 83) **Hernández R, Fernández C. y Baptista L.,** Metodología de la investigación; McGraw – Hill Interamericana de México, **1991**
- 84) **Gahler S, Otto K, y Bohm V.** Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. Jou Agri Food Chem. **2003**; 51: 7962– 7968.
- 85) **Yamaguchi T, Mizobuchi T, Kajikawa R y col.** Radical-scavenging activity of vegetables and the effect of cooking on their activity. Food Sci Tech Res. 2001; 7(3): 250–257.
- 86) **Chiroque D.,** Degradación térmica de vitamina C en pulpa de mango (*Mangifera indica L.*) variedad Haden y predicción microbiológica de vida útil mediante modelo de gompertz. [Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial e industrias alimentarias] Piura. Universidad Nacional de Piura. **2017.**

## ANEXOS

### 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA “EFECTO DEL TIPO DE CULTIVO Y LA TEMPERATURA SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL TOMATE VARIEDAD CHERRY (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	TIPO, METODO Y NIVEL DE INVESTIGACION	VARIABLES	INDICADORES	CATEGORÍAS Y PUNTOS DE CORTE	POBLACION Y MUESTRA
<p>¿Cuál es el efecto del tipo de cultivo y la temperatura sobre la capacidad antioxidante del <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>Cerasiforme</i> (tomate cherry)?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cuál es el efecto del tipo de cultivo hidropónico y tradicional sobre la capacidad antioxidante del <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>Cerasiforme</i> (tomate cherry)?</li> <li>- ¿Cuál es el efecto de la temperatura ambiente y ebullición sobre la</li> </ul>	<p>Evaluar el efecto del tipo de cultivo y la temperatura sobre la capacidad antioxidante del <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>Cerasiforme</i> (tomate cherry).</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar el efecto del tipo de cultivo hidropónico y tradicional sobre la capacidad antioxidante del <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>Cerasiforme</i> (tomate cherry).</li> <li>- Determinar el efecto de la temperatura ambiente y de ebullición sobre la</li> </ul>	<p>El efecto de los tipos de cultivo y la temperatura modifican la capacidad antioxidante del <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>Cerasiforme</i> (tomate cherry).</p> <p><b>Hipótesis secundarias:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El efecto del tipo de cultivo modifica la capacidad antioxidante del <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>Cerasiforme</i> (tomate cherry).</li> <li>- El efecto de la temperatura modifica la capacidad antioxidante del <i>Solanum</i></li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Analítico</li> <li>-Experimental</li> <li>-Comparativo</li> <li>-Longitudinal</li> <li>-Prospectivo</li> <li>-Cuantitativa</li> </ul> <p><b>Nivel de investigación</b> Explicativa</p> <p><b>Método de Investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Método deductivo</li> <li>-Método del DPPH+</li> <li>-Método Folin-Ciocateau</li> </ul>	<p><b>Independiente (X)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo de cultivo</li> <li>Temperatura</li> </ul> <p><b>Dependiente (Y)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad antioxidante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hidropónico</li> <li>Tradicional</li> <li>Ambiente</li> <li>Ebullición</li> <li>Capacidad antioxidante: Cl 50 en ug/ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cultivo hidropónico</li> <li>Cultivo tradicional</li> <li>25 °C</li> <li>100 °C</li> <li>Concentración de muestra que reduce 50% solución DPPH*</li> </ul>	<p><b>Población:</b></p> <p>Planta de tomate variedad cherry (<i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>Cerasiforme</i>) de dos tipos de cultivo: hidropónico y tradicional.</p> <p><b>Muestra Biológica:</b></p> <p>Extracto acuoso del tomate variedad cherry (<i>Solanum lycopersicum</i> var.</p>

<p>capacidad antioxidante del <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>Cerasiforme</i> (tomate cherry)?</p> <p>- ¿Cuál es el efecto del tipo de cultivo sobre la cantidad de vitamina C del <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i> (tomate cherry)?</p> <p>- ¿Cuál es el efecto de la temperatura sobre la cantidad de vitamina C del <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i> (tomate cherry)?</p>	<p>capacidad antioxidante del <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>Cerasiforme</i> (tomate cherry).</p> <p>-Determinar el contenido de vitamina C del <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i> (tomate cherry) según el tipo de cultivo.</p> <p>-Determinar el contenido de vitamina C del <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i> (tomate cherry) según a temperatura ambiente y de ebullición.</p>	<p><i>lycopersicum</i> var. <i>Cerasiforme</i> (tomate cherry).</p> <p>-El tipo de cultivo modifica el contenido de vitamina C del <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i> (tomate cherry).</p> <p>-El efecto de la temperatura modifica el contenido de vitamina C del <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i> (tomate cherry).</p>			<p>Contenido de Vitamina C</p>	<p>mg de Ácido ascórbico/ 100 gr de muestra fresca</p>	<p>Ceraciforme) de dos tipos de cultivo: hidropónico y tradicional.</p>
--	--	--	--	--	--------------------------------	--	---

## 2. Constancia de identificación taxonómica



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO  
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

### CONSTANCIA N° 21-USM-2018

EL JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (fruto), recibida de **Thalia ACOSTA SOLANO**; de la Universidad Alas Peruanas; ha sido estudiada y clasificada como: ***Solanum lycopersicum* L.**; y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988):

**DIVISION: MAGNOLIOPHYTA**

**CLASE: MAGNOLIOPSIDA**

**SUB CLASE: ASTERIDAE**

**ORDEN: SOLANALES**

**FAMILIA: SOLANACEAE**

**GENERO: Solanum**

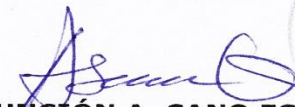
**ESPECIE: *Solanum lycopersicum* L.**

Nombre vulgar: "Tomate cherry"

Determinado por: Blga. María Isabel La Torre Acuy

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 19 de enero de 2018

  
**Mag. ASUNCIÓN A. CANO ECHEVARRÍA**  
JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

ACE/yhr.

### 3. Ficha de recolección de datos

Cuadro de resultados DPPH del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) hidropónico y tradicional

Fecha				
Temperatura	Ambiente		Ebullición	
Tomate	Hidropónico	Tradicional	Hidropónico	Tradicional
X1				
X2				
X3				
X4				
control				

Cuadro de resultados de vitamina C del *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (tomate cherry) hidropónico y tradicional

Fecha				
Temperatura	Ambiente		Ebullición	
Tomate	Hidropónico	Tradicional	Hidropónico	Tradicional
X1				
X2				
X3				
control				