



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Ingeniería Agroindustrial

**TEMA:**

EFECTO DEL NIVEL DE PROCESAMIENTO EN EL CONTENIDO DE  
POLIFENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE CINCO TUBÉRCULOS  
DE LA PROVINCIA BOLÍVAR

**Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero  
Agroindustrial otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la  
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente,  
Carrera de Ingeniería Agroindustrial**

**AUTORAS:**

NELLY ELIZABETH YAZUMA FOGACHO

CRISTINA ELIZABETH PILCO CARRERA

**DIRECTOR DEL PROYECTO:**

PhD. Juan Alberto Gaibor Chávez

**GUARANDA – ECUADOR**

**NOVIEMBRE - 2018**

**TEMA:**

Efecto del nivel de procesamiento en el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de cinco tubérculos de la Provincia Bolívar.

**REVISADO Y APROBADO POR:**

.....  
**PhD. JUAN ALBERTO GAIBOR CHÁVEZ**

**DIRECTOR**

.....  
**DRA. MARÍA BERNARDA RUILOVA CUEVA**

**BIOMETRISTA**

.....  
**ING. JOSE LUIS ALTUNA MSc**

**REDACCIÓN TÉCNICA**

## **CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA**

Nosotros, Nelly Elizabeth Yazuma Fogacho con CI: 0202485207 & Cristina Elizabeth Pilco Carrera con CI: 2100976576, declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor (es).

La Universidad Estatal de Bolívar puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Estudiante

**Nelly Elizabeth Yazuma Fogacho**

CI: 0202485207

---

Estudiante

**Cristina Elizabeth Pilco Carrera**

CI: 2100976576

---

Director del Proyecto

**PhD. Juan Alberto Gaibor Chávez**

CI: 02001051687

---

Área de Redacción Técnica

**Ing. José Luis Altuna Vásquez MSc**

CI: 1802538056

## DEDICATORIA

A mis padres **María** y **Carlos**, por brindarme ese apoyo incondicional por la lucha, el amor, sabiduría y sobre todo por guiarme cada día con sus consejos para ser cada mejor persona.

A mis hermanas, **Jenny, Elsa, Nathy, Adriana**, y a mi nena **Rosita**, quienes con su amor y cariño me demostraron que con trabajo, constancia y esfuerzo todo se puede.

A mis hermanos, **Jinson, Kevin, Carlos y Sebastián**, por sus enseñanzas por las lecciones de vida que he aprendido con ellos ya que son un pilar fundamental en mi vida.

**Nelly**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Estatal de Bolívar, por darme la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa institución y ser profesional.

Agradezco al tribunal de tesis, PhD. Juan Gaibor, PhD. María Bernarda Ruilova, Msc. José Luis Altuna por sus enseñanzas, ayuda y tiempo brindado en el transcurso de la realización del trabajo de investigación para mi formación profesional.

A mis padres María y Carlos por apoyarme incondicionalmente en todo momento, por los valores que me han inculcado y haberme hecho una persona de valores, principios, perseverante y responsable.

Agradezco de todo corazón a la Ing. María Fernanda Quinteros por el apoyo incondicional, ya que me brindo su ayuda en el transcurso experimental de la tesis.

Agradezco infinitamente a mis amigos, compañeros quienes diariamente me enseñaron que la amistad y el compañerismo lo son todo, quienes hicieron que tuviera una estancia genial en mi vida estudiantil.

**Nelly**

## **DEDICATORIA**

A mi hijo Maurito

A mis padres Cristina y Aníbal

A mi esposo Mauricio, hermanos Luis & Vanessa y a mi tía Charito

**Cristina**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi Agradecimiento profundo principalmente a DIOS quien guía mi camino todos los días de mi vida

Agradezco el apoyo incondicional brindada en toda mi travesía estudiantil a mis padres Cristina & Aníbal y a mi tía Charito.

A la Universidad Estatal de Bolívar, Escuela de Ingeniería Agroindustrial por formarme con valores y grandes conocimientos para ser una buena profesional

A las personas que con su amplio conocimiento han sabido guiarme de la mejor manera para la culminación de trabajo investigativo PhD. Juan Gaibor Chávez director del proyecto de investigación, PhD. Bernarda Ruilova y MSc. José Luis Altuna

A los miembros que conforman el laboratorio de Investigación, en especial a la Ing. María Fernanda Quinteros, por su ayuda incondicional en todo el proceso practico.

Y finalmente a mis amigos por los momentos inolvidables que hemos vivido a lo largo de estos cinco años.

**Cristina**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pág.
TEMA:	II
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE CUADROS	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XV
ÍNDICE DE ANEXOS	XVI
RESUMEN	XVI
SUNMARY	XVIII
CAPÍTULO I	1
I. Introducción	1
CAPÍTULO II	3
II. Problema	3
CAPITULO III	6
III. Marco teórico	6
3.1. Papá ( <i>Solanun Tuberosum</i> )	6
3.1.1. Composición nutricional de la papa	6
3.1.2. Polifenoles en papa	7
3.1.3. Variedades de papa en el Ecuador	7
3.1.3.1. Variedad papa-chola	7
3.1.4. Cultivo de la Papa	8
3.1.4.1. Cultivo nacional	8
3.1.4.2. Cultivo local	8
3.1.5. La industria de procesamiento	8
3.2. Jícama	9
3.2.1. Composición química de la jícama	9
3.2.2. Polifenoles en jícama	9
3.2.3. Variedades en Ecuador	10



3.2.4.	Cultivo de la jícama	10
3.2.4.1.	Cultivo nacional	10
3.2.4.2.	Cultivo en la Provincia Bolívar	10
3.3.	Yuca	10
3.3.1.	Composición química de la raíz de yuca	11
3.3.2.	Polifenoles presentes en la yuca	11
3.3.3.	Variedades existentes en el Ecuador	11
3.3.3.1.	Cultivo de yuca en Ecuador	12
3.4.	Papa china	12
3.4.1.	Composición nutricional	13
3.4.2.	Variedades en el Ecuador	13
3.4.3.	Cultivo de papa china en Ecuador	14
3.4.3.1.	Comercialización de papa china en Ecuador	14
3.5.	Remolacha	14
3.5.1.	Composición Química	15
3.5.2.	Polifenoles presentes en Remolacha	15
3.5.3.	Variedades de Remolacha existentes en el Ecuador	16
3.5.4.	Cultivo de Remolacha en Ecuador	16
3.6.	Fitoquímicos	17
3.6.1.	Compuestos bioactivos de origen vegetal	17
3.6.2.	Polifenoles	17
3.6.3.	Clasificación de los compuestos fenólicos	19
3.6.4.	Fuentes de polifenoles	20
3.7.	Antioxidantes	21
3.7.1.	Antioxidante en alimentos	21
3.7.2.	Clasificación	22
3.8.	Radicales libres, producción y acción	23
3.9.	Métodos de determinación de la actividad antioxidante.	24
3.9.1.	FRAP (Poder reductor férrico/antioxidante)	24
3.9.2.	ORAC (Capacidad de absorbancia del radical oxígeno)	24
3.9.3.	ABTS (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico))	25

3.9.4.	DPPH ( 2,2-difenil-1-picrilhidracil)	25
3.10.	Folin- Ciocalteu	26
3.12.	Espectrofotometría Uv-Vis	27
3.13.	Niveles de procesamiento de tubérculos	27
3.13.1.	Cocción	27
3.13.2.	Horneado	27
3.13.3.	Fritura	28
CAPÍTULO IV		29
IV.	Marco metodológico	29
4.1.	Localización de la investigación	29
4.1.2.	Zona de vida	30
4.2.	Materiales	30
4.2.1.	Material experimental	30
4.2.2.	Materiales de campo	30
4.2.3.	Materiales del Laboratorio	31
4.2.4.	Equipos	31
4.2.5.	Reactivos	32
4.3.	Métodos	32
4.3.1.	Factores en estudio	32
4.4.	Tipo de análisis	35
4.4.1.	Análisis elemental	35
4.4.2.	Humedad	36
4.4.3.	Cenizas	36
4.4.4.	Compuestos volátil	36
4.4.5.	Carbono Fijo	36
4.5.	Manejo del Experimento	37
4.6.	Mediciones experimentales en el producto final	38
4.6.1.	Determinación del contenido de polifenoles por el método de Folin- Ciocalteu.	38
4.6.1.1.	Curva de calibración	38
4.6.1.2.	Acondicionamiento de las muestras de cada tubérculo en estudio	39
4.6.1.3.	Procedimiento para la determinación del contenido de polifenoles totales	39

4.6.2.	Método para la determinación de la capacidad antioxidante.	39
4.6.2.1.	Evaluación de la inhibición de peroxidación lipídica (TBARS)	39
CAPÍTULO V		41
V.	Resultados y discusiones	41
5.1.	Análisis de la materia prima	41
5.1.1.	Análisis proximal de humedad, ceniza, compuestos volátiles y carbono fijo	41
5.2.	Análisis a los productos procesados	44
5.2.1.	Análisis de la concentración de polifenoles totales (PPT)	44
5.2.2.	Análisis de la actividad antioxidante	56
CAPITULO VI		68
VI.	Comprobación de la hipótesis	68
CAPITULO VII		70
VII.	Conclusiones y Recomendaciones	70
7.1.	Conclusiones	70
7.2.	Recomendaciones	72
BIBLIOGRAFIA		73
ANEXOS		

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>Pág.</b>
<b>Nº</b>		
1	Composición química en 100 gramos de papa chola.	6
2	Composición química de la jícama por 1 Kg de raíz.	9
3	Composición química de la raíz de la yuca.	11
4	Componente de la papa china en 100 g de la raíz comestible.	13
5	Composición por 100 gramos de porción comestible de remolacha.	15
6	Estructuras químicas de los ácidos fenólicos.	20
7	Clasificación de los antioxidantes según su origen.	23
8	Parámetros de la situación geográfica y climática del lugar de la investigación.	29
9	Factores de estudio.	32
10	Combinación de los tipos de tubérculos y el nivel de procesamiento.	33
11	Características del estudio.	34
12	Valores promedios de Humedad, Ceniza, Compuesto volátiles y Carbono Fijo de los tubérculos en estudio.	41
13	Valores de Humedad, Ceniza, Compuesto volátiles y Carbono Fijo (Bibliografía).	42
14	Valores promedios del análisis elemental en muestras crudas de los tubérculos en estudio.	43
15	Valores promedios de la concentración de polifenoles totales (PPT) de la papa “Chola” en estado crudo y a los diferentes niveles de procesamiento (hervido, frito y horneado).	44
16	Valores promedios de la concentración de polifenoles totales (PPT) de la jícama “Tipo II” en estado crudo y a los diferentes niveles de procesamiento (hervido, frito y horneado).	45

17	Valores promedios de la concentración de polifenoles totales (PPT) en la yuca “Blanca” en estado crudo y a los diferentes niveles de procesamiento (hervido, frito y horneado).	46
18	Valores de la concentración de polifenoles totales (PPT) la papa china “Blanca” en estado fresco y a los diferentes niveles de procesamiento (hervido, frito y horneado).	47
19	Valores promedios de la concentración de polifenoles totales (PPT) en la remolacha “Azucarera” en estado crudo y a los diferentes niveles de procesamiento (hervido, frito y horneado).	47
20	Valores promedios del contenido de polifenoles a nivel de tratamientos de los tubérculos en estudio.	48
21	Análisis de varianza (ADEVA) para la respuesta experimental de concentración de polifenoles totales de los cinco tubérculos en estudio (papa “Chola”, jícama “Tipo II”, yuca “Blanca”, papa china “Blanca” y remolacha “Cruenta”) a los diferentes niveles de procesamiento (crudo, hervido, frito y horneado).	50
22	Prueba de Tukey al 95% para los tratamientos del contenido de polifenoles en los cinco tubérculos en estudio.	51
23	Prueba de Tukey al 95% para los promedios del factor A (Tipo de Tubérculo).	52
24	Prueba de Tukey al 95% para los promedios del factor B (Tipo de Tubérculo).	54
25	Valores de actividad antioxidante a nivel de tratamientos.	61
26	Análisis de varianza (ADEVA) para la respuesta experimental de capacidad antioxidante de los cinco tubérculos en estudio (papa “Chola”, jícama “Tipo II”, yuca “Blanca”, papa china “Blanca” y remolacha “Cruenta”) a los diferentes niveles de procesamiento (cruda, hervido, frito y horneado).	62
27	Prueba de Tukey al 95% para los tratamientos de capacidad antioxidante en los cinco tubérculos en estudio.	63

28	Prueba de Tukey al 95% para los promedios del factor A (Tipo de Tubérculo).	64
29	Prueba de Tukey al 95% para los promedios del factor B (Nivel de Procesamiento).	65
30	Comparación de los valores de “F” calculando con el de “F” de tablas, para el contenido de Polifenoles.	68
31	Comparación de los valores de “F” calculando con el valor de “F” de tablas, para la capacidad antioxidante.	69

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRAFICO</b>		<b>Pág.</b>
<b>Nº</b>		
1	Ácido gálico	19
2	Flavonoides.: Estructura básica y tipos	20
3	Beneficios de los polifenoles para la salud	22
4	Mecanismo anti radical de las moléculas antioxidantes	24
5	Representación gráfica de cado uno de los tratamiento para la concentración de polifenoles.	49
6	Relación del factor A con relación a la concentración de polifenoles	53
7	Interacción de la concentración de polifenoles factor A	54
8	Relación del factor B con relación a la concentración de polifenoles	55
9	Interacción de la concentración de polifenoles factor B	55
10	Porcentaje de Inhibición en la actividad antioxidante de la papa	56
11	Porcentaje de Inhibición en la actividad antioxidante de la jícama	57
12	Porcentaje de Inhibición en la actividad antioxidante de la yuca	58
13	Porcentaje de Inhibición en la actividad antioxidante de la papa china.	59
14	Porcentaje de Inhibición en la actividad antioxidante de la remolacha	60
15	Relación del factor A con relación a la capacidad antioxidante	65
16	Interacción de la capacidad antioxidante del factor A	67
17	Relación del factor B con relación a la capacidad antioxidante	66
18	Interacción de la capacidad antioxidante del factor B	67

## ÍNDICE DE ANEXOS

### ANEXO

Nº

- 1 Mapa de ubicación de la investigación
- 2 Fotografías de la Investigación
- 3 Datos obtenidos en la determinación de la concentración de polifenoles en los tubérculos en estudio.
- 4 Datos obtenidos en la determinación para la determinación de porcentaje de Inhibición de la peroxidación lipídica
- 5 Resultados del Laboratorio de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar



## RESUMEN

El presente estudio está enfocado, a la determinación de compuestos polifenólicos y la actividad antioxidante de cinco tubérculos pertenecientes a la Provincia Bolívar con tres niveles de procesamiento (Hervido, Frito, Horneado): Papa, Jícama, Yuca, Papa China, Remolacha. La actividad biológica de los polifenoles está relacionada con el carácter antioxidante y es relevante para la identificación de nuevos compuestos bioactivos.

Se evaluó los efectos causados por diferentes procesos de cocción antes y después de cada proceso. Mediante el método del Folin Ciocalteu se determinó que el contenido de polifenoles más alto fue en estado fresco que corresponde a la remolacha y papa de 556,85 y 255,46 (mg de ácido gálico/100 gramos de muestra) respectivamente, seguido de la jícama 195,53, yuca 142,75 y la papa china con 91,96 (mg de ácido gálico/100 gramos de muestra) y una vez procesadas la papa fue la que disminuyó drásticamente a 27,68 (mg de ácido gálico /100 g de muestra) en el proceso de cocción por fritura, al igual que la yuca a 11,60 (mg de ácido gálico /100 g de muestra) en hervido. Mediante el ensayo de evaluación de la inhibición de peroxidación lipídica (TBARS) donde se encontró un mayor porcentaje de inhibición a la peroxidasa en la papa y la jícama con un 91,37 y 91,18 % respectivamente, seguido de la remolacha con un 90,59 %, cada tubérculo en estado fresco. La capacidad antioxidante más alta se presentó en el proceso de cocción por hervido de 86,67% hasta 95,10%, lo cual determina que este proceso de cocción tiene menor efecto de degradación sobre los compuestos antioxidantes en cada tubérculo.

**Palabras clave:** Folin-Ciocalteu, Capacidad antioxidante, Polifenoles, Carotenoides

## SUNMARY

The present study is focused on the determination of polyphenolic compounds and the antioxidant activity of five tubers belonging to the Bolivar Province with three levels of processing (boiled, fried, baked): potato, jicama, yucca, chinese potato, beet. The biological activity of polyphenols is related to the antioxidant character and is relevant for the identification of new bioactive compounds.

The effects caused by different cooking processes before and after each process were evaluated. Using the Folin Ciocalteu method, it was determined that the highest polyphenol content was in the fresh state corresponding to beet and potato of 556.85 and 255.46 (mg of gallic acid / 100 grams of sample) respectively, followed by the jícama 195.53, yuca 142, 75 and the Chinese potato with 91, 96 (mg of gallic acid / 100 grams of sample) and once processed the potato was the one that decreased drastically to 27, 68 (mg of gallic acid / 100 g of sample) in the cooking process by frying, as well as cassava at 11.60 (mg of gallic acid / 100 g of sample) in boiling. Using the lipid peroxidation inhibition assay (TBARS), where a higher percentage of peroxidase inhibition was found in potato and jicama with 91, 37 and 91, 18% respectively, followed by beet with 90, 59%, each tuber in its fresh state. The highest antioxidant capacity was present in the boiling process from 86.67% up to 95.10%, which determines that this cooking process has less degradation effect on the antioxidant compounds in each tuber.

**Keywords:** Folin-Ciocalteu, Antioxidant capacity, Polyphenols, Carotenoids

# CAPÍTULO I

## I. Introducción

Los tubérculos son alimentos de importancia a nivel mundial, debido a que constituyen un elemento principal en la dieta alimentaria del ser humano. Se caracterizan nutricionalmente por ser ricos en hidratos de carbono, fibra, un pequeño aporte de proteínas, minerales y algunas vitaminas. Desde el punto de vista nutricional tienen nutrientes y metabolitos secundarios, que les sitúa dentro de las nuevas formas de consumo y hábitos alimenticios de la población, que es de alimentos funcionales que además de nutrir contribuyan a promover la salud. A pesar de su importante aportación en la nutrición y en la dieta alimentaria, muchos de ellos están desligados de la investigación.

Ecuador es un productor y comercializador de cultivos tradicionales, dentro de estos productos se encuentran tubérculos, como la papa, yuca y papa china esta última ha tomado importancia a nivel de exportación, pero a aceptación del papa son poco consumidas en el área nacional, también están los cultivos de tubérculos andinos marginados como la jícama que por su sabor, valor nutritivo y características medicinales tienen un atractivo para la comercialización en el mercado internacional, mas no a nivel del país por la falta de instrucción y conocimientos sobre cada uno de ellos (Alcívar, 2013).

En la Provincia Bolívar, el tubérculo con mayor producción es la papa con aproximadamente 7.5 a 11.2 TM/ha según Ballesteros (2013), mientras que tubérculos como la jícama, yuca y papa china se destinan para autoconsumo y solo los pequeños remanentes son destinados a la venta.

En la actualidad la preferencia mundial de la población es obtener alimentos funcionales, especialmente con efectos antioxidantes y entre ellos se les ha considerado a los tubérculos que en general, no han sido considerados como alimentos ricos en antioxidantes ni micronutrientes, pero algunas especies contienen polifenoles,

flavonoides, antocianinas, metabolitos secundarios con actividad antioxidante así como micronutrientes minerales (Silvia et al. 2014).

Se ha atribuido a estos compuestos fenólicos efectos antioxidantes de gran interés por el poder de prevención de enfermedades como el cáncer, enfermedades cardíacas, inflamaciones, artritis, disfunción cerebral, aceleración del envejecimiento entre otras, dado que estos antioxidantes poseen capacidad para neutralizar los radicales libres permitiendo que las células no sufran oxidación o que se mantengan en un equilibrio para los procesos de óxido-reducción que ocurren en forma natural dentro del organismo (Barragan & Aro 2017).

Por tal razón, el objetivo de esta investigación además de caracterizar la composición del tubérculo que se cultivan en la Provincia de Bolívar, es también determinar el nivel de degradación que sufren después de diferentes procesos de cocción en cuanto a su contenido en contenido polifenoles y capacidad antioxidante y así conocer cuál es el proceso más aconsejable para preservar sus propiedades funcionales.

Dentro de la investigación se planteó los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto del nivel de procesamiento en el contenido de polifenoles y, capacidad antioxidante de cinco tubérculos de la provincia Bolívar
- Caracterizar los tubérculos en su composición elemental (C, H, S, N) y proximal (Humedad, Cenizas, Carbono Fijo).
- Determinar el contenido de polifenoles totales en los cinco tubérculos, con diferentes niveles de procesamiento, por el método fotolorimétrica del reactivo Folin-Ciocalteu.
- Determinar el poder antioxidante de los cinco tubérculos en estudio, con diferentes niveles de procesamiento, por el método del TBARS.

## **CAPÍTULO II**

### **II. Problema**

#### **2.1. Planteamiento del problema**

La presencia de polifenoles en los alimentos es de suma importancia, debido a que estudios científicos mencionan su papel como antioxidantes. Los alimentos como las frutas y verduras han sido hasta la actualidad consideradas con un alto contenido de polifenoles y por ende mayor actividad antioxidante.

En el Ecuador es escaso o casi nulo la producción de publicaciones científicas acerca del estudio del contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante en tubérculos, situación que limita el conocimiento en el contenido de estos productos, y su posterior uso agroindustrial.

A nivel de la Provincia Bolívar es inexistente la presencia de este compuesto en tubérculos como la papa, yuca, remolacha, jícama y papa china. Además, en la Provincia el cultivo y consumo de dichos tubérculos a excepción de la papa no se encuentra totalmente establecido ni difundido, lo que se traduce en un desconocimiento generalizado para los productores pues este tipo de materias primas puede convertirse en una alternativa de producción para la economía de las familias, lo que además deriva en un sin número de características nutricionales y funcionales para la salud de quienes la consumen.

De continuar esta realidad, se perderá la oportunidad de aprovechar de mejor manera el contenido de fenoles presentes en tubérculos cultivados en el Ecuador.

#### **2.2. Formulación del problema**

Con base en lo expuesto anteriormente el presente trabajo investigativo tiene como finalidad determinar el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante en tubérculos cultivados en la Provincia Bolívar como es la papa, jícama, yuca, papa china y remolacha en estado fresco y después de someter a diferentes procesos de cocción.

Planteando la siguiente interrogante investigativa:

¿Cuál es el efecto del nivel de procesamiento en el contenido de polifenoles y, capacidad antioxidante de los cinco tubérculos en estudio?

### **2.3. Sistematización del Problema**

Para poder dar el cumplimiento correcto al objetivo principal de la investigación se plantearon las siguientes preguntas investigativas:

- ¿Que composición elemental (C, H, S, N) y proximal (Humedad, Cenizas, Carbono Fijo) presentan los tubérculos en estudio?
- ¿Cuál el contenido de polifenoles totales que presentan los cinco tubérculos en estudio, después de someterles a diferentes niveles de procesamiento?
- ¿Cuál el poder antioxidante que presentan los cinco tubérculos en estudio, después de someterles a diferentes niveles de procesamiento?

### **2.4. Justificación del Problema**

La presente investigación es importante realizarla desde el punto de vista científico debido a que, no se dispone de estudios realizados sobre los efectos de cocción en tubérculos como la papa, jícama, yuca, papa china y remolachas cultivadas en la provincia Bolívar. El mismo que contribuye al conocimiento de las bondades nutricionales y papel como antioxidante, al ser fuente indispensable de metabolitos secundarios entre ellos los polifenoles que es uno de los más estudiados actualmente, diversas investigaciones científicas muestran que los alimentos son ricos en compuestos fenólicos y poseen una disponibilidad puesto que adsorben y metabolizan los componentes bioactivos presentes en los alimentos.

De entre muchos alimentos se ha escogido a los tubérculos por su elevado consumo en la dieta alimentaria pues los tubérculos nos aportan de macro y micronutrientes

contienen metabolitos secundarios que al ser consumidos de forma natural ayuda a que contribuyan a propiedades captadoras de radicales libres, lo que les confiere actividad antioxidante, que podría estar relacionada con la prevención de enfermedades cardiovasculares y de algunos tipos de cáncer, pues es importante mencionar que estas enfermedades son el principal causante de muerte en el mundo Así se obtendrá un impacto directo e indirecto en el ámbito económico ya que son imprescindible en la alimentación diaria. Con lo mencionado anteriormente se logrará la contribución al conocimiento para futuras investigación ya sean en frutas, tubérculos, vegetales, hortalizas de nuestra provincia.

## CAPITULO III

### III. Marco teórico

#### 3.1. Papá (*Solanun Tuberosum*)

Según el INIAP (2004) en el Ecuador el cultivo de papa es uno de los más principales con más de 82000 agricultores involucrados. La producción está dirigida principalmente para consumo interno, aproximadamente el 81% se comercializa para consumo en fresco y las industrias utilizan el resto para procesamiento. La siembra y cosecha de papa se la realiza todo el año

##### 3.1.1. Composición nutricional de la papa

La composición de la papa está en función de la variedad, la calidad del cultivo, el estado de madurez de la planta y los factores ambientales.

**Cuadro 1.** Composición química en 100 gramos de papa chola

Componente	Cantidad	Unidad
Proteína	2,1	g/100g
Humedad	78,0	g/100g
Grasa	0,1	g/100g
Carbohidratos	19,0	g/100g
Fibra	2,1	g/100g
Ceniza	1,0	g/100g
Potasio	440,0	mg/100g
Calcio	4,5	mg/100g

Fuente: Ramirez, 2010

La papa es rica en carbohidratos, este además aporta con cantidades significativas de proteína, con un buen balance de aminoácidos.



### **3.1.2. Polifenoles en papa**

Estudios actuales realizados Muñoz (2014) revelan que las papas son consideradas la tercera fuente de fenoles después de manzanas y naranjas. Estos compuestos se encuentran presentes tanto en la piel como en la pulpa de las papas. Hoy en día existe un creciente interés por consumir papas nativas, ricas en antioxidantes (polifenoles, vitamina C, carotenoides y tocoferoles)

### **3.1.3. Variedades de papa en el Ecuador**

En el país existen más de 400 variedades de papa entre nativas, mejoradas y silvestres, pero solo 12 de ellas con importancia comercial e industrial. Las variedades INIAP-Estela, INIAP-Natividad, INIAP-Gabriela, INIAP-Rosita, Yema de huevo y Uvilla, se consume en estado fresco; INIAP Fripapa, Super Chola, INIAP-Cecilia, INIAP-Victoria, INIAP-Yana Shungo, e INIAP – Puca Shungo son utilizadas el 40 % para consumo en fresco y el 60 % destinada para la industria (Sinchi, 2015).

De las variedades de papas cultivadas en el Ecuador se seleccionó una variedad de papa la más cultivada en la provincia de Bolívar para el desarrollo de la investigación, que se detallan a continuación:

#### **3.1.3.1. Variedad papa-chola**

Hasta entrada la segunda mitad del siglo XX una de las papas más populares era la Chola, hoy llamada Chola Antigua: una papa con distintos grosores, media, fuerte, de un sabor espectacular, endémico del Ecuador. En los años setentas el Ministerio de Agricultura realizó intensos trabajos de selección para conseguir un híbrido de mayor tamaño y productividad, creando la papa que desde entonces se conoce como Súper Chola. Ésta es ahora la papa más sembrada y consumida en el país, la papa básica en la dieta ecuatoriana (Ministerio de Cultura y Patrimonio, 2016).

### **3.1.4. Cultivo de la Papa**

#### **3.1.4.1. Cultivo nacional**

Mastrocola et al. (2016) menciona que en el Ecuador la papa se cultiva en las tierras altas, en alturas comprendidas entre los 2,700 a 3,400 metros sobre el nivel del mar; se producen en las diez provincias de la Sierra, las más representativas son en la zona Norte: Carchi y Pichincha; en la zona Centro: Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo y en la zona al Sur: Cañar y Azuay (Mastrocola et al. 2016).

#### **3.1.4.2. Cultivo local**

En la provincia Bolívar es un rubro importante dentro de la economía y la alimentación de las familias. En el cantón Guaranda existe gran biodiversidad de papas, sin embargo, la superficie cultivada con papas nativas se ha ido reduciendo paulatinamente, debido en parte, a su reemplazo por variedades mejoradas, falta de oportunidades de mercado y el desconocimiento de los consumidores de sus bondades nutricionales y organolépticas (Pallo, 2009).

En la provincia de Bolívar, la producción fue de: superficies sembradas, 1926 ha; y cosechadas, 1768 ha; y la producción es de 7265 tm (Rea, 2015).

### **3.1.5. La industria de procesamiento**

Campoverde & Cifuentes, (2013) descubren que en nuestro país la industrialización de la papa está constituida principalmente por las empresas que producen papa frita en hojuelas, industria de comida rápida, restaurantes y pollerías que tiene como acompañante de su plato principal a la papa, ya sea en bastón, horneada o cocinadas. En los últimos 5 años, la cantidad de papa destinada a la industria, se elevó del 2 al 20 % en América del Sur y en Ecuador del 0.5 al 11 %.

### 3.2. Jícama

La jícama (*Pachyrhizus erosus*) es una planta proveniente de la región andina, pertenece a la familia de las Compuestas. En Ecuador se cultiva desde los 2100 a los 3000 metros sobre el nivel del mar, a lo largo de la ceja andina, crece en un amplio rango de suelos, con mejores rendimientos en suelos ricos y drenados. En orden de importancia ha sido reportada en las provincias de Loja, Cañar y Bolívar (INIAP, 2014).

#### 3.2.1. Composición química de la jícama

Las raíces frescas presentan principalmente en su composición agua y carbohidratos. Tanto las raíces como las hojas contienen compuestos con un alto poder antioxidante: ácido clorogénico, triptófano y varios fenoles derivados del ácido caféico (Marlon y Byron, 2009).

**Cuadro 2.** Composición química de la jícama por 1 Kg de raíz

Componente	Cantidad	Unidad
Proteína	1,24	%
Carbohidratos	10,36	%
Humedad	86,07	%
Ceniza	1,83	%
Fibra	1,55	%
Sólidos solubles	9.0 – 12.6	Grados Brix
Grasa	0,10	%

Fuente: Yépez, 2016

#### 3.2.2. Polifenoles en jícama

Las raíces contienen cantidades significativas de compuestos polifenólicos derivados del ácido caféico, sustancias antioxidantes como ácido clorogénico y triptófano y varias fitoalexinas con actividad fungicida (Marlon y Byron 2009)

### **3.2.3. Variedades en Ecuador**

Según el INIAP se han identificado tres morfotipos de jícama en Ecuador, en los cuales el color de los tallos y de las hojas, son los caracteres relevantes para la separación de los distintos grupos, así, se tienen; morfotipo morado, verde oscuro y verde claro.

### **3.2.4. Cultivo de la jícama**

#### **3.2.4.1. Cultivo nacional**

En el Ecuador las principales provincias donde se cultiva la jícama es Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cañar y con mayor variabilidad en el sur del país en las Provincias de Azuay y Loja, debido principalmente a su cercanía con la región de Cajamarca, que es considerada como la mayor productora de jícama a nivel de Sudamérica, y en donde el cultivo de la jícama está ampliamente extendido (Yepez, 2016).

#### **3.2.4.2. Cultivo en la Provincia Bolívar**

Las jícamas cultivadas en la provincia de Bolívar corresponden al morfotipo verde oscuro o denominado grupo 2, que presenta dos subgrupos, el 2A que se caracteriza por tener unas raíces pequeñas y de poca ramificación, pero abundante floración. Presenta tallos delgados, hojas pequeñas, de borde espinoso y peciolo grande y pulpa blanca. El grupo 2B con similares características, pero con raíces de pulpa amarilla (Yepez, 2016)

### **3.3. Yuca**

La yuca es una raíz rica en hidratos de carbono complejos, ideal dentro de una dieta equilibrada, además es un alimento saludable en cuanto a su alto contenido en vitaminas C Y B6 y minerales como el potasio y magnesio (INIAP, 2014)

### 3.3.1. Composición química de la raíz de yuca

La Yuca es un alimento muy rico en hidratos de carbono (85 %). Pobre en grasas y proteínas. Es un alimento muy digestivo, ya que aporta, de forma moderada, vitaminas del grupo B (B2, B6), vitamina C, magnesio, potasio, calcio y hierro, como se detalla a continuación (Elizalde & Pazmiño, 2015).

**Cuadro 3.** Composición química de la raíz de la yuca

Nutrientes	Raíces	
	Base húmeda	Base seca
Materia seca (%)	35,00	100
Proteína cruda (%)	1,1	3,10
Extracto Etéreo (%)	0,47	1,30
Fibra Cruda (%)	1,10	3,10
Ceniza (%)	0,70	1,90
Calcio (%)	0,10	0,33
Fosforo (%)	0,50	0,44
Proteína (g)	1	

Fuente: Moncayo, 2017

El contenido de vitaminas y minerales en las raíces de yuca es bajo, especialmente cuando se comparará con otras materias primas de uso común en la alimentación.

### 3.3.2. Polifenoles presentes en la yuca

La variabilidad genética hace que se presenten rangos de contenido en los componentes más importantes de la raíz tales como carbohidratos (almidón y azúcares) y fenoles (Rivera, 2012).

### 3.3.3. Variedades existentes en el Ecuador

Según el INIAP, en lo que se refiere a variedades locales e introducidas de yuca, en el país las variedades se agrupan en:

- **Negras** (las mejoradas INIAP Portoviejo 650 e INIAP Portoviejo 651, los locales Tres meses o prieta, Escancela, Morada, Mulata, Quevedeña, etc.)
- **Blancas** (Taureña, Espada, Blanca, etc.)
- **Amarillas** (Yema de Huevo, Crema, Amarilla, etc.).

### **3.3.3.1. Cultivo de yuca en Ecuador**

En el Ecuador se siembra en el trópico, pero el cultivo está localizado en todas las provincias del país inclusive en Galápagos. Es cultivado por pequeños productores de bajos ingresos económicos, ya que se produce en suelos pobres o en tierras marginales. Requiere de pocos fertilizantes, plaguicidas y agua; Es un cultivo de subsistencia por su alta producción de calorías por unidades de área, por la cantidad de mano de obra requerida en el cultivo, por la estabilidad de sus rendimientos y por el largo periodo de cosecha potencial (8 y 24 meses después de la siembra). Por ser una fuente barata de calorías tiene acogida entre los consumidores rurales y urbanos, es considerado como un producto prioritario en la seguridad alimentaria (INIAP, 2014).

### **3.4. Papa china**

Rodríguez (2017), menciona a la papa china como un tubérculo conocido por diferentes nombres y poco convencional como ingrediente en el consumo de los alimentos en el Ecuador, la mayor parte de su producción y comercialización se la destina a la exportación y esto es consecuencia de la falta de información sobre su uso y las diversas maneras de preparación para el consumo humano.

### 3.4.1. Composición nutricional

**Cuadro 4.** Componente de la papa china en 100 g de la raíz comestible

<b>Composición</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Calorías	97	Kcal
Carbohidratos	23,8	g
Grasa	0,8	g
Fibra	0,8	g
Proteína	1,4	g
Ceniza	1,2	g
Calcio	23	g
Hierro	1	g
Vitamina A	20	mg
Riboflavina	0,02	mg
Ácido Ascórbico	4	mg
Fosforo	61	mg
Sodio	7	mg
Potasio	514	mg
Tiamina	0,12	mg
Niacina	0,6	mg

Fuente: (Diaz, 2004)

### 3.4.2. Variedades en el Ecuador

Entre las variedades se encuentran *Colacasia esculenta* y *Xanthoson sagittifolium*, las cuales son similares en sus hábitos, pero diferente en su morfología, ciclo biológico y ahijamiento.

### **3.4.3. Cultivo de papa china en Ecuador**

Caicedo et al. (2014), añade que la producción de papa china se encuentra en provincias de la Costa y Oriente, con mayor participación de: Los Ríos, Pastaza, Morona Santiago, Santo Domingo de los Tsáchilas y Napo, produciéndose también en sectores del sub-trópicos de la Sierra gracias a su clima que favorece con los requerimientos necesarios para su producción.

#### **3.4.3.1. Comercialización de papa china en Ecuador**

Solano (2010), determina que la papa china es comercializada en: Pichincha, Imbabura, Santo Domingo, Los Ríos, Azuay, Guayas, Bolívar y Tungurahua, los productores la venden por medio de intermediarios, quienes transportan a los principales mercados de consumo a nivel nacional.

La comercialización de la papa china que es producida en Ecuador está dirigida principalmente al mercado internacional con un 80% que correspondería a 167.689 de la producción pronosticada para el 2017, mientras que en el mercado local se comercializa el 15% que correspondería a 31.442 toneladas , esto es el rechazo obtenido de las exportaciones, el mismo que es usado para alimentación humana y animal (Rodríguez, 2017).

### **3.5. Remolacha**

La remolacha es una hortaliza, constituida por la raíz principal de la planta, de forma casi esférica y de piel rugosa al tacto (Orozco, 2017).

La remolacha se cultiva principalmente por sus raíces, las cuales presentan un alto valor nutricional y contribuye con enormes beneficios a la salud. Además, presentan un alto porcentaje de exhibición de capacidad antioxidante, que se asocia con el pigmento betalaina (Mikołajczyk et al. 2015).



### 3.5.1. Composición Química

Trabajos anteriormente realizados como las de Orrala (2015), detalla que la remolacha es un alimento de bajo contenido calórico, siendo los hidratos de carbono el componente más abundante en la fruta, la misma que contiene buena fuente de fibra.

**Cuadro 5.** Composición por 100 gramos de porción comestible de remolacha

<b>Compuesto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Contenido</b>
Calorías	cal	43
Agua	g	87.58
Carbohidratos	g	9.56
Grasas	g	0.17
Proteínas	g	1.61
Fibra	g	2.8
Cenizas	g	1.08
Calcio	mg	16
Potasio	mg	325
Fósforo	mg	40
Sodio	mg	78
Hierro	mg	0.80
Tiamina	mg	0.031
Riboflavina	mg	0.040
Niacina	mg	0.334
Ácido ascórbico	mg	4.9

**Fuente:** Cuenca, 2014

### 3.5.2. Polifenoles presentes en Remolacha

La remolacha roja es la más interesante por sus propiedades medicinales. Es rico en flavonoides, antioxidantes que destacan por ser un potente anticancerígeno, por lo que

su ingestión regular dentro de una alimentación equilibrada ayuda a prevenir la aparición de cáncer (Usca, 2014)

Bonfigli et al. (2013) detalla que as betaláinas y otros compuestos fenólicos presentes en las remolachas disminuyen el daño oxidativo de lípidos y mejoran el estado antioxidante en los humanos. Se encuentra posicionada dentro de los diez vegetales más poderosos con respecto a su capacidad antioxidante. La actividad antioxidante de las remolachas está vinculada a la participación de los compuestos fenólicos en el efecto capturador de radicales libres y consecuentemente en la prevención de enfermedades cancerígenas y cardiovasculares (Bonfigli et al. 2013).

### **3.5.3. Variedades de Remolacha existentes en el Ecuador**

Amaro (2014) menciona que la producción de remolacha se utiliza para diferentes fines, para la alimentación humana, animal, y finalmente para la producción de azúcar como se menciona a continuación:

La especie *Beta Vulgaris*: comprende diversas variedades botánicas cultivadas para diferentes usos:

- **B. vulgaris var. cycla**: remolacha hortícola por sus hojas, de pecíolo muy largo, blanco y carnoso.
- **Beta vulgaris var. cruenta**: remolacha cultivada por su raíz carnosa, dulce y de color rojo oscuro, debido a las antocianinas contenidas en el jugo celular.
- **Beta vulgaris var. crasa**: remolacha forrajera característica, de raíz muy gruesa y carnosa, de gran valor forrajero gracias a la sacarosa en ella contenida.
- **Beta vulgaris var. saccharifera**: remolacha azucarera obtenida de la anterior por selección, respecto al contenido de sacarosa de la raíz.

### **3.5.4. Cultivo de Remolacha en Ecuador**

El Ecuador por su ventajosa ubicación geográfica goza de una gama climática que permite producir productos agropecuarios que aseguren la alimentación de la población

y de los animales creando fuentes de trabajo, mitigando problemas de mala alimentación (Terranova, 2014)

El ministerio de agricultura, ganadería, acuacultura y pesca (MAGAP) en el año 2008 menciona que la demanda de producción de la remolacha ha tenido un incremento significativo en el mercado ecuatoriano en la producción de remolacha especificando que más de la mitad de la superficie cultivada en Ecuador se encuentra en la región sierra y sobresale en la provincia de Pichincha y Tungurahua, gran parte del área restante se distribuye en las provincias de Imbabura, Bolívar y la provincia de Loja (Armijos, 2015).

### **3.6. Fitoquímicos**

Los fitoquímicos y los componentes bioactivos son sustancias de especial interés por sus efectos benéficos en la salud, evidenciado por estudios que involucran efectos, acciones y prevención de riesgo en ciertas enfermedades (Urango et al., 2015).

#### **3.6.1. Compuestos bioactivos de origen vegetal**

Muchas de las propiedades beneficiosas descubiertas en los alimentos de origen vegetal, vinculadas principalmente a la actividad antioxidante y las propiedades anti nutritivas de estos compuestos, están relacionadas con el contenido de compuestos fenólicos.

En el reino vegetal se distinguen 4 grandes grupos de compuestos bioactivos presentes en las plantas, en las que se incluyen sustancias de diversas familias químicas, como son las sustancias nitrogenadas, las azufradas, las terpénicas y, las más ampliamente estudiadas, las fenólicas (Según Busso, 2016).

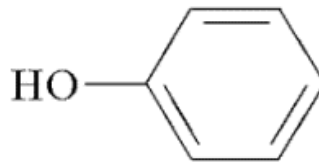
#### **3.6.2. Polifenoles**

En la naturaleza existe una amplia variedad de compuestos que presentan una estructura molecular caracterizada por la presencia de uno o varios anillos fenólicos, estos compuestos se denominan polifenoles.

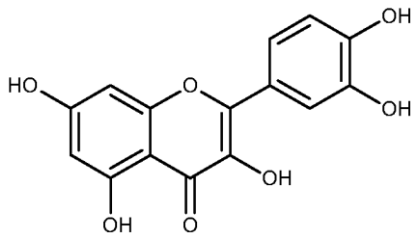
Correa y Pinzón (2016), define a los polifenoles como un conjunto heterogéneo de moléculas que comparten la característica de poseer en su estructura varios grupos bencénicos sustituidos por funciones hidroxílicas; se encuentran en muchas plantas que los sintetizan en gran cantidad, como producto de su metabolismo secundario. Algunos son indispensables para las funciones fisiológicas vegetales, otros participan en funciones de defensa ante situaciones de estrés y estímulos diversos.

Quiñones et al. (2012) describe en su estudio que la estructura química es más o menos compleja y pueden variar de moléculas simples a muy complicadas, con un bajo peso molecular a un mayor peso molecular.

Los compuestos fenólicos son prácticos donadores de hidrógenos. Su potencial antioxidante es dependiente del número y de la posición de los grupos hidroxilos y su conjugación, así como de la presencia de electrones en el anillo estructural, debido a la capacidad que posee el grupo aromático de soportar el desapareamiento de electrones por desplazamiento (Correa y Pinzón, 2016).



**Grafica 1.** Fenol



**Grafica 2.** Polifenol

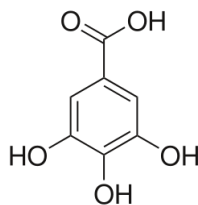
### 3.6.3. Clasificación de los compuestos fenólicos

Ruiz et al. (2008) en su estudio reporta que existe más de 8000 estructuras fenólicas diferentes según.

Dada su complejidad estructural, no es posible una clasificación perfecta y exhaustiva. Se pueden clasificar en polifenoles y fenoles simples basándose en el número de subunidades de fenol. Los polifenoles poseen al menos dos subunidades de fenol (Martínez, 2013).

Se clasifican en dos grupos principales según su estructura:

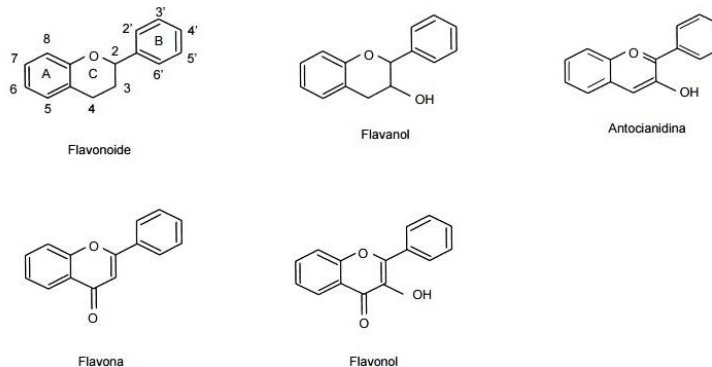
- **Ácidos fenólicos:** tienen un ácido carboxílico como grupo funcional y dos carbonos que distinguen sus estructuras: hidroxicinámico e hidroxibenzoico. Los ácidos hidroxicinámicos son más comunes y consisten principalmente en ácido p-cumárico, ácido caféico, ácido ferúlico y ácido sinápico. El ácido hidroxibenzoico más común es el ácido salicílico (2-hidroxibenzoato), seguido del ácido gálico y el ácido elágico, que son metabolitos comunes de las plantas.



**Grafica 1.** Ácido gálico

- **Flavonoides:** se encuentran mayoritariamente como glucósidos, pero también pueden aparecer en forma libre (también llamados agliconas flavonoides). Además, se pueden presentar como sulfatos, dímeros ó polímeros. Los glucósidos se pueden encontrar de dos formas: como O-glucósidos con los carbohidratos ligados a través de átomos de oxígeno, o como C-glucósidos con los carbohidratos ligados a través de enlaces carbono-carbono. De todas estas formas naturales, los O-glucósidos son los mayoritarios. Los principales subgrupos de compuestos flavonoides son: flavonoles, flavonas, flavanonas

(dihidroflavonas), isoflavonas, antocianidinas y flavanole (Quiñones et al. 2012).



**Grafica 2.** Flavonoides.: Estructura básica y tipos

**Fuente:** Alavesa, 2015

Como efecto de la gran variedad de compuestos fenólicos presentes en la naturaleza, las propiedades y aplicaciones de los fenoles varían, preexistiendo algunos con efectos tóxicos sobre los organismos vivos y otros con efectos propicios para la salud (Castro et al. 2015)

**Cuadra 6.** Estructuras químicas de los ácidos fenólicos

Principales ácidos hidroxibenzoicos	R1	R2	Principales ácidos hidroxicinámicos	R1	R2
Ác. phidroxibenzoico	H	H	Ác. p-cumárico	H	H
Ác. gálico	OH	OH	Ác. Cafeico	OH	H
Ác. siríngico	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	Ác. Ferúlico	OCH <sub>3</sub>	H
Ác. protocatecuico	H	OH			
Ác. vaníllico	H	OCH <sub>3</sub>			

**Fuente:** Hartwig, 2015

### 3.6.4. Fuentes de polifenoles

Los compuestos fenólicos componen uno de los más numerosos y representativos grupos de metabolitos secundarios de las plantas y su notabilidad radica en su

participación en la fisiología y el metabolismo celular como morfología, crecimiento, reproducción, defensa contra plagas y depredadores, y procesos germinativos, entre otros. Estos compuestos se encuentran en la mayoría de productos naturales consumidos por el hombre y recientemente se ha descubierto significativa actividad antioxidante, que demuestra su potencial benéfico sobre la salud humana (Jurado et al. 2016).

Se ha puntualizado que el tipo y/o contenido de polifenoles identificados en ciertos alimentos depende de diversos factores ambientales enfatizando la exposición al sol, lluvia, diferentes tipos y condiciones de cultivo, rendimiento del fruto en la planta, grado de madurez almacenamiento, métodos de preparación y conservación de los distintos alimentos en los que se encuentran (González et al. 2015).

Los compuestos fenólicos presentes en tubérculos de papa incluyen: polifenoles, fenoles monohídricos, cumarinas, flavonas, taninos y lignina (Lisinska y Leszczynski, 1989). También se encuentran los ácidos fenólicos tales como cloro génico, caféico, protocatechuico y p-cumárico (Reyes et al. 2005).

### **3.7. Antioxidantes**

Un antioxidante dietético es sustancia que se localizan en alimentos de consumo cotidiano y que puede prevenir los efectos nocivos sobre las funciones fisiológicas saludables de los seres humanos.

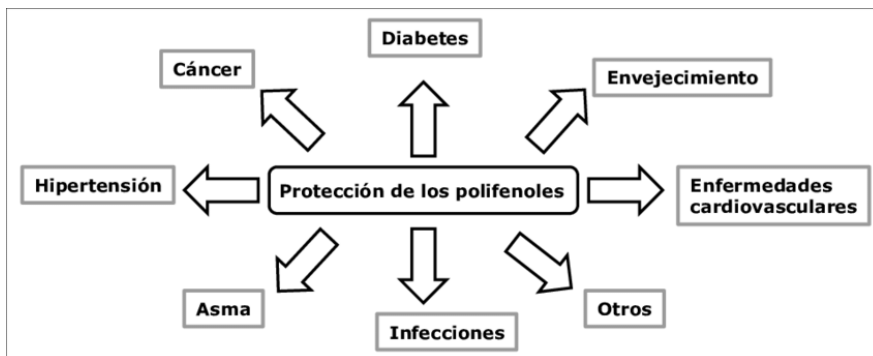
Las propiedades antioxidantes no sólo deben estudiarse por sus interacciones químico-biológicas, sino por su función en el deterioro oxidativo que afecta a los alimentos. Se emplean en la industria alimentaria adjuntados a las grasas u otros productos para retrasar los procesos de oxidación, y como efecto previenen el comienzo de la rancidez oxidativa (Coronado et al. 2015).

#### **3.7.1. Antioxidante en alimentos**

Quiñonez (2017) indica que en el organismo se produce un equilibrio entre oxidantes/antioxidantes, cuando este equilibrio se rompe a favor de los oxidantes se

produce un estrés oxidativo el cual está implicado en muchos procesos fisiopatológicos. A medida que el individuo envejece dicho balance está a favor de los oxidantes, por tanto, el consumo de alimentos que contengan antioxidantes naturales son de vital importancia ya que de esta manera se pueda conservar el equilibrio entre oxidantes/antioxidantes o incluso esté a favor de los antioxidantes

Se menciona que las células humanas producen por día 10.000 situaciones probables para generar radicales libres, dando lugar a que produzcan sus acciones nocivas sobre ciertas moléculas o procesos biológicos formando diversas patologías. Los efectos biológicos de los radicales libres son controlados en los seres vivos por una gama de mecanismos fisiológicos de defensa antioxidante, todos encaminados a evitar el exceso de oxidación a nivel celular, que es el causante de los trastornos de salud (Hartwig, 2015).



**Grafica 3.** Beneficios de los polifenoles para la salud

**Fuente:** Sancho, 2014

### 3.7.2. Clasificación

Se clasifican en antioxidantes endógenos cuales se encuentran presentes en el organismo de los seres vivos y protegen frente a los radicales libres producidos durante el metabolismo.

Sub calificación de los antioxidantes endógenos:



- Enzimáticos: actúan catalizando la reducción de algunas especies como el peróxido de hidrógeno o bien capturando metales de transición.
- No enzimáticos: actúan como barreras fisiológicas que enfrenta el oxígeno a su paso desde el aire hasta las células o bien como transportadores de metales.

Dentro de la clasificación se encuentran los antioxidantes exógenos que son aquellos que se consumen a través de los alimentos y actúan neutralizando o capturando radicales libres (Martinez et al. 2000).

**Cuadro 7.** Clasificación de los antioxidantes según su origen

Endógenos		Exógenos	
Enzimáticos	No Enzimáticos	Vitamina E	
Superóxidodismutasa (SOD)	Glutación. Coenzima Q	Vitamina C	
Catalasa (CAT)	Enzimáticos. Cofactor	Betacaroteno	
Glutación peroxidasa (GPx)	Ácido Tiotico		Flavonoides
			Licopeno

**Fuente:** Oxilia, 2010

Para que un compuesto fenólico sea clasificado como antioxidante debe cumplir dos condiciones básicas.

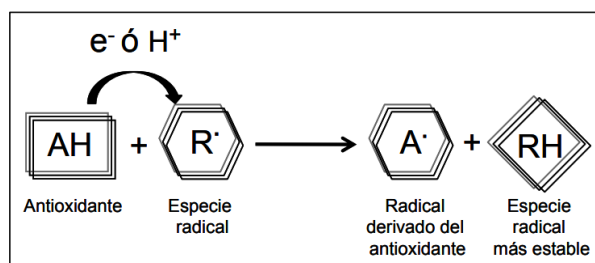
- La primera es que cuando se encuentre en una concentración baja con relación al sustrato que va a ser oxidado pueda retrasar, enlentecer o prevenir la auto oxidación o la oxidación mediada por un radical libre.
- La segunda es que el radical formado tras el secuestro sea estable y no pueda actuar en oxidaciones posteriores (Martinez et al. 2000).

**3.8. Radicales libres, producción y acción**

Un radical libre es aquella figura química que tiene en su estructura uno o más electrones no apareados. Es altamente reactiva y clave para formar otros radicales libres

en cadena, además por la vida media que es de microsegundos, produce una rápida propagación con moléculas aledañas y mayor daño potencial

De acuerdo a Coronado et al. (2015) la liberación de los radicales libres en el ser humano se produce durante el metabolismo humano, y por agentes externos e internos como la polución industrial, tabaco, radiación, alimentos, aditivos químicos en los alimentos procesados y pesticidas. Se incluye además el metabolismo de algunos químicos y elevado estrés físico o psíquico.



**Grafica 4.** Mecanismo anti radical de las moléculas antioxidantes

**Fuente:** Ugartondo, 2009

### 3.9. Métodos de determinación de la actividad antioxidante.

#### 3.9.1. FRAP (Poder reductor férrico/antioxidante)

El análisis se basa en el poder reductor de un antioxidante que reduce el ion férrico ( $Fe^{3+}$ ) al ion ferroso ( $Fe^{2+}$ ). De este modo se genera una coloración de intensidad proporcional a la actividad reductora de la muestra. La capacidad para reducir el hierro se considera un índice del poder antioxidante de la muestra (Guija et al. 2015).

#### 3.9.2. ORAC (Capacidad de absorbanza del radical oxígeno)

El ensayo ORAC consiste en la capacidad del antioxidante para atrapar al radical, compitiendo con una molécula sonda, resultando en la supresión del decaimiento de esta molécula sonda; esto es medido por fluorescencia (FL) o absorción visible (PGR). Para estandarizar los resultados obtenidos, se utiliza el compuesto Trolox, que es un símil hidrosoluble de la vitamina E, obteniendo una pendiente Trolox, que nos permite obtener un índice ORAC (Soto et al. 2014)

### **3.9.3. ABTS (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico))**

Según Fonseca (2017) este método se basa en la oxidación de ABTS con persulfato de potasio para convertirse en el radical libre ABTS<sup>+</sup>, el cual, da una coloración azul a la solución. Los fenoles, tioles o vitamina C presentes en la muestra eliminan el radical libre ABTS<sup>+</sup> y lo convierten en su forma neutra incolora que se mide espectrofotométricamente. El ABTS absorbe una longitud de onda de 734 nm. Los resultados se expresan como equivalentes de Trolox o TEAC (por sus siglas en inglés, Trolox Equivalent Antioxidant Capacity). Además, ABTS<sup>+</sup> es soluble en solventes acuosos como orgánicos, por lo que se puede medir su capacidad antioxidante tanto en extractos hidrofílicos como en lipofílicos.

### **3.9.4. DPPH ( 2,2-difenil-1-picrilhidracil)**

Este método se basa en la habilidad del antioxidante de neutralizar al radical libre DPPH<sup>°</sup>, el cual se reduce tras aceptar un átomo de hidrógeno. El radical DPPH<sup>°</sup> es un radical orgánico nitrogenado, intensamente coloreado (púrpura), estable y disponible comercialmente. No requiere ser generado in situ como el radical ABTS<sup>°+</sup>.

Es un ensayo simple, preciso, de bajo costo y rápido, lo cual sumado a que no requiere equipos de medición complejos, hace de este método uno de los más ampliamente usados; sin embargo a pesar de ello; su aplicación no está estandarizada (Hartwig, 2015).

### **3.9.5. Método TBARS**

Se determina la actividad antioxidante de los alimentos, usando aceite de oliva previamente oxidado, mediante el método TBARS (Thiobarbituric acid reactive substances) basado en el estudio realizado por (Rojano et al. 2008).

El método TBARS fue desarrollado hace más de 40 años y es ampliamente usado en la actualidad como un método para detectar peroxidación lipídica. Este procedimiento mide el malondialdehído (MDA) formado como producto principal de la degradación de hidroperóxidos generados por la oxidación de lípidos. Producto de color rosa que

puede ser medido espectrofotométricamente a 532–535nm. Como producto final de la peroxidación lipídica predomina el malondialdehído (MDA), principal sustrato de esta reacción (Rojano et al. 2008).

El método espectrofotométrico del TBA es el más comúnmente utilizado para la cuantificación de MDA. La reacción ocurre por ataque del MDA sobre el grupo metileno activo del TBA. Un mol de MDA reacciona con dos moles de TBA en medio ácido y a alta temperatura y como patrón se utilizó BHT a una concentración (100,200, 500, 1000 ppm), y como control se utilizó aceite oxidado (Espinoza & Flores 2016).

### **3.10. Folin- Ciocalteu**

El ensayo con Folin- Ciocalteu inicialmente fue empleado para la cuantificación de tirosina en proteínas, pero con el tiempo fue modificado para poder analizar compuestos polifenólicos en distintos tipos de extractos vegetales.

El reactivo consiste en una mezcla de ácidos fosfomolibdico y fosfotúngstico de color amarillo y es a partir de allí, que se produce iones de molibdato y tungsteno. La reacción se lleva a cabo en condiciones básicas (pH 10), con la finalidad de que se genere un ion fenolato que reduce al Folin- Ciocalteu mediante una reacción de tipo óxido/reducción y genera la formación de un complejo de Mo(V) que presenta una coloración azul cuya absorbancia se mide a una longitud de onda de 765nm (Muñoz et al. 2017)

### **3.11. Ácido Gálico**

Según Cofré (2015) define al Ácido Gálico como un ácido fenólico natural soluble en agua, se utiliza como estándar para curvas de calibración para cuantificar polifenoles totales, es decir, es un equivalente. Su lectura es generalmente en mg de ácido/100 gr o mL de muestra. Este ácido está presente en plantas frutas y verduras y se le atribuyen varios efectos biológicos como actividad antiinflamatoria, antioxidante y antibiótica.

### **3.12. Espectrofotometría Uv-Vis**

La espectroscopía UV- Vis se basa en el proceso de absorción de una molécula de la radiación electromagnética en el rango ultravioleta -visible (aproximadamente entre 200 y 700 nm). La absorción de radiación electromagnética en este rango provoca la excitación electrónica, es decir el paso del electrón a un nivel superior de energía (Domenech, 2017).

Scientific (2016) establece que el instrumento Thermo Scientific NanoDrop One es un espectrofotómetro UV- Visible compacto y automático diseñado para el análisis de micro volúmenes de ácidos nucleicos y una amplia variedad de proteínas purificadas. El sistema de retención de muestras patentado permite la medición de muestras de alta concentración sin necesidad de dilución. También mide la variación de la absorbancia con la longitud de onda empleando solo una micro-gota y opcionalmente en cubeta (NanoDrop One-C)

### **3.13. Niveles de procesamiento de tubérculos**

#### **3.13.1. Cocción**

Ramos (2017) describe en su estudio que la cocción es la acción y efecto de cocer o cocerse. Se describe al hecho de convertir un alimento crudo en comestible, estos experimentan cambios físicos, químicos y biológicos que abarcan alteraciones en su aspecto, composición química, sabor y valor nutritivo. En consecuencia, cocer es someter algo a la acción del calor para que adquiera determinadas propiedades los tipos de cocción son: hervido (por inmersión en agua en ebullición), horneado, frito, microondas y al vapor.

#### **3.13.2. Horneado**

El horneado es similar a la cocción en vapor, el fluido de contacto es el aire a alta temperatura para transferir el calor, 180 a 200°C, muy superior a la temperatura de ebullición del agua, sin embargo, el tiempo de horneado es mayor, ya que la conductividad térmica del aire es mucho menor que la del agua.

Los alimentos horneados tienen buen sabor y desarrollan durante el proceso una corteza dorada y crocante por la deshidratación superficial, característica similar a la fritura con la ventaja adicional de no incorporar grasa al alimento, haciéndolo más saludable (Ramos, 2017)

### **3.13.3. Fritura**

La fritura es una cocción realizada en altas temperaturas, superior a la de ebullición del agua, por lo que se realiza sumergiéndolos en grasa caliente, la temperatura adecuada para esta cocción es a temperaturas superiores a los 160 °C (Mendieta, 2015).

En un producto frito un importante indicador de calidad es el contenido de humedad, de este dependen otros factores como la textura, el color, entre otros (Rivera, 2012).

## CAPÍTULO IV

### IV. Marco metodológico

#### 4.1. Localización de la investigación

El trabajo de investigación propuesto se desarrollará en la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agroindustrial, en las instalaciones del Laboratorio de Investigación, según la localización que se detalla a continuación:

Provincia: Bolívar

Cantón: Guaranda

Sector: Laguacoto II

Dirección: Vía Guaranda – San Simón Km 1 1/2

##### 4.1.1. Situación geográfica y climática

**Cuadro 8.** Parámetros de la situación geográfica y climática del lugar de la investigación

Parámetros	Valor
Altitud	2800 msnm
Latitud	01°34'15" sur
Longitud	79°0'02" oeste
Temperatura mínima	8 °C
Temperatura media anual	13 °C
Temperatura máxima	26,44 °C
Humedad	30 %

**Fuente:** Estación Meteorológica, Universidad Estatal de Bolívar. Laguacoto II, 2017

#### **4.1.2. Zona de vida**

La ubicación del lugar a desarrollar la investigación correspondiente al Departamento de Investigación, corresponde a la zona de vida: Bosque Húmedo Montano Bajo (BHMB), según el botánico climatólogo Leslie Holdridge.

#### **4.2. Materiales**

##### **4.2.1. Material experimental**

- Papa Chola (*Solanum tuberosum*)
- Jícama Tipo II (*Pachyrhizus erosus*)
- Papa china Blanca (*Colocasia esculenta*)
- Remolacha Azucarera (*Beta vulgaris*)
- Yuca Blanca (*Manihot esculenta*)

##### **4.2.2. Materiales de campo**

- Cámara fotográfica
- Libreta de apuntes
- Esferográfico
- Regla
- Silla
- Escritorio
- Carpetas
- Impresora
- Hojas de papel boom
- Calculadora
- Computadora
- Flash Memory



#### **4.2.3. Materiales del Laboratorio**

- Vaso de precipitación
- Varilla de agitación
- Balones de aforo
- Tubos Eppendorf
- Puntas de pipetas automáticas
- Balanza analítica
- Micro pipetas automáticas
- Bandejas de plástico
- Espátula
- Pinza
- Desecador
- Crisoles
- Capsulas
- Gradillas
- Centrifuga
- Probeta

#### **4.2.4. Equipos**

- Balanza marca DHAUS (0,1 mg)
- Estufa marca MEMMERT (20 °C a 220 °C)
- Mufla marca THERMOLINE (0 °C a 1000 °C)
- Analizador Elemental marca ELEMENTAR
- Termo agitador marca YVIMEN TR100-G
- Centrifuga marca 5804R
- Espectrofotómetro (NANO DROP)

#### 4.2.5. Reactivos

- Folin Ciocalteu 1 N
- Ácido Gálico (99,90%)
- Metanol (99,99%)
- Carbonato de Sodio marca Fisher (Grado analítico)
- TBA
- Ácido Acético
- BHT

#### 4.3. Métodos

##### 4.3.1. Factores en estudio

Los factores en estudio considerados para esta investigación fueron:

**Cuadro 9.** Factores de estudio

FACTOR	CÓDIGO	NIVELES
Tipo de Tubérculo	A	a <sub>1</sub> =Papa Chola ( <i>Solanum tuberosum</i> ) a <sub>2</sub> =Jícama Tipo II ( <i>Pachyrhizus erosus</i> ) a <sub>3</sub> = Yuca Blanca ( <i>Manihot esculenta</i> ) a <sub>4</sub> = Papa china Blanca ( <i>Colocasia esculenta</i> ) a <sub>5</sub> = Remolacha Azucarera ( <i>Beta vulgaris</i> )
Nivel de procesamiento	B	b <sub>1</sub> = Crudo b <sub>2</sub> = Hervido b <sub>3</sub> = Frito b <sub>4</sub> = Horneado

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

### 4.3.2. Tratamientos

Se presenta la combinación de los niveles en estudio.

**Cuadro 10.** Combinación de los tipos de tubérculos y el nivel de procesamiento

Numero	Código	Descripción (Nivel a)	Descripción (Nivel b)
1	a1b1	Papa	Crudo
2	a1b2	Papa	Hervido
3	a1b3	Papa	Frito
4	a1b4	Papa	Horneada
5	a2b1	Jícama	Crudo
6	a2b2	Jícama	Hervido
7	a2b3	Jícama	Frito
8	a2b4	Jícama	Horneada
9	a3b1	Yuca	Crudo
10	a3b2	Yuca	Hervido
11	a3b3	Yuca	Frito
12	a3b4	Yuca	Horneada
13	a4b1	Papa china	Crudo
14	a4b2	Papa China	Hervido
15	a4b3	Papa China	Frito
16	a4b3	Papa China	Horneada
17	a5b1	Remolacha	Crudo
18	a5b2	Remolacha	Hervido
19	a5b3	Remolacha	Frito
20	a5b4	Remolacha	Horneada

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

### 4.3.3. Características del estudio

**Cuadro 11.** Características del estudio

<b>Características del experimento</b>	<b>Detalle</b>
Unidad experimental	100 g.
Factores de estudio	2
Nivel A	5
Nivel B	4
Tratamientos	20
Repeticiones	3
Unidades experimentales	60

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

### 4.3.4. Tipo de diseño experimental

Se aplicará un diseño A\*B con arreglo factorial 5 x 4 con 3 repeticiones el mismo que responde al siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

**Dónde:**

$Y_{ijk}$ = Variable sujeta de medición

$\mu$ = Media General

$A_i$ = Efecto del Factor A

$B_j$ = Efecto del Factor B

$AB_{ij}$ = Efecto de la Interacción (A x B)

$\epsilon_{ijk}$ = Efecto del Error Experimental

#### 4.3.5. Procedimiento

Fuente de variación		Grados de libertad
Total	(A.B.r-1)	59
Repetición	(r-1)	2
Factor A	(5-1)	4
Factor B	(4-1)	3
Factor Ax Bñ	(A-1)(B-1)	12
Error	(A.B-1) (r-1)	18

- ✓ Prueba de Tukey a 5 % para comparar promedios del tratamiento
- ✓ Prueba de Tukey a 5 % para comparar promedios del factor A y B

#### 4.4. Tipo de análisis

A continuación, se detalla los análisis realizados a la materia prima:

##### 4.4.1. Análisis elemental

- Primeramente, se abrieron los gases: el tanque de Oxígeno y de Helio, verificando que las presiones estén (Oxígeno 2,5 Bar, Helio 1,2 Bar).
- Se encendió el computador, utilizando el software (vario MACROcubo).
- Se esperó que las temperaturas del tubo de combustión y reducción alcancen la temperatura de trabajo 900°C y 850 °C respectivamente.
- Se corrió 3 sulfamidas de 20 mg con el método “Sulf 1” con el nombre “Factor Diario”.
- Se corrió otra vez 3 sulfamidas de 20 mg con el método “Sulf 1” con el nombre “Sufanilamide” y se comprobó que los porcentajes de N, C, H y S correspondan a los valores del patrón, en caso afirmativo ya se pueden correr las muestras, caso contrario, revisar la calibración.
- Se preparó las muestras de la tabla de calibración, para lo cual se pesó 20mg de la muestra.

- Se movió el carrusel a posición cero (0), presionando SYSTEM>CARRUSEL POSITION>POSICION 1>OK.
- Se insertó las muestras en el carrusel, ingresando los pesos en la tabla de la pantalla junto al nombre de cada muestra de acuerdo a los códigos de los estándares utilizados.
- Se empezó a correr el análisis (SYSTEM AUTO RUN).
- Finalmente se obtuvo los resultados visualizados en la pantalla.

#### **4.4.2. Humedad**

Se realizó la determinación de humedad de acuerdo a la norma técnica ecuatoriana INEN 265.

#### **4.4.3. Cenizas**

Se determinó el contenido de cenizas según el Método AOAC 920. 181. Ed 19. 2012

#### **4.4.4. Compuestos volátil**

Se determinó el contenido de compuestos volátiles según el Método UNE – EN 15148.

#### **4.4.5. Carbono Fijo**

La determinación del carbono fijo se realizó de acuerdo al autor (Vassilev et al, 2010), donde FC se obtiene por la diferencia entre el 100% en porcentaje en masa en base seca de la muestra y el porcentaje de volátiles (MV) y porcentaje de ceniza ( $A_d$ )

$$FC = 100 - A_d - MV$$

#### **Datos:**

$A_d$ = Porcentaje de Ceniza

MV= Compuestos Volátiles

#### 4.5. Manejo del Experimento

Preparación de las muestras a los diferentes niveles de procesamiento:

- **Recepción:** Se procedió a recibir la papa, jícama, yuca, papa china y remolacha provenientes del Cantón Guaranda y Las Naves de la Provincia Bolívar
  
- **Clasificación:** Se realizó una clasificación de los cinco tubérculos, controlando que no tenga ningún tipo de daño.
  
- **Lavado:** Los tubérculos se lavaron con agua clorada para sustraer todo tipo de impureza y suciedad existente
  
- **Procesamiento:** Las muestras se sometieron a diferentes niveles de procesamiento las cuales se detalla a continuación:
  - Cruda
  - Hervidas: Fueron hervidas a una temperatura de 100 °C
  - Fritas: Las muestras fueron sometidas a una temperatura de 150 °C
  - Horneadas: Cada una de las muestras se hornearon a una temperatura de 170 °C
  
- **Enfriado:** Una vez que los tubérculos han cumplido con los diferentes niveles de procesamiento; se proceden al enfriamiento.
  
- **Empacado:** Se empacó los tubérculos procesados en fundas de polietileno para mayor conservación.

#### **4.6. Mediciones experimentales en el producto final**

##### **4.6.1. Determinación del contenido de polifenoles por el método de Folin-Ciocalteu.**

El método para la determinación de los fenoles totales se basa en la reacción fotocolorimétrica del reactivo Folin-Ciocalteu (1927); de acuerdo a esto se obtendrán distintas intensidades de absorbancia que se relacionan cuantitativamente. Para lo que se requiere previamente hacer la calibración del espectrofotómetro y obtener la curva de calibración.

###### **4.6.1.1. Curva de calibración**

Se realizó una disolución de ácido gálico de 250 mg/L (disolución concentrada o madre), a partir de esta disolución se preparó 5 mL de disoluciones diluidas de concentraciones crecientes de ácido gálico entre 0, 50, 100, 150, 200 y 250 ppm

Para ello se procedió de la siguiente manera:

1. A partir de las concentraciones ya establecidas se tomó 0,1 ml del concentrado, incluido el blanco para colocarlo en un matraz de 5 ml.
2. Se añadió 0,1 ml de Folin y se le agitó continuamente durante 3 minutos.
3. Luego se colocó 2 ml de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 7,5% (18.75 g en 250 ml de agua destilada)
4. Después se completó el volumen hasta 5 ml con agua destilada y se dejó reposar a temperatura ambiente durante 1 hora.
5. A continuación, se midió la absorbancia a 750 nm utilizando un espectrofotómetro (Nano Drop). Los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico (GAE).



#### **4.6.1.2. Acondicionamiento de las muestras de cada tubérculo en estudio**

- Se pesó 200 mg de muestra y se le agregó 2 ml de metanol 80%, para extraer los fenoles totales; posteriormente se disolvió y homogenizó la mezcla en un termo – agitador (YVIMEN TR100-G) a 200 rpm por 120 minutos a temperatura ambiente.
- Luego, la muestra se filtró (papel filtro) en un matraz Erlenmeyer. El filtrado obtenido se centrifugó en una microcentrifuga (Labnet Internacional) en tubos Eppendorf de 2 ml a 7000 rpm por 15 minutos. El sobrenadante obtenido se trasladó a viales de color ámbar, para evitar una foto-oxidación.

#### **4.6.1.3. Procedimiento para la determinación del contenido de polifenoles totales**

- Se tomó 0,1 ml del sobrenadante a los diferentes niveles de procedimiento (crudo, cocido, frito y horneado) y un blanco para colocarlo en un matraz de 5 ml.
- Se añadió 0,1 ml de Folin y se le agitó continuamente durante 3 minutos.
- Luego se colocó 2 ml de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 7,5% (75 g / l)
- Después se completó el volumen hasta 5 ml con agua destilada y se dejó reposar a temperatura ambiente durante 1 hora
- A continuación, se midió la absorbancia a 750 nm utilizando un espectrofotómetro (Nano Drop). Los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico (GAE), utilizando una curva de calibración en el rango de 50 a 200 ppm.

#### **4.6.2. Método para la determinación de la capacidad antioxidante.**

##### **4.6.2.1. Evaluación de la inhibición de peroxidación lipídica (TBARS)**

Se determinó la actividad antioxidante de las muestras crudas y a los diferentes niveles de procesamiento (hervido, frito y horneado) de papa chola, jícama Tipo II, yuca Blanca, papa china Blanca y remolacha azucarera, utilizando aceite de oliva anteriormente oxidada, mediante el método TBARS (Thiobarbituric acid reactive

substances) establecido en el protocolo de (Guzmán-Chozas et al. 1997) con modificaciones.

### **Procedimiento**

- Se preparó una disolución de 200 µg/ml de cada uno de los tubérculos sometidos a diferentes niveles de procesamiento
- Se tomó 500 µg/ml de cada solución y se mezcló con 500 µg/ml de aceite de oliva previamente oxidado (70°C por cuatro días) en tubos Eppendorf de 2 ml.
- Se preparó también un estándar usando el BHT (Butil hidroxil tolueno), a las mismas concentraciones que la muestra y se mezcla con 500 µg/ml de aceite oxidado.
- Las mezclas se incubaron con agitación constante a 400 rpm durante 8 h a 28 °C en un, microincubador (YVIMEN TR100-G)
- Una vez culminado este tiempo se añadió en cada uno de los tubos con muestra 1 mL de TBA al 1 % (0,5g de TBA, 40 mL de ácido acético y 10 mL de agua destilada).
- A continuación, las muestras se le sometió nuevamente a una temperatura de 95 °C por una 1 hora a 400 rpm.
- Posteriormente se enfriaron con hielo las muestras y el estándar para finalmente realizar la medición en el espectrofotómetro (Nano Drop) a 532 nm, de la misma manera se realizó la medición de la absorbancia del aceite oxidado que es el control cuya preparación se realizó con el procedimiento anterior.

Formula:

$$\% \text{ Inhibición de oxidación} = \frac{Ac - At}{Ac} \times 100$$

**Donde:**

*At* = Absorbancia de la muestra

*Ac* = Absorbancia control

## CAPÍTULO V

### V. Resultados y discusiones

#### 5.1. Análisis de la materia prima

Los procesos de análisis del laboratorio, control de calidad, procesamiento de alimentos, almacenamiento y otros; requieren de una serie de análisis que ayudan a garantizar que la materia prima que ingresan a los diferentes procesos cumplan con los parámetros mínimos de calidad. A continuación, se detalla los análisis proximales realizados.

##### 5.1.1. Análisis proximal de humedad, ceniza, compuestos volátiles y carbono fijo

Los análisis proximales efectuados en la papa “Chola”; jícama “Tipo II”; yuca “Blanca”, papa china “Blanca” y remolacha “Azucarera” procedente del Cantón Guaranda y Caluma de la Provincia Bolívar y analizados en el laboratorio de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar, arrojaron los siguientes resultados:

**Cuadro 12.** Valores promedios de Humedad, Ceniza, Compuesto volátiles y Carbono Fijo de los tubérculos en estudio.

Variable	Materia prima					Método utilizado
	Papa	Jícama	Yuca	Papa China	Remolacha	
	%					
Humedad	70,81	82,94	61,46	68,31	84,91	NTE INEN 265
Ceniza	1,13	1,83	1,77	1,42	1,27	AOAC 920. 181. Ed 19. 2012
Compuestos Volátiles	20,08	2,62	52,75	42,77	9,45	UNE-EN 15148
Carbono Fijo	78,79	95,48	45,48	55,81	89,29	Ecuación de bibliografía

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

Los análisis de humedad ceniza, compuestos volátiles y carbono fijo, se realizó para conocer su composición.

En el Cuadro 11, se detalla los valores obtenidos (porcentajes) de humedad, ceniza, compuestos volátiles y carbono fijo de los tubérculos en estudio.

**Cuadro 13.** Valores de Humedad, Ceniza, Compuesto volátiles y Carbono Fijo (Bibliografía)

<b>Muestras Crudas</b>					
<b>Tubérculos</b>	<b>Papa</b>	<b>Jícama</b>	<b>Yuca</b>	<b>Papa China</b>	<b>Remolacha</b>
Humedad	76,70	86,07	61,5	71,9	87.58
Fuente	(Rea, 2015).	(Yepes, 2016	(Mosquera 2017)	(Trujillo, 2015)	(Cuenca, 2014)
Ceniza	1	1,83	1,90	1,2	1.08
Fuente	(Rea 2015)	(Albuja et al. 2017).	(Moncayo 2017)	(Trujillo, 2015)	(Cuenca, 2014)

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

En el cuadro 12 se da a conocer valores de humedad y ceniza reportados por bibliografía de cada uno de los tubérculos en estudio, con la finalidad de comparar con los valores obtenidos en la investigación.

Como se puede observar en el cuadro 11 y comparando los valores reportados en el cuadro 12; muestra que el contenido de humedad y ceniza de la papa “Chola” son respectivamente de 76,70% y 1,13% valores similar al reportado en el estudio de Rea (2015) ; en la jícama la humedad es igual 82,94% el mismo que se encuentra dentro de lo datos bibliográficos mencionados por Yepes, (2016); y en ceniza tenemos un valor de 1,83% respaldados con los datos bibliográficos de Albuja et al. (2017). La Yuca presento una humedad de 61,5% y se evidencia con los estudios realizador por Mosquera (2017) y en ceniza se obtuvo 1,8% similar a lo que mencionan Moncayo (2017) en su investigación. La papa China tiene una humedad de 68,31% y un

porcentaje de ceniza de 1,42% el mismo que está dentro de referencia bibliográfica detallados en el cuadro 12. Finalmente, los valores de humedad y ceniza es 84, 91% y 1,27% de la remolacha respectivamente se encuentran dentro de los rangos reportados por el autor Cuenca (2014). De esta manera se demuestra que los resultados obtenidos en la determinación de estas características se encuentran dentro de los rangos reportados en bibliografía.

**Cuadro 14.** Valores promedios del análisis elemental en muestras crudas de los tubérculos en estudio

<b>Método utilizado</b>	<b>Materia Prima</b>				
	Muestra	%C	%H	%N	%S
UNE - EN - 15104	Papa	39,26	4,69	1,64	0,01
	Jícama	37,77	4,86	0,62	0,00
	Yuca	39,18	4,77	0,20	0,00
	Papa china	38,50	4,74	0,36	0,00
	Remolacha	34,97	4,16	3,61	0,06

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

En el cuadro 13, se muestra la composición elemental de los tubérculos en estado crudo, expresados en porcentaje, bajo el método UNE – EN -15104. Se resalta el valor de nitrógeno de la remolacha; que de acuerdo a lo mencionado por Ravichandran K. et al. (2012), su alto valor se debe a la presencia de grupos aminos característicos de este cultivo.

## 5.2. Análisis a los productos procesados

### 5.2.1. Análisis de la concentración de polifenoles totales (PPT)

Los resultados obtenidos del análisis de polifenoles totales (PFT) están expresadas en miligramos de equivalentes de ácido gálico por cada 100 g de muestra y se reportan en los siguientes cuadros

En los siguientes cuadros presentados a continuación se detalla la concentración en el contenido de polifenoles de cada uno de los tubérculos a sus diferentes niveles de procesamiento.

**Cuadro 15.** Valores promedios de la concentración de polifenoles totales (PPT) de la papa “Chola” en estado crudo y a los diferentes niveles de procesamiento (hervido, frito y horneado).

Muestra	Nivel de Procesamiento	Polifenoles totales (mg de GAE/100 g de muestra)
Papa	Crudo	255,46 ± 3,827
	Hervido	69,74 ± 2,478
	Frito	27,68 ± 2,381
	Horneado	153,67 ± 2,25

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

En el cuadro 14, se muestra los efectos principales del nivel de procesamiento para el contenido de polifenoles en la papa. Como se puede observar el contenido de polifenoles de la papa chola en estado crudo es de 255,46 la cual es alto en comparación con los resultados obtenidos a los diferentes niveles de procesamiento: hervido, frito y horneado que es 69,74, 27,68 y 153,67 (mg de GAE/100g) respectivamente.

El contenido de polifenoles más alto se presentó en estado crudo, este resultado es respaldado por Molina et al. (2015) en su estudio “Contenido de antioxidantes en papas criollas nativas (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja) en proceso de precocción y congelación” que es de 301 (mg de GAE/100g de muestra) en papa cruda.

A nivel de procesamiento se presentó una menor afectación en el contenido de polifenoles en la cocción por horneado. Resultados reportados por Navarre et al. (2010) determinan que el contenido de polifenoles totales en papa cocinadas a microondas, vapor, y al horno no disminuye de manera altamente significativa los fenoles totales.

De manera diferente sucedió en la cocción por fritura ya que el contenido de polifenoles fue de 27,68 (mg de GAE/100g de muestra) indicando que este proceso afecto a dichos metabolitos.

**Cuadro 16.** Valores promedios de la concentración de polifenoles totales (PPT) de la jícama “Tipo II” en estado crudo y a los diferentes niveles de procesamiento (hervido, frito y horneado).

<b>Muestra</b>	<b>Nivel de Procesamiento</b>	<b>Polifenoles totales (mg de GAE/100 g de muestra)</b>
<b>Jícama</b>	Crudo	195,53 ± 5,18
	Hervido	92,36 ± 1,81
	Frito	128,08 ± 2,99
	Horneado	174,11 ± 3,15

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

De acuerdo a los resultados obtenidos en la jícama, se encontró mayor contenido de polifenoles en estado crudo de 195, 53 (mg de GAE/100 g de muestra) relacionando con Arnao et al. (2012) quién determina que la jícama en estado fresco contiene 11,1 mg GAE/g que, si expresamos el contenido de fenoles por 100 g, tendríamos un valor similar al de nuestro experimento.

Al comparar el valor del contenido de polifenoles en estado crudo y los niveles de procesamiento se puede observar un decremento muy leve en la cocción por horneado de 174,11 (mg de GAE /100g). El menor contenido de polifenoles fue en la cocción por hervido de 92,36 (mg de GAE /100g).

**Cuadro 17.** Valores promedios de la concentración de polifenoles totales (PPT) en la yuca “Blanca” en estado crudo y a los diferentes niveles de procesamiento (hervido, frito y horneado).

<b>Muestra</b>	<b>Nivel de Procesamiento</b>	<b>Polifenoles totales ( mg de GAE /100 g de muestra)</b>
<b>Yuca Blanca</b>	Crudo	142,75 ± 2,48
	Hervido	11,80 ± 0,69
	Frito	18,95 ± 0,69
	Horneado	32,84 ± 4,96

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

En la yuca el mayor contenido de polifenoles se presentó en estado crudo de 142,75 (mg GAE /100g de muestra), valor superior al reportado por Faezah et al., (2012) quien determina el contenido de polifenoles en yuca orgánica de 108,8 (mg GAE /100g de muestra).

Silva et al., (2017) con el tema “Procesamiento de tres diferentes métodos de cocción de la yuca: Efectos in vitro bioaccesibilidad de compuestos fenólicos” demostró que la cocción al vapor fue el método que retuvo más compuestos fenólicos; seguido por el microondas y por ultima la ebullición. Al comparar con nuestros niveles en estudio (hervido, frito, horneado) se determinó de igual manera, que el contenido de polifenoles más bajo de la yuca fue en la cocción por hervido con un valor de 11, 80 (mg de GAE/100g de muestra.)



**Cuadro 18.** Valores de la concentración de polifenoles totales (PPT) la papa china “Blanca” en estado fresco y a los diferentes niveles de procesamiento (hervido, frito y horneado).

<b>Muestra</b>	<b>Nivel de Procesamiento</b>	<b>Polifenoles totales (mg de GAE/100 g de muestra)</b>
<b>Papa China “Blanca”</b>	Crudo	91,96 ± 3,57
	Hervido	27,28 ± 0,68
	Frito	14,88 ± 3,27
	Horneado	12,80 ± 1,78

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

Como se observa en el cuadro 17 la papa china “Blanca” en estado crudo obtuvo 91,96 (mg de GAE/100 g de muestra), en comparación con los diferentes niveles de procesamiento el contenido de polifenoles es muy bajo en los tres casos: 27, 28; 14,88 y 12,80 (mg de GAE /100 g de muestra) respectivamente, determinando que el proceso de hervido, frito y horneado afecta drásticamente en los polifenoles.

**Cuadro 19.** Valores promedios de la concentración de polifenoles totales (PPT) en la remolacha “Azucarera” en estado crudo y a los diferentes niveles de procesamiento (hervido, frito y horneado).

<b>Muestra</b>	<b>Nivel de Procesamiento</b>	<b>Polifenoles totales ( mg de GAE/100 g de muestra)</b>
<b>Remolacha</b>	Crudo	556,85 ± 4,17
	Hervido	80,06 ± 2,38
	Frito	374,10 ± 1,19
	Horneado	116,96 ± 1,19

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

Como se muestra en el cuadro 18 la cantidad de polifenoles de la remolacha en estado crudo fue de 556. 85 (mg de GAE/100 g de muestra). Yuarn y Ching-yin (2007) en su estudio determina que el contenido de polifenoles de la remolacha en estado crudo fue

de 257,2 (mg de GAE/100 g de muestras), mientras que Raupp et al. (2011) reporta un valor de  $628.36 \pm 76.06$  (mg GAE/100 g) en remolacha cruda. Al comparar este valor con el obtenido en nuestro experimento, se confirma que la cantidad de polifenoles se encuentra entre los reportados por bibliografía (dependerá también de la metodología)

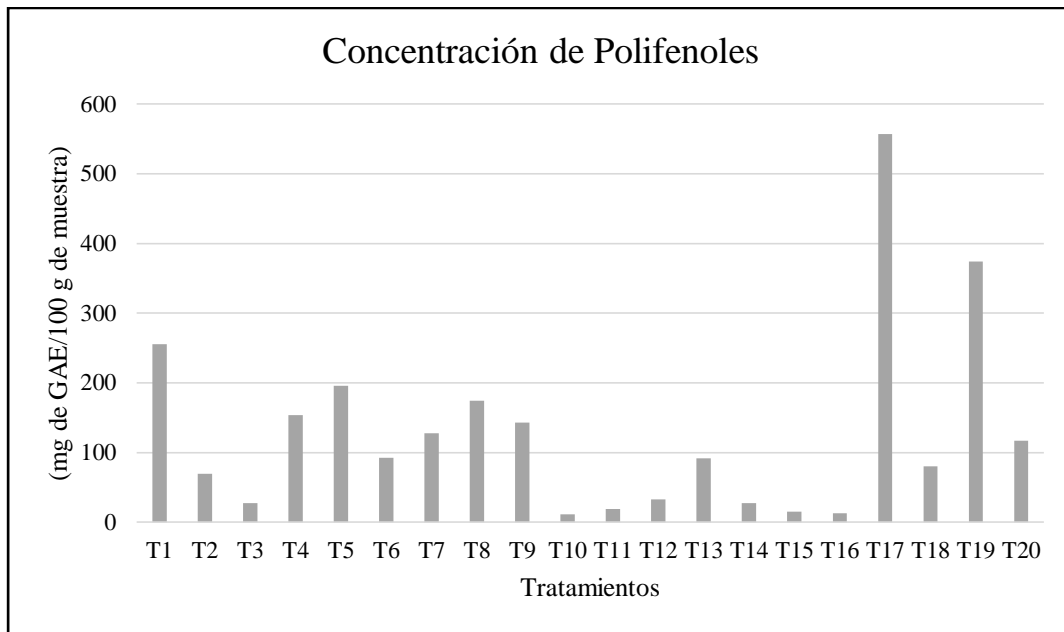
Por otra parte, el contenido de polifenoles en el proceso de cocción por hervido fue el que más afectó en el contenido de polifenoles, con un valor de 80,06 (mg de GAE/100 g de muestras), debido que al contacto con el agua durante la ebullición la muestra pierde color siendo un factor importante en el contenido de polifenoles de las verduras. Además, el contenido de polifenoles fueron analizados en la cocción por horneada y frito que fue de 116,96 y 374,10 85 (mg de GAE/100 g de muestra) respectivamente.

**Cuadro 20.** Valores promedios del contenido de polifenoles a nivel de tratamientos de los tubérculos en estudio.

Tubérculo	Nivel de procesamiento			
	Crudo	Hervido	Frita	Horneada
	(mg de GAE/100 g de muestra)			
Papa	255,46	69,74	27,68	153,67
Jícama	195,53	92,36	128,08	174,11
Yuca	142,75	11,8	18,95	32,84
Papa China	91,96	27,28	14,88	12,8
Remolacha	556,85	80,06	374,1	116,96

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

En el cuadro 19 se detalla el contenido de polifenoles en cada uno de los tubérculos (papa, jícama, yuca, papa china y remolacha) y con los cuatro niveles en estudio (crudo, hervido, frito y horneado).



**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Grafica 5.** Representación gráfica de cada uno de los tratamientos para el contenido de polifenoles.

Los resultados obtenidos del contenido de polifenoles en base a la combinación de los tratamientos (A: Tipo de tubérculos y B: niveles de procesamiento) muestra que el tratamiento que presentó mayor contenido de polifenoles fue el T17 (remolacha + fresca) de 556.85 (mg de GAE/100 g de muestra). Además, se puede establecer que los tratamientos con valores más bajos tienen relación con el factor B2 (Hervido) produciendo mayor afectación en la estructura molecular de los polifenoles, debido que al contacto con el agua se pierde la pigmentación de cada tubérculo, el mismo que es directamente proporcional al contenido de polifenoles porque en ella se encuentran la mayor cantidad de este metabolito.

Resultados realizados por Malqui, (2012) indican que el contenido de compuesto fenólicos, es afectado en un 60% en la cocción por ebullición, confirmando lo reportado en nuestro estudio.

Por otra parte Navarre et al. (2010), Indica que; “La cocción puede conducir fácilmente a pérdidas significativas de fitonutrientes, aunque también es evidente que cocinar no necesariamente disminuye ciertos fitonutrientes, e incluso puede conducir a mayor biodisponibilidad de ciertos fitonutrientes extraíbles”, por lo que podemos decir que la cocción por horneado ayuda a la disponibilidad de algunos de estos metabolitos que no se digieren fácilmente en su estado natural. Esto se puede evidenciar claramente en nuestro estudio ya que en la cocción por horneado no hubo mayor afectación de este metabolito.

Barragan & Aro, (2017) evalúan el efecto de procesamiento de cocción en papas nativas pigmentadas (*Solanum tuberosum spp. andigena*) sobre sus compuestos bioactivos. Indica que la disminución más severa en contenido de antocianinas totales (CAT) y polifenoles totales (PFT), presentaron en el proceso de cocción por fritura.

Con todo lo mencionado anteriormente se pudo evidenciar que los resultados reportados difieren de manera significativa para cada tipo de tubérculo, pero se debe tomar en cuenta que cada tubérculo presenta un comportamiento diferente debido a su composición y tiempo de cocción.

**Cuadro 21.** Análisis de varianza (ADEVA) para la respuesta experimental de concentración de polifenoles totales de los cinco tubérculos en estudio (papa “Chola”, jícama “Tipo II”, yuca “Blanca”, papa china “Blanca” y remolacha “Cruenta”) a los diferentes niveles de procesamiento (crudo, hervido, frito y horneado).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Factor A (Tipo de Tubérculo)	458767	4	114692	13495,85	0,000***
B: Factor B (Nivel procesamiento)	311957	3	103986	12236,07	0,000***
Interacciones	301052	12	25087,7	2999,06	0,000***

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
AB	303619	12	25301,6		
Residuos	301164	39	5905,18		
Total (corregido)	1,07189E6	59			

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

En el cuadro 20 se muestra el análisis de varianza para el contenido de polifenoles de los cinco tubérculos en estudio, correspondientes al factor A “Tipo de Tubérculo” y factor B “Nivel de procesamiento”, el cual tienen una diferencia estadística altamente significativa, debido a que, la composición de cada tipo de tubérculo es diferente, lo que muestra variabilidad entre los tratamientos, así como el nivel de procesamiento en el factor “B”, lo que indica que la aplicación de estos factores con sus respectivos niveles utilizados en la presente investigación, tienen incidencia directa en los resultados obtenidos.

**Cuadro 22.** Prueba de Tukey al 95% para los tratamientos del contenido de polifenoles en los cinco tubérculos en estudio.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Homogenio</b>
T17	A <sub>5</sub> B <sub>1</sub>	556,85	A
T19	A <sub>5</sub> B <sub>3</sub>	374,11	B
T1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	255,46	C
T5	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	195,53	D
T8	A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	174,11	E
T4	A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	153,67	F
T9	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	142,76	G
T7	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	128,08	H
T20	A <sub>5</sub> B <sub>4</sub>	116,96	I
T6	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	92,36	J
T13	A <sub>4</sub> B <sub>1</sub>	91,96	J

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Homogenio</b>
T18	A <sub>5</sub> B <sub>2</sub>	80,06	K
T20	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	69,74	L
T12	A <sub>3</sub> B <sub>4</sub>	32,84	M
T3	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	27,68	M N
T14	A <sub>4</sub> B <sub>2</sub>	27,28	M N
T11	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	18,95	N O
T15	A <sub>4</sub> B <sub>3</sub>	14,88	O
T16	A <sub>4</sub> B <sub>4</sub>	12,8	O
T10	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	11,8	O

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

Se realizó la prueba ordenada de Tukey observando que el tratamiento que obtuvo el valor más alto fue el T17 (remolacha + estado crudo) con un valor de 556, 85 mg de GAE/100 g de muestra y el valor más bajo fue el T10 (yuca + cocida) con un valor de 11,8 mg de GAE/100 g de muestra, determinando que el tipo de cocción va a afectar de manera diferente a cada tubérculo.

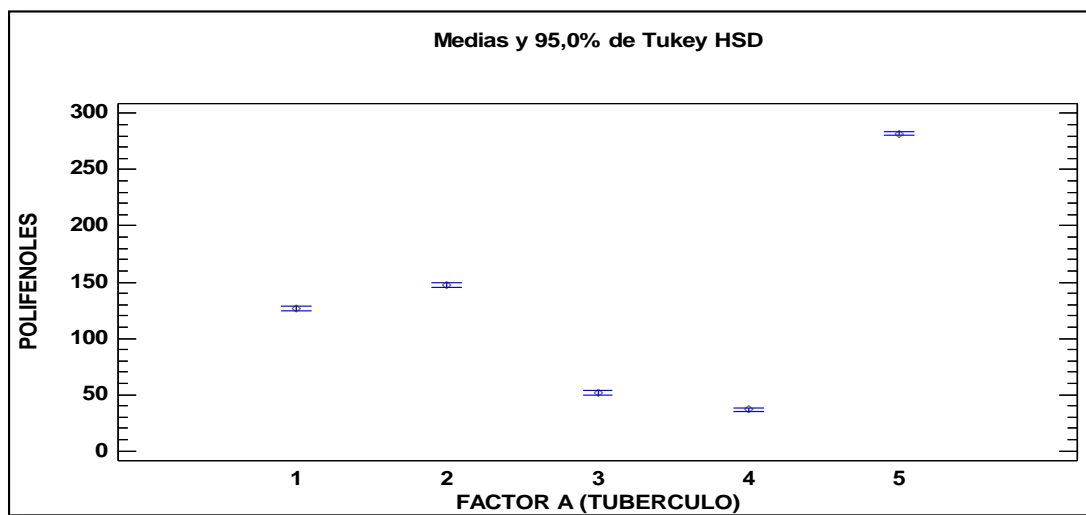
Para determinar el nivel de incidencia de cada uno de los tratamientos y sus niveles, se procedió a realizar la prueba de Tukey al 95% de confianza para el factor A y B como se detalla a continuación:

**Cuadro 23.** Prueba de Tukey al 95% para los promedios del factor A (Tipo de Tubérculo)

<b>FACTOR A</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO HOMOGENIO</b>
5	281,99	A
2	147,52	B
1	126,64	C
3	51,59	D
4	26,73	E

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

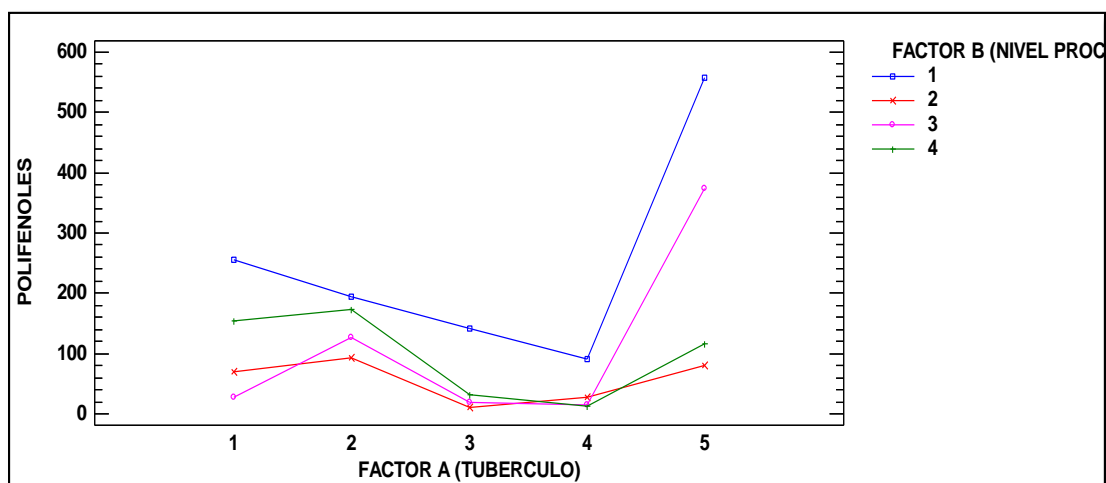
El cuadro 22 se detalla la aplicación de comparación múltiple en el factor A para determinar cuáles medias son significativas, en la misma se identificó cinco grupos diferentes, lo que demuestra que entre estos 5 niveles existen diferencias estadísticas con un nivel del 95,0% de confianza. Además, se puede apreciar que el valor medio para la concentración de polifenoles más alto, reporto en el tubérculo A5 (281, 99 mg. ácido gálico/100 g muestra). Por el contrario, en el nivel A3 y A4 se observa la concentración de polifenoles media más baja. Se presenta de manera gráfica a continuación:



**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Grafica 6.** Relación del factor A con relación a la concentración de polifenoles

En la gráfica 6 se puede observar que cada uno de los niveles del factor A es diferentes, por lo tanto, se determinó que estos factores en este estudio tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la concentración de polifenoles con un nivel de confianza del 95,0%.



**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Grafica 7.** Interacción de la concentración de polifenoles factor A

La interacción del factor A en la concentración de polifenoles, se puede observar que las líneas de tendencia si presentan interacción

Para establecer la incidencia del factor B “nivel de procesamiento” en la concentración de polifenoles, se procedió a realizar la prueba de Tukey al 95% como se presenta a continuación:

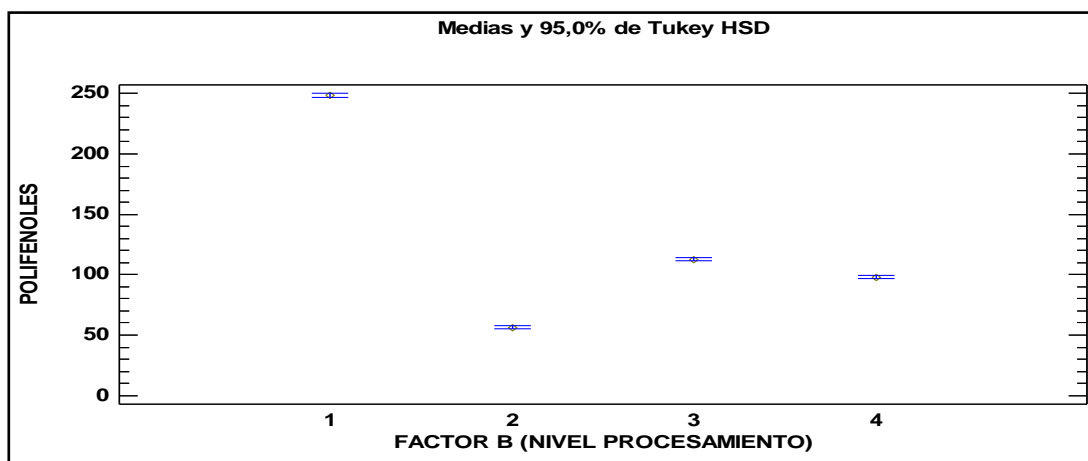
**Cuadro 24.** Prueba de Tukey al 95% para los promedios del factor B (Tipo de Tubérculo).

FACTOR B	MEDIA	GRUPO HOMOGENIO
1	248, 51	A
3	112,74	B
4	98,07	C
2	56,25	D

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

El cuadro 23 se puede apreciar que todos los grupos son diferentes, el valor medio más alto fue el factor B1 (estado crudo), es decir en estado crudo el tubérculo presenta un valor medio más alto en la concentración de polifenoles.

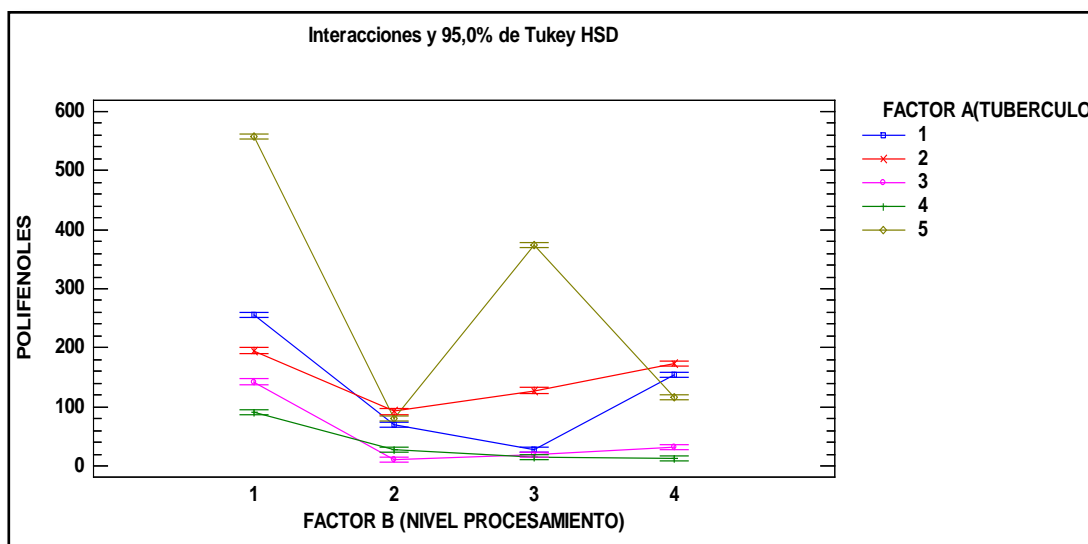




**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Grafica 8.** Relación del factor B con relación a la concentración de polifenoles

En la gráfica 8 se puede observar que cada uno de los niveles del factor B es diferentes, por lo tanto, se determinó que estos factores en este estudio tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la concentración de polifenoles con un nivel de confianza del 95,0%.



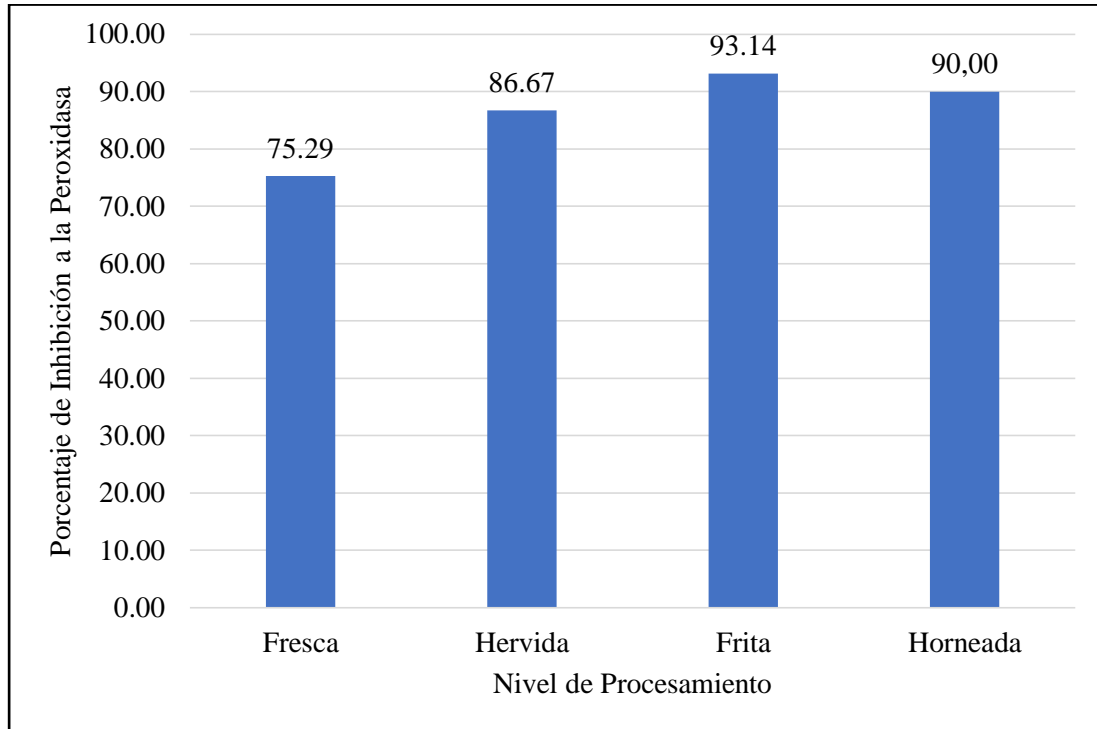
**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Grafica 9.** Interacción de la concentración de polifenoles factor B

La interacción del factor B en la concentración de polifenoles, se puede observar que las líneas de tendencia si presentan interacción.

### 5.2.2. Análisis de la actividad antioxidante

El método TBARS se fundamenta en la coloración rosa formada por la reacción de malonaldehído con TBA. El malonaldehído es uno de los productos resultantes de la oxidación de lípidos, es decir que, mientras mayor sea la intensidad del color rosa existirá mayor oxidación lipídica.

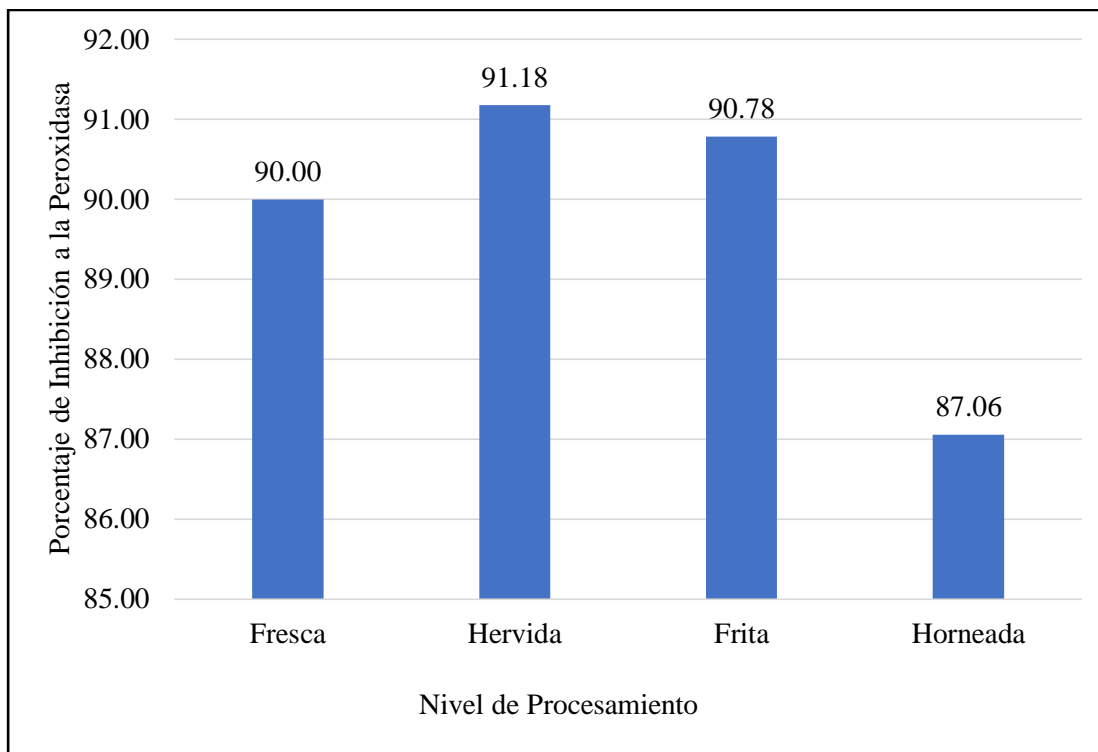


**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Grafica 10.** Porcentaje de Inhibición en la actividad antioxidante de la papa

En la gráfica 10 se presenta el porcentaje de inhibición de la peroxidasa tanto en la papa cruda como en los diferentes niveles de procesamiento. Se observa que en estado crudo el porcentaje de inhibición a la peroxidasa fue más bajo de 75,29 %, mientras que a nivel de procesamiento la cocción por fritura fue la más alta de 93,14 % (Anexos 3).

El estudio realizado por Navarre et al. (2010) respaldan lo mencionado anteriormente al determinar que al someterle a temperatura aumentó la actividad antioxidante de las papas baby.

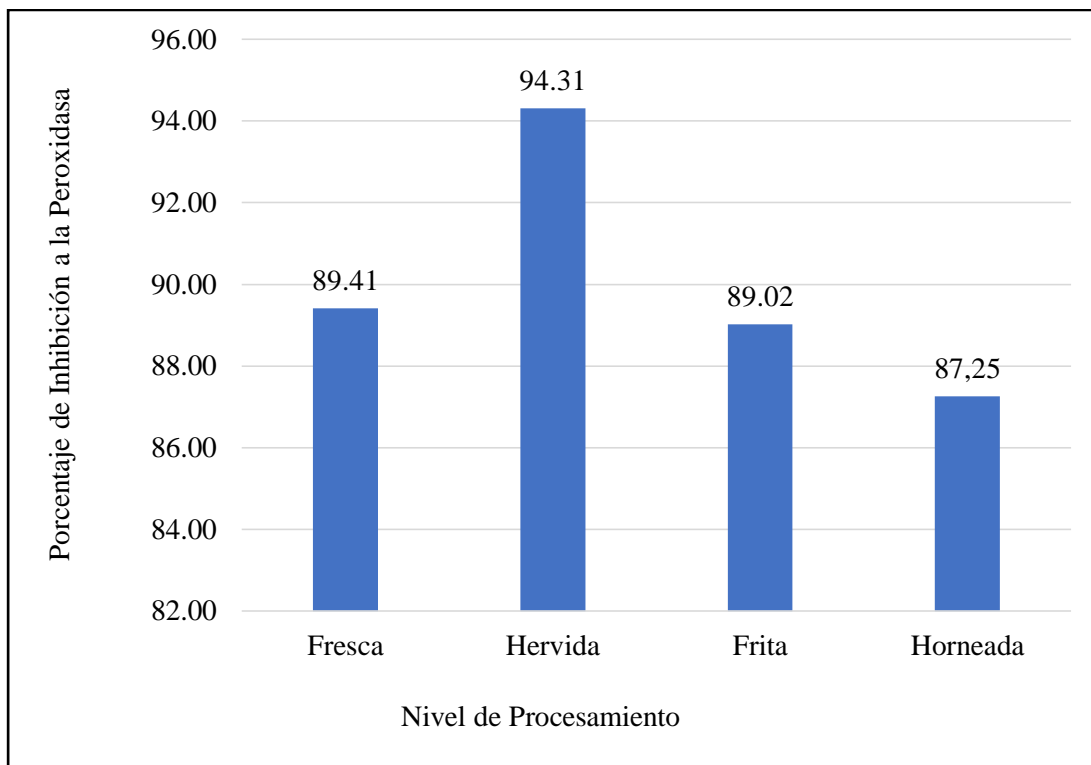


**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Grafica 11.** Porcentaje de Inhibición en la actividad antioxidante de la jícama

En la gráfica 11 se detalla el porcentaje de inhibición a la peroxidasa de la jícama en estado crudo y a los diferentes niveles de procesamiento (hervido, frito y horneado). La muestra que presentó mayor porcentaje de inhibición fue en la cocción por hervido de 91,18 %, en comparación con la muestra crudo la cual fue solo de 90,00% (Anexo 3).

No se reportan datos bibliográficos que relacionen la actividad antioxidante de la jícama a diferentes niveles de procesamiento. Pero estudios como el de Arnao et al. (2012) reporta que la hoja y raíz de jícama presentan actividad antioxidante.

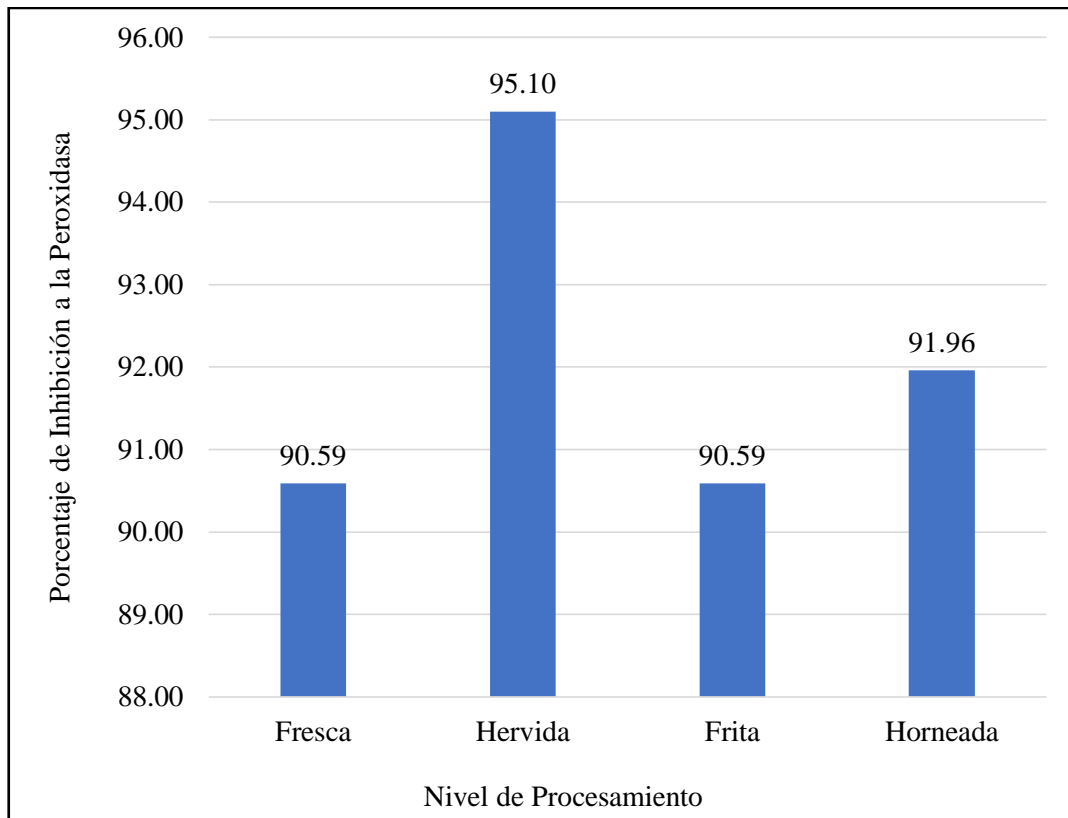


**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Grafica 12.** Porcentaje de Inhibición en la actividad antioxidante de la yuca

Las muestras hervidas de yuca presentaron mayor capacidad para inhibir a la peroxidasa con un valor de 94,31%, en comparación con las muestras crudas, fritas y hornadas de 91,76% 91,47% y 87,94 % respectivamente.

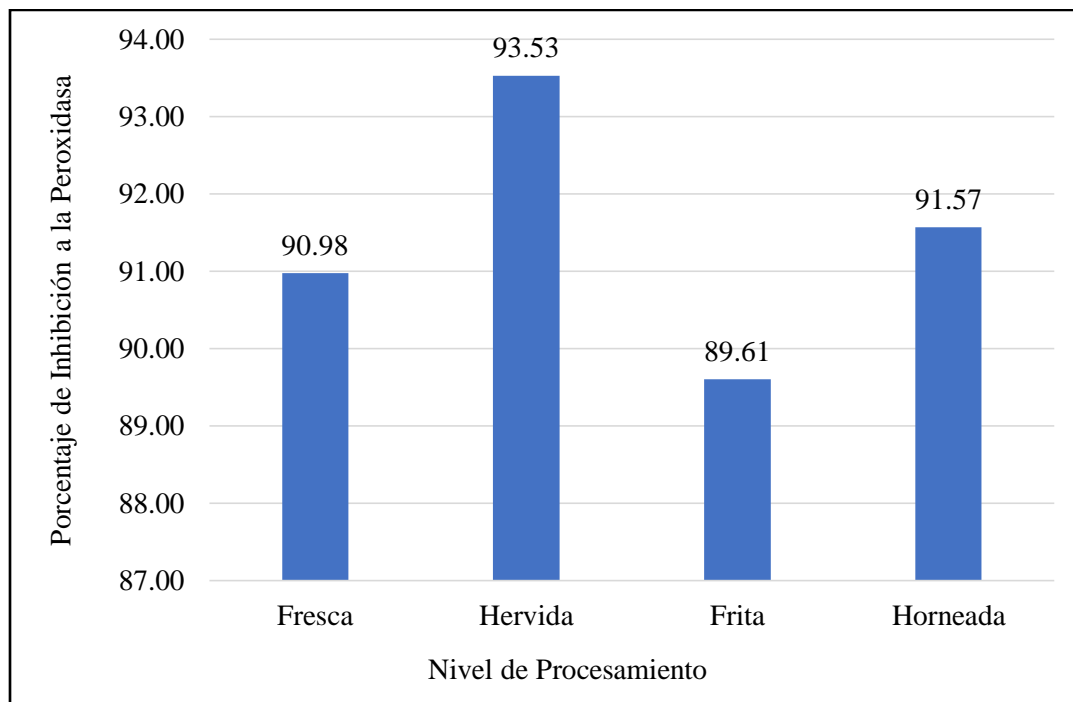
Silva et al, (2017) en su estudio: “Procesamiento de tres diferentes métodos de cocción de la yuca: Efectos in vitro bioaccesibilidad de compuestos fenólicos”, menciona que la actividad antioxidante de todas las muestras aumentó, pues durante el calentamiento pueden producirse reacciones de Maillard, responsables del oscurecimiento de los alimentos que se produce entre un grupo amino y su reducción para formar nuevas sustancias que se han asociado con una mayor actividad antioxidante.



**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Grafica 13.** Porcentaje de Inhibición en la actividad antioxidante de la papa china

En la gráfica 13 se detalla los porcentajes de inhibición a la peroxidasa de los cinco tubérculos en estudio a los diferentes niveles de procesamiento, donde se observa que la muestra hervida de papa china presentó el mayor porcentaje de inhibición a la peroxidasa de 95,10%, en comparación con las muestras crudas, y frita que presentó el valor más bajo de 90,59%.



**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Grafica 14.** Porcentaje de Inhibición en la actividad antioxidante de la remolacha

En la gráfica 14 se puede observar que la remolacha presentó el mejor porcentaje de inhibición a la peroxidación lipídica en la cocción por hervido de 93,53% en relación con la muestra crudas que fue de 90,98%, así mismo el porcentaje más bajo fue de la remolacha frita de 89,61%.

Ravichandran K. et al. (2012) en su estudio “El efecto de los diferentes métodos de procesamiento sobre el contenido de ácido fenólico y la actividad antioxidante de la remolacha roja” establece que la actividad antioxidante de la remolacha roja al aumentar la temperatura y el tiempo de tratamiento, se incrementó la actividad antioxidante.

**Cuadro 25.** Valores de actividad antioxidante a nivel de tratamientos

<b>Porcentaje de Inhibición a la peroxidasa</b>				
	<b>Nivel de Procesamiento</b>			
<b>Tubérculo</b>	<b>Fresco</b>	<b>Hervido</b>	<b>Frito</b>	<b>Horneado</b>
Papa	75,29	86,67	93,14	90,00
Jícama	90,00	91,18	90,78	87,06
Yuca	89,41	94,31	89,02	87,25
Papa China	90,59	95,10	90,59	91,96
Remolacha	90,98	93,53	89,61	91,57

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

Los resultados obtenidos en la capacidad antioxidante en base a la combinación de los tratamientos (A: Tipo de tubérculos y B: niveles de procesamiento) se demostró que cada tubérculo necesita someterse a un tratamiento térmico para que este aumente su capacidad de inhibición, ya que los valores fueron mejores.

Como se puede observar el tratamiento que presentó mayor capacidad antioxidante fue el T14 (yuca + hervida) de 95,10 %. Además, se puede establecer que los tratamientos con valores más bajos fue el T1 (Papa + cruda) de 75,29%.

**Cuadro 26.** Análisis de varianza (ADEVA) para la respuesta experimental de capacidad antioxidante de los cinco tubérculos en estudio (papa “Chola”, jícama “Tipo II”, yuca “Blanca”, papa china “Blanca” y remolacha “Cruenta”) a los diferentes niveles de procesamiento (cruda, hervido, frito y horneado)

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Efectos principales					
A: Factor A (Tipo de Tubérculo)	238,382	4	59,5955	89,41	0,0000
B: Factor B (Nivel procesamiento)	189,202	3	63,0672	94,61	0,0000
Interacciones					
AB	538,38	12	44,865	67,31	0,0000
Residuos	25,9962	39	0,66657		
Total (corregido)	993,431	59			

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

En el cuadro 25 se muestra el análisis de varianza para la actividad antioxidante de los cinco tubérculos en estudio, en donde el factor A (Tipo de Tubérculo) y el factor B (Nivel de Procesamiento), así como la interacción de ambos factores presentan diferencia estadística altamente significativa, lo que indica que la aplicación de estos factores con sus respectivos niveles presentan diferencia estadística significativa en los resultados obtenidos de actividad antioxidante.



**Cuadro 27.** Prueba de Tukey al 95% para los tratamientos de capacidad antioxidante en los cinco tubérculos en estudio.

Tratamiento	Código	Valor	Grupo Homogenio
T14	A <sub>4</sub> B <sub>2</sub>	95,10	A
T10	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	94,32	A B
T6	A <sub>5</sub> B <sub>2</sub>	93,53	A B C
T18	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	93,14	A B C D
T16	A <sub>4</sub> B <sub>4</sub>	91,96	B C D E
T3	A <sub>5</sub> B <sub>4</sub>	91,57	C D E F
T2	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	91,18	C D E F G
T17	A <sub>5</sub> B <sub>1</sub>	90,98	D E F G
T11	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	90,79	D E F G
T13	A <sub>4</sub> B <sub>1</sub>	90,59	E F G
T7	A <sub>4</sub> B <sub>3</sub>	90,59	E F G
T5	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	90,00	E F G
T20	A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	90,00	E F G
T4	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	89,41	E F G H
T8	A <sub>5</sub> B <sub>3</sub>	89,22	F G H
T12	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	89,02	G H
T9	A <sub>3</sub> B <sub>4</sub>	87,26	H I
T19	A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	87,06	H I
T15	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	86,67	I
T1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	75,30	J

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

En el cuadro 26 se observa la prueba de rangos ordenados de Tukey para capacidad antioxidante de los cinco tubérculos en estudio, el tratamiento que presentó un valor más alto fue T14 (Papa China + Hervido) con un valor de 95,10% y el más bajo se

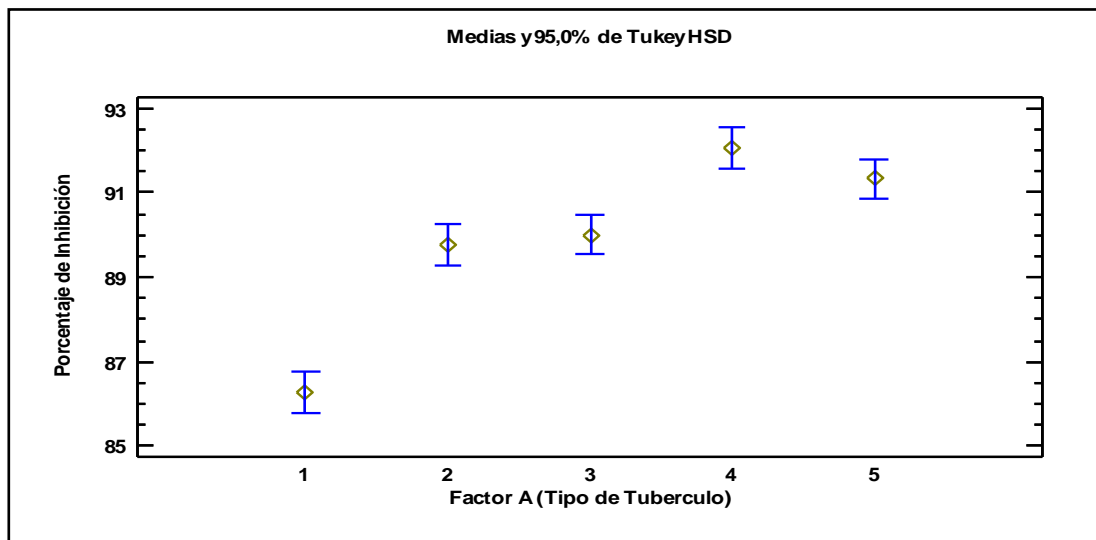
reporta en el T1 (Papa + cruda) de 75,30%, esto debido a que a que el tipo de cocción a la que se le somete a los tubérculos influyen directamente en la actividad antioxidante.

**Cuadro 28.** Prueba de Tukey al 95% para los promedios del factor A (Tipo de Tubérculo)

FACTOR A	MEDIAS	GRUPO HOMOGENIO
4	92,06	A
5	91,33	A
3	90,00	B
2	89,76	B
1	86,27	C

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

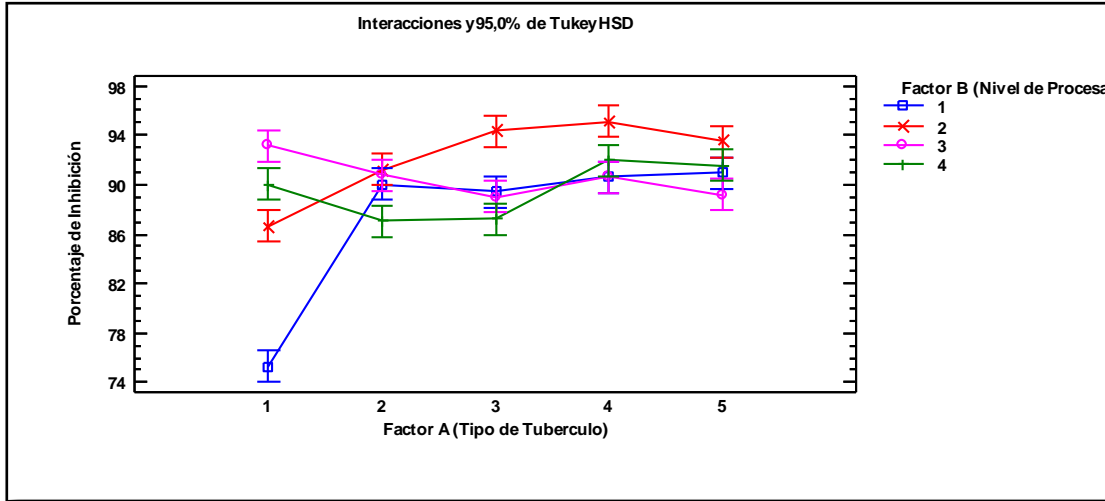
El cuadro 27 se detalla la comparación múltiple en el factor A significativa; se identifican tres grupos diferente, lo que demuestra que existe diferencia significativa. Además, se puede apreciar que el valor medio para la actividad antioxidante más alto, reporto el tubérculo A4 (92,06 %). Por el contrario, en el nivel A2 y A1 de 89,76% y 86,27% respectivamente presentan la actividad antioxidante más baja. Se presenta de manera gráfica a continuación:



**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Grafica 15.** Relación del factor A con relación a la capacidad antioxidante

En la gráfica 15 se puede observar 3 niveles de factor A son diferentes que cada uno, por lo tanto, se determinó que estos factores en este estudio tienen un efecto estadísticamente significativo en la actividad antioxidante con un nivel de confianza del 95,0%.



**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Grafica 16.** Interacción de la capacidad antioxidante del factor A

La interacción del factor A en la actividad antioxidante, se puede observar que las líneas de tendencia si presentan interacción.

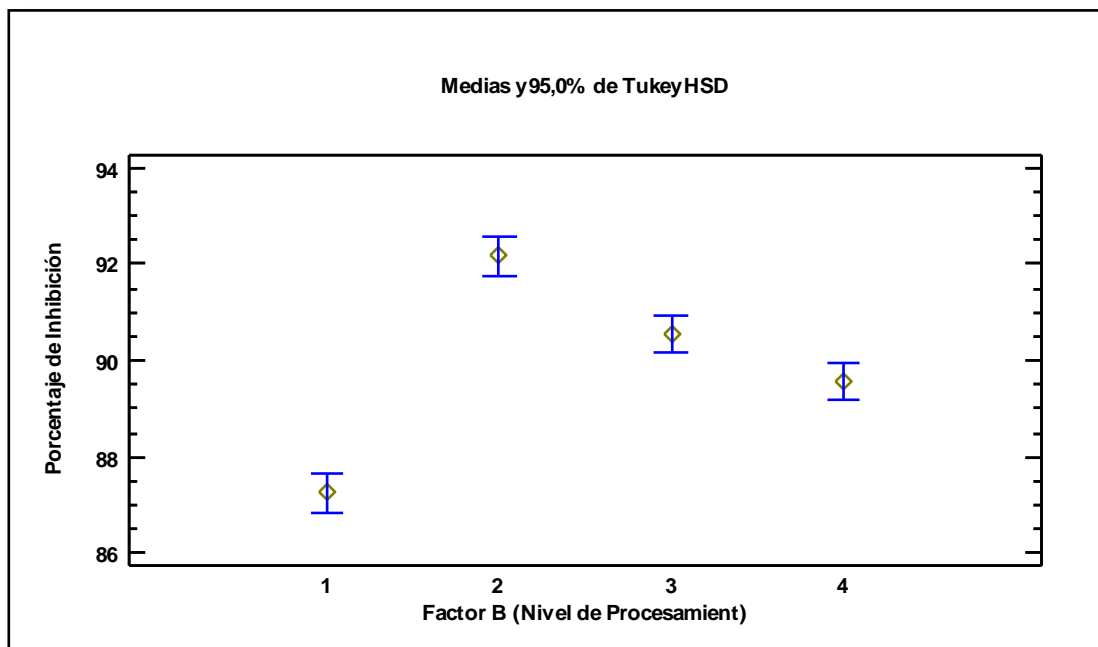
**Cuadro 29.** Prueba de Tukey al 95% para los promedios del factor B (Nivel de Procesamiento)

FACTOR B	MEDIAS	GRUPO HOMOGENIO
2	92,16	A
3	90,55	B
4	89,57	C
1	87,26	D

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

El cuadro 28 se detalla la comparación múltiple en el factor B significativa, en la misma se identificó que todos los grupos son diferentes, lo que demuestra que entre estos cuatro niveles existen diferencias estadísticas con un nivel del 95,0% de confianza. Además, se puede apreciar que el valor medio más alto en la actividad antioxidante, reporto el nivel B2 de 92,16%.

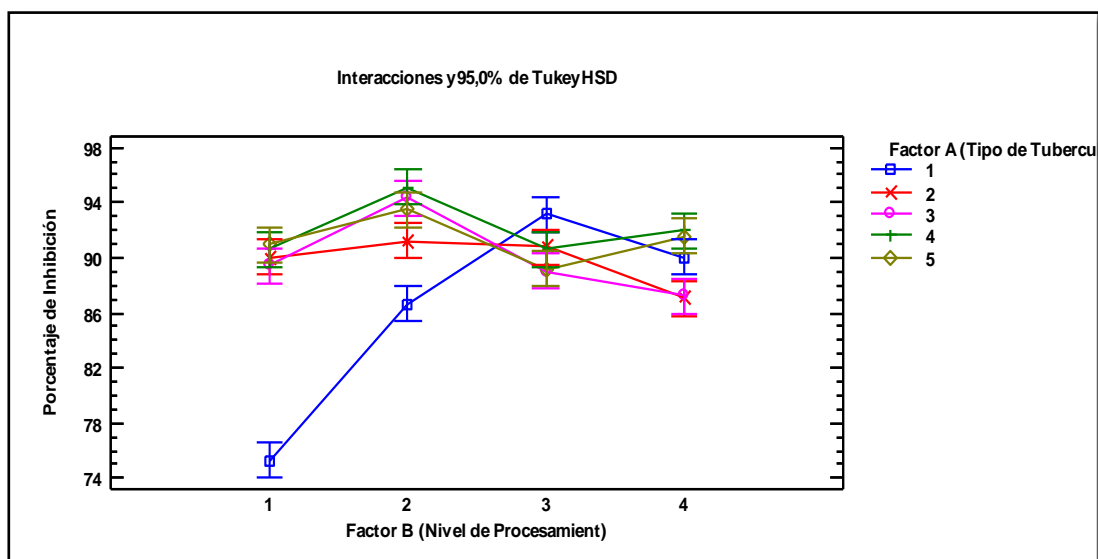
Por el contrario, en el nivel B1 de 87,26% manifiesta el porcentaje de inhibición a la peroxidasa más baja. Se presenta de manera gráfica a continuación:



**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Grafica 17.** Relación del factor B con relación a la capacidad antioxidante

En la gráfica 17 se observa que todos los niveles del factor B son diferentes, por lo tanto, se determinó que estos factores en este estudio tienen un efecto estadísticamente significativo sobre actividad antioxidante con un nivel de confianza del 95,0%.



**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Grafica 18.** Interacción de la capacidad antioxidante del factor B

La interacción del factor B en la actividad antioxidante, se puede observar que las líneas de tendencia si presentan interacción.

## CAPITULO VI

### VI. Comprobación de la hipótesis

#### 4. Hipótesis a Verificar

Las hipótesis de la investigación planteadas fueron

##### 4.1. Hipótesis Nula ( $H_0$ )

El nivel de procesamiento no influye en el contenido de polifenoles, y su capacidad antioxidante de los cinco tubérculos en estudio.

$$T1 = T2 = T3 \dots T20$$

##### 4.2. Hipótesis Alternativa ( $H_a$ )

El nivel de procesamiento influye en el contenido de polifenoles, y su capacidad antioxidante de los cinco tubérculos en estudio.

$$T1 \neq T2 \neq T3 \dots T20$$

##### 4.3. Verificación de la hipótesis para el contenido de polifenoles.

La verificación de la hipótesis se realizó mediante la comparación de los valores de F calculada en el cuadro de análisis de varianza ADEVA para el contenido de polifenoles, con los valores de F correspondientes a la tabla de Fisher al 5% de significancia, con la siguiente denominación: si F calculado es mayor que F de tablas se rechaza  $H_0$  (Hipótesis nula) y se acepta la  $H_a$  (Hipótesis alternativa).

**Cuadro 30.** Comparación de los valores de “F” calculando con el de “F” de tablas, para el contenido de polifenoles

Factores de estudio	F - Calculada	F – Tablas
A (Tipo de Tubérculo)	13495,85	2,606
B (Nivel de Procesamiento)	12236,07	2,839

Según los valores reportados en el cuadro 29, los valores de Fisher calculado tanto para el factor A y factor B son mayor que Fisher tabulado, por ende, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_i$ ).

El nivel de procesamiento si influyó en el contenido de polifenoles de los cinco tubérculos en estudio.

#### 4.4. Verificación de la hipótesis para la capacidad antioxidante.

La verificación de la hipótesis se realizó mediante la comparación de los valores de F calculada en el cuadro de análisis de varianza ADEVA para la capacidad antioxidante, con los valores de F correspondientes a la tabla de Fisher al 5% de significancia, con la siguiente denominación: si F calculado es mayor que F de tablas se rechaza  $H_0$  (Hipótesis nula) y se acepta la  $H_i$  (Hipótesis alternativa).

**Cuadro 31.** Comparación de los valores de “F” calculando con el valor de “F” de tablas, para la capacidad antioxidante

<b>Factores de estudio</b>	<b>F - Calculada</b>	<b>F – Tablas</b>
A (Tipo de Tubérculo)	89,41	2,606
B (Nivel de Procesamiento)	94,61	2,839

Según los valores reportados en el cuadro 30, los valores de Fisher calculado tanto para el factor A y factor B son mayor que Fisher tabulado, por ende, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ).

El nivel de procesamiento si influyó en la capacidad antioxidante de los cinco tubérculos en estudio.

## CAPITULO VII

### VII. Conclusiones y Recomendaciones

#### 7.1. Conclusiones

- Se realizó el análisis de humedad, ceniza, compuestos volátiles y carbono fijo a la papa, jícama, yuca, papa china y remolacha; los cuales fueron similares a los reportados en bibliografía.
- Se realizó un análisis elemental de %C, %H, %N y %S a cada tubérculo estudiado, resaltando que el valor de nitrógeno de la remolacha fue muy alto, debido a la presencia de grupos aminos característicos de este cultivo.
- La presencia de fenoles totales en los tubérculos se identificó mediante el método de Folin Ciocalteu, el cual en estado fresco presentaron mayor contenido de polifenoles, el valor más alto se encontró en la remolacha de 556,85 mg de GAE/100 g de muestra, seguido de la papa con 255,46 de continuidad la jícama con un valor 195, 53, la yuca de 142,75 y finalmente la papa china de 91,96 mg de GAE/100 g de muestra, concluyendo que los tubérculos en estudio a pesar de su naturaleza contienen valores considerables de polifenoles, mismo que fueron contrastados con bibliografía.
- Se evaluó el nivel de procesamiento (hervido, frito y horneadas), que más afecto a cada tubérculo, concluyendo que en la papa el valor más bajo fue en la cocción por fritura de 27.68(mg de GAE /100 g de muestra), mientras que en la jícama, yuca y remolacha fue en la cocción por hervido de 92.36 , 11.80 y 80.06 (mg de GAE /100 g de muestra) respectivamente y finalmente en la papa china fue en la cocción por horneado de 12,80 (mg de GAE /100 g de muestra).



- Se evaluó la actividad antioxidante utilizando el método TBARS, los tubérculos en estudio presentaron mayores porcentajes de actividad antioxidante en la cocción por hervido, siendo papa china y la yuca las más altas con un valor de 95,59% y 95,00%, seguido fue la papa y la jícama con valores de 91,57% y 91,18% respectivamente, y finalmente la remolacha presento el porcentaje más alto en la cocción por fritura de 91,57%.

## **7.2. Recomendaciones**

- Realizar esta investigación en otro tipo de alimentos nativos de la Provincia Bolívar como la oca, mashua, zanahoria blanca, zanahoria amarilla entre otros, por su vital importancia.
- Utilizar otros métodos en la determinación de la actividad antioxidante como DPPH, ABTS, FRAP, etc con la finalidad de enriquecer de mejor manera la investigación.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Alavesa, R. 2015. Estructura básica de los flavonoides, tipos y medición (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.vinetur.com/2015033126706/enologia-queson-los-flavonoides.html>.
- Albuja, A; Pilamunga, C; Escobar, S; Yucaille, S; Arguello-hernández, P. 2017. Desarrollo de una bebida hipocalórica de jícama ( *smallanthus sonchifolius* ), su aceptabilidad sensorial y calidad microbiológica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias 1(17):1-11.
- Alcívar, F. 2013. Propuesta de una guía culinaria basada en el uso de tubérculos producidos en el Ecuador. s.l., Universidad de Guayaquil. Ecuador. .
- Amaro, J. 2014. Influencia de la betarraga (*Beta vulgaris* var. *cruenta*) en el aumento de leucocitos, en ratones. Instituto Educativo el Bosque 75(1):9-12.
- Armijos, M. 2015. Efecto de recubrimientos comestibles formulados a base de alginato, carboximetilcelulosa y proteína de suero de leche en la vida útil de la remolacha (*Beta vulgaris* L.) mínimamente procesada. Universidad Tecnica Particular de Loja .
- Arnao, I; Suárez, S; Cisneros, R; Trabucco, J. 2012. Extractos acuosos de la raíz y las hojas de *smallanthus sonchifolius* ( *yacón* ) evaluation of antioxidant capacity of aqueous extracts of root and leaf. Facultad de Medicina - UNMSM. Perú 78(2).
- Ballesteros, H. 2013. Respuesta de tres variedades de papa (*solanum tubersum*) a la fertilización química y orgánica en san pedro de guayabal, Cantón Chillanes, Provincia de Bolívar. s.l., Universidad Estatal de Bolívar. .
- Barragan, M; Aro, J. 2017. Determinacion del efecto de procesos de coccion en papas nativas pigmentadas ( *Solanum tuberosum* spp . *andigena* ) sobre sus

- compuestos bioactivos. Rev. Investig. Altoandin 19:47-52.
- Bonfigli, M; Reinheimer, MA; Masciarelli, R; Scenna, N; Tosi, E. 2013. Aplicación de un método novedoso de optimización para la extracción por solvente de antioxidantes en remolachas. .
- Busso, I. 2016. Estabilidad De Polifenoles Y Caracterización Físico-Química Y Sensorial En Pulpas De Frutos Rojos En Relación a Los Procesos Tecnológicos Para La Obtención De Alimentos E Ingredientes Alimenticios. Universidad de Buenos Aires. Argentina. .
- Caicedo, Q; Rodríguez, B; Valle, R. 2014. Una reseña sobre el uso de tubérculos de papa china Colocasia esculenta conservados en forma de ensilaje para alimentar cerdos. Revista Electronica de Veterinaria 15(1):1-10.
- Campoverde, A; Cifuentes, M. 2013. Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la industrialización y comercialización de papa estilo francesa congelada y empacada al vacío lista para freír, ubicada en el norte de la ciudad de Quito. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito .
- Castro, L; Ortega, A; Lozada, J. 2015. Modificaciones enzimáticas de compuestos fenólicos. Universidad de las Américas Puebla. 5(14):5-14.
- Cofré, A. 2015. Determinación de Polifenoles Totales , Actividad Antioxidante y Antocianinas de Jugo de Murtilla ( Ugni molinae Turcz ) Obtenido por Condensación de Vapor. :1-37.
- Coronado, M; Vega y León, S; Gutiérrez, R; Vázquez, M; Radilla, C. 2015. Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana (en línea). Revista Chilena de nutrición 42(2):206-212. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>.
- Correa Fuentes, J; Pinzón Reyes, S. 2016. Effect of the state of maturation on the content of Polyphenols total in fruits of Solanum marginatum. Revista de la Facultad de Ciencias e Ingeniería (1):1-12.

- Cuenca, E. 2014. Evaluación de la eficiencia del biol mineralizado con harina de rocas en los cultivos de zanahoria y remolacha en el sector la Argelia. s.l., Universidad Nacional de Loja. 179 p.
- Diaz J. 2004. Descubre los frutos exóticos. NORMA - CAPITEL. .
- Domenech, F. 2017. Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata usando extracto de hojas de *Ambrosia arborescens* (marco) como reductor químico (en línea). s.l., Universidad Católica del Ecuador. Quito. . Disponible en [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13216/Tesis - Flavia Domenech.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13216/Tesis_Flavia_Domenech.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Elizalde, M; Pazmiño, J. 2015. Investigación y estudio de la yuca (*Manihot esculenta crantz*) y nuevas propuestas gastronómicas. s.l., Universidad de Guayaquil. .
- Espinoza, D; Flores, J. 2016. Niveles séricos de malondialdehído como marcador biológico del estrés oxidativo en estudiantes fumadores activos de la Carrera de Bioquímica y Farmacia de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca. (c):1-4. DOI: <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>.
- Fonseca, R. 2017. Flavonoides y actividad antioxidante en la especie *Ilex guayusa* (Loes.). s.l., Universidad Politécnica Salesiana. Sede Quito. .
- González, F; Hernández, N; Bárbara Cooper; Núñez, L; Monica, R. 2015. Empleo De Antioxidantes En El Tratamiento De Diversas Enfermedades Crónico - Degenerativas. *Revista Especializada en Ciencias de la Salud* 18(1):16-21.
- Guija, E; Inocente, M; Ponce, J; Zarzosa, E. 2015. Evaluación de la técnica 2, 2-Difenil-1-Picrilhidrazilo ( DPPH ) para determinar capacidad antioxidante. *Centro de Investigación de Bioquímica y Nutrición. Lima, Perú* 2(1):0-4.
- Guzmán-Chozas, M; Vicario, IM; Guillén-Sans, R. 1997. Spectrophotometric Profiles of Off-Flavor Aldehydes by Using Their Reactions with 2-Thiobarbituric Acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(7):2452-2457. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf960965v>.

- Hartwig, V. 2015. Obtención de extractos secos de yerba mate con alto contenido de polifenoles y alta capacidad antioxidante (en línea). Universidad de Buenos Aires :349. Disponible en [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_5817\\_Hartwig.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_5817_Hartwig.pdf).
- INIAP. 2014. Papa. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias .
- INIAP.2014. Yuca (en línea). Instituto Nacional de Investigación Agripecuaria . Disponible en <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mraiz/ryuca>.
- Jurado Teixeira, B; Aparcana Ataurima, I; Villarreal Inca, L; Ramos Llica, E; Calixto Cotos, M; Hurtado Manrique, P; Acosta Alfaro, K. 2016. Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) de diferentes lugares del Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 82(3).
- Marlon, B; Byron, T. 2009. «Evaluación de seis morfotipos (ecu-1247, ecu-1251, ecu-9109, ecu- 12767 del banco germoplasma del INIAP; Sanbuenaventura y Locoa) de Jícama (*smallanthus sonchifolius* poep. & endl) con tres fertilizaciones de fondo en San José Pichul – Cotopaxi». s.l., Universidad Técnica de Cotopaxi. .
- Martinez, I; Periago, M; Ros, G. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(1), 5-18. .
- Martínez, J. 2013. Efecto del procesamiento en el contenido de compuestos fenólicos y las propiedades antioxidantes de diferentes variedades de frijol (*phaseolus vulgaris* l.) Mexicano”. Universidad Autónoma del Estado de México .
- Mastrocola, N; Pino, G; Mera, X; Rojano, P; Haro, F; Rivadeneira, J; Monteros, C; Cuesta, X. 2016. Catálogo de variedades de papa, FAO-INIAP. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca y Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito :21.
- Mendieta, F. 2015. Manual práctico para el uso de Cocinas de Inducción. s.l.,

Universidad de Cuenca. 150 p.

Mikołajczyk, K; Błaszczak, A; Czyżniejewski, M; Kachlicki, P. 2015. Characterisation and identification of triterpene saponins in the roots of red beets (*Beta vulgaris* L.) using two HPLC-MS systems. National Library of Medicine . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.111>.

Ministerio de Cultura y Patrimonio. 2016. Papa. .

Molina, Y; Caez, G; Rodríguez, ML; Cerón, M del S; Garnica, AM. 2015. Contenido De Antioxidantes En Papas Criollas Nativas (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja) en Proceso de Precocción y Congelación. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y tecnología de alimentos 23(36):31-41.

Moncayo, Á. 2017. Utilización de raciones suplementarias a base de follaje de yuca (*manihot esculenta*) en la alimentación de vacas lecheras en la quinta experimental punzara de la unl. s.l., Universidad Nacional de Loja. 58 p.

Mosquera, A. 2017. Elaboración de harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz ). .

Muñoz, M. 2014. Composición y aportes nutricionales de la papa. Revista Agrícola :36-37.

Muñoz, Ó; Torres, G; Núñez, JA; Rodrigo, J; Ayala, F; Álvarez, E. 2017. Nuevo Acercamiento a La Interacción Del Reactivo De Folin-Ciocalteu Con Azúcares Durante La Cuantificación De Polifenoles Totales. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México 20(2):23-28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2017.04.003>.

Navarre, DA; Shakya, R; Holden, J. 2010. The Effect of Different Cooking Methods on Phenolics and Vitamin C in Developmentally Young Potato Tubers. :350-359. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-010-9141-8>.

Orozco, E. 2017. Elaboración de mortadela utilizando colorantes naturales de remolacha (*beta vulgaris*) y sangorache (*amaranthus quitensis* l.) como

reemplazo del colorante artificial. Universidad Nacional del Chimborazo .

Orrala, E. 2015. Efecto de la inoculación con bacterias nativas promotoras de crecimiento vegetal (bpcv) en el cultivo de remolacha (*beta vulgaris l.*), en la comuna prosperidad, Cantón Santa Elena. Universidad EStatal Península de Santa Elena .

Oxilia, R. 2010. Estrés Oxidativo y Sistema de Defensa Antioxidante Oxidative Stress and Antioxidant Defense System. Instituto de Medicina Tropical, Asunción. Paraguay. 5(2).

Pallo, E. 2009. Conservación y revalorización de papas nativas con pequeños productores de la provincia Bolívar , Ecuador. Revista latinoamerica de la papa 15:78-85.

Quiñones, M; Miguel, M; Aleixandre, A. 2012. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. Universidad Complutense. Madrid. España 27(1):76-89. DOI: <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.1.5418>.

Quiñonez, S. 2017. Caracterización y determinación del contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del fruto de sanke (*Corryocactus brevistylus*). Universidad Nacional de Huancavelica .

Ramirez, D. 2010. Caracterización física, química y nutricional de la papa chaucha (*solanum phureja*) cultivado en dos suelos edafoclimática del Ecuador, como base de estudio para la elaboración de una norma técnica (papa chaucha fresca requisitos 2010) por parte del INEN. s.l., Universidad Tecnológica Equinoccial. 43 p.

Ramos, M. s. f. Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en dos variedades de papas nativas (*solanum tuberosum*) pigmentadas con diferentes tipos de cocción (en línea). Universidad Nacional del Centro del Perú . Disponible en <http://www.uncp.edu.pe/?q=noticia%2Funcp-inauguran-sistema-de->



seguimiento-al-egresado.

- Raupp, S; Rodrigues, E; Rockenbach, I; Carbonar, A; Campos, P; Borsato, A; Fett, R. 2011. Effect of processing on antioxidant potential and total phenolics content in beet ( *Beta vulgaris* L .). 31(3).
- Rea, A. 2015. Efecto de la nixtamalización (Contenido de calcio) en escamas de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L) para la preparación de productos instantáneos. Universidad Estatal de Bolívar .
- Reyes, L; Miller, J; Cisneros, L. 2005. Antioxidant Capacity , Anthocyanins and Total Phenolics in Purple- and Red-Fleshed Potato ( *Solanum tuberosum* L .) Genotypes. Dept. Horticultural Sciences, Texas. México (December 2004):271-277.
- Rivera, M. 2012. Estudio de las características fisicoquímicas de la yuca (*manihot esculenta crantz*) y sus efectos en la calidad de hojuelas fritas para su procesamiento en la empresa PRONAL S.A. Universidad Tecnológica de Pereira .
- Rodríguez, RR. 2017. Diseño de un plan estratégico para mejorar la comercialización de papa china en el sector norte de la ciudad de Guayaquil. Universidad de Guayaquil :22-23.
- Rojano, B; Gaviria, C; Sáez, J. 2008. Determinación de la actividad antioxidante en un modelo de peroxidación lipídica de mantequilla inhibida por el isoespintanol. *Vitae, Revista De La Facultad De Química Farmacéutica* 15(2):212-218.
- Ruiz Torres, NA; Rincón Sánchez, F; Hernández López, VM; Figueroa Cárdenas, JDD; Loarca Piña, MGF. 2008. Determinación de compuestos fenólicos y su actividad antioxidante en granos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(3 SPEC. ISS.):29-34.
- Sancho, M. 2014. Effects of wine polyphenols on cancer prevention (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.researchgate.net/figure/Principales->

beneficios-que-presentan-los-polifenoles-para-la-salud-adaptado-de-  
KB\_fig1\_273954908.

Scientific, T. 2016. Espectrofotómetros micro-UV/Vis NanoDrop. NanoDrop One .

Silva, A; Rocha, J; Sousa, L; Ribeiro, L; Vieira, N; Machado, P. 2017. Processing of three different cooking methods of cassava: Effects on in vitro bioaccessibility of phenolic compounds and antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology* 76:253-258. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.023>.

Silvia, S; Trabucco, J; Sanabria, O. 2014. Potencial antioxidante de papas nativas polyphenols , micronutrients minerals and antioxidant potential of native potatoes. *Facultad de Medicina – UNMSM. Perú* 80(2):108-114.

Sinchi, E. 2015. Diagnóstico de la cadena agroindustrial de la papa para el procesamiento de hojuelas de colores en inalproces con productores del conpapa – Tungurahua proceden. s.l., Universidad Central del Ecuador. .

Solano, MJ. 2010. Plan de exportación de malanga organica a Estados Unidos. Universidad Internacional Sek :1-3.

Soto, M; Ruestra, J; Meregildo, R. 2014. Capacidad antioxidante In Vitro de cuatro variedades de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. «Papa» (Cruda y cocida con y sin cascara) frente al DPPH. *Revista Tzhaecoén. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.* 66(2):243-259.

Terranova, D. 2014. Comportamiento agronómico del cultivo de remolacha (*beta vulgaris* L.), variedad «tall top early wonder agf» sembrada en diferentes distanciamientos, en la zona de Babahoyo. Universidad Tecnica de Babahoyo .

Ugartondo, V. 2009. Caracterización de derivados polifenólicos obtenidos de fuentes naturales. Citotoxicidad y capacidad antioxidante frente a estrés oxidativo en modelos celulares. Universidad de Barcelona .

Urango, L; Montoya, G; Cuadros, M; Henao, D; Zapata, P; López, L; Castaño, E;

- Serna, Á; Vanegas, C; Loaiza, M; Gómez, B. 2015. Efecto de los compuestos bioactivos de algunos alimentos en la salud. *Perspectivas en Nutrición Humana* 11(1):124-4108.
- Usca, J. 2014. Evaluación del potencial nutritivo de mermelada elaborada a base de remolacha (*beta vulgaris*). Universidad Superior Politécnica de Chimborazo .
- Yepez, R. 2016. Caracterización físico - química del edulcorante sólido obtenido a partir de la jicama (*Pachyrhizus erosus*). s.l., Universidad Estatal de Bolívar. 16 p.
- Yépez, RD. 2016. Caracterización fisico-química del edulcorante sólido obtenido a partir de la jícama (*Pachyrhizus erosus*). Universidad Estatal de Bolívar .
- Yuarn, J; Ching-yin, T. 2007. Food Chemistry Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables , as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food Chemistry*. ScienceDirect 101:140-147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.014>.

# ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación



## Anexo 2. Fotografías de la Investigación



Papa Chola



Jícama Tipo II



Papa China



Yuca



Remolacha

### Fotografía 1. Materia Prima Frescas, Cocidas, Fritas y Horneadas

#### Cocidas

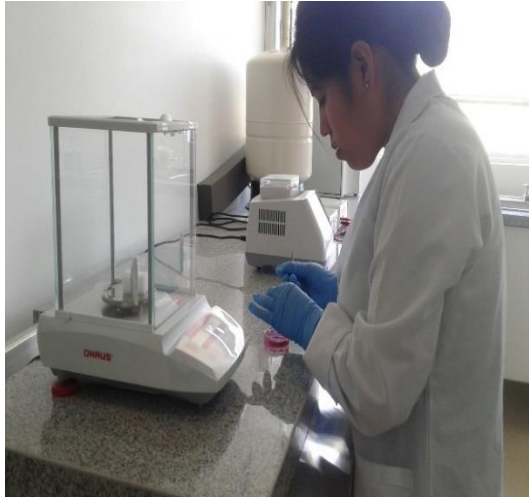


#### Fritas



#### Horneadas





**Fotografía 2.** Pesado



**Fotografía 3.** Análisis de Ceniza y Humedad



**Fotografía 4.** Análisis Elemental



**Fotografía 5.** Preparación de muestras para la Determinación de Polifenoles





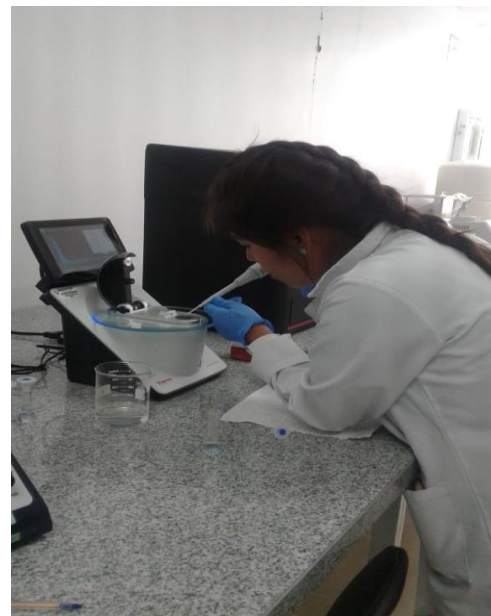
**Fotografía 6.** Filtración de las muestras



**Fotografía 7.** Centrifugado



**Fotografía 8.** Muestras preparadas



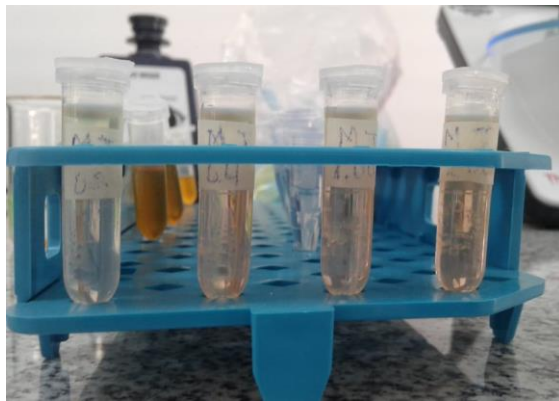
**Fotografía 9.** Polifenoles (Medición)



**Fotografía 10.** Preparación de reactivos para determinación de Capacidad Antioxidante



**Fotografía 11.** Pesado de las muestras



**Fotografía 12.** Muestras preparadas



**Fotografía 13.** Capacidad Antioxidante (Medición en el Espectrofotómetro)

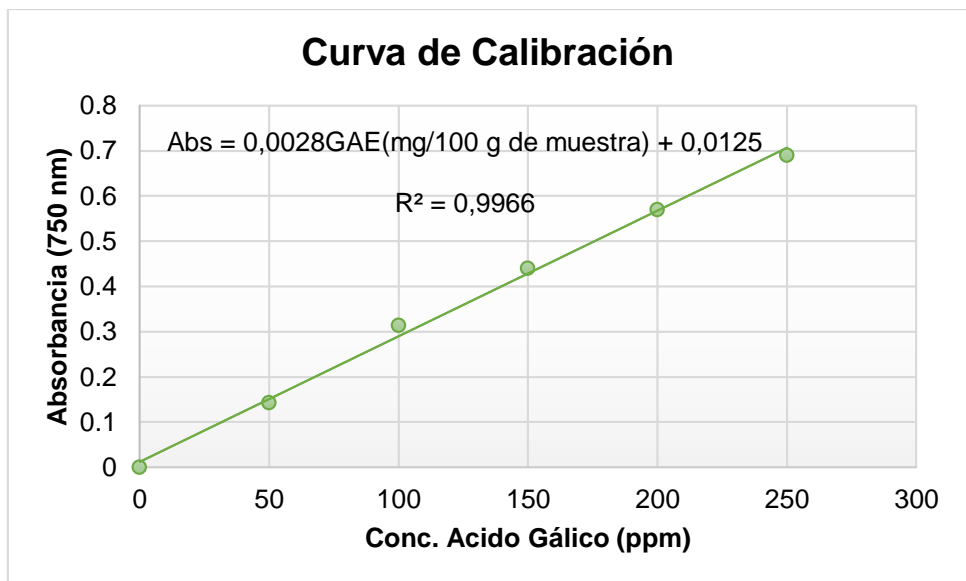


**Anexo 3.** Datos obtenidos en la determinación de la concentración de polifenoles en los tubérculos en estudio.

**Cuadro 1.** Absorbancias del estándar (ácido gálico)

Concentración (mg/L)	Absorbancias (750nm)			Promedio
	R1	R2	R3	
50	0,13	0,15	0,15	0,1433
100	0,31	0,3	0,33	0,3133
150	0,43	0,45	0,44	0,4400
200	0,56	0,57	0,58	0,5700
250	0,68	0,7	0,69	0,6900

**Fuente:** Trabajo experimental 2018



**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Grafica 1.** Curva estándar del ácido gálico para el cálculo de la concentración de polifenoles

**Cuadro 2.** Absorbancias obtenidas en las muestras experimentales para el cálculo de la concentración de polifenoles

<b>Absorbancias</b>				
<b>Muestras</b>	<b>(mg de ácido gálico/100 g)</b>			
<b>Papa</b>	<b>Fresca</b>	<b>Cocida</b>	<b>Frita</b>	<b>Horneada</b>
R1	0,72	0,21	0,08	0,45
R2	0,74	0,21	0,10	0,44
R3	0,72	0,20	0,09	0,44
<b>Jícama</b>				
R1	0,55	0,27	0,36	0,49
R2	0,58	0,28	0,37	0,51
R3	0,55	0,27	0,38	0,50
<b>Yuca</b>				
R1	0,42	0,05	0,07	0,09
R2	0,41	0,04	0,07	0,12
R3	0,41	0,05	0,06	0,10
<b>Papa China</b>				
R1	0,26	0,09	0,05	0,04
R2	0,28	0,09	0,06	0,05
R3	0,27	0,09	0,05	0,05
<b>Remolacha</b>				
R1	1,58	0,23	1,06	0,34
R2	1,56	0,24	1,06	0,34
R3	1,57	0,24	1,06	0,34

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Anexo 4.** Datos obtenidos en la determinación para la determinación de porcentaje de Inhibición de la peroxidación lipídica

**Cuadro 3.** Absorbancias de las muestras para la determinación de porcentaje de Inhibición de la peroxidación lipídica de cada una de las muestras.

<b>Absorbancias</b>				
<b>Muestras</b>	<b>200 ug/ml</b>			
<b>Papa</b>	<b>Fresca</b>	<b>Cocida</b>	<b>Frita</b>	<b>Horneada</b>
R1	0,16	0,21	0,13	0,18
R2	0,16	0,23	0,11	0,14
R3	0,16	0,24	0,11	0,19
<b>Jícama</b>				
R1	0,15	0,16	0,15	0,22
R2	0,15	0,15	0,15	0,22
R3	0,16	0,14	0,17	0,22
<b>Yuca</b>				
R1	0,39	0,11	0,17	0,15
R2	0,44	0,1	0,18	0,13
R3	0,43	0,12	0,17	0,15
<b>Papa China</b>				
R1	0,2	0,11	0,19	0,21
R2	0,15	0,1	0,19	0,23
R3	0,19	0,12	0,18	0,21
<b>Remolacha</b>				
R1	0,16	0,08	0,15	0,14
R2	0,16	0,09	0,17	0,13
R3	0,19	0,09	0,16	0,13

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

**Abs c** (Absorbancia control (aceite oxidado)) = 1,70

**Abs m** (Absorbancia muestra) =

$$\% \text{ Inhibición} = \frac{\text{Abs } c - \text{Abs } m}{\text{Abs } c} * 100$$

**Fórmula para calcular el porcentaje de Inhibición de la peroxidación lipídica**

**Cuadro 4.** Porcentaje de Inhibición de la peroxidación lipídica de cada una de las muestras

<b>Porcentaje de inhibición a la peroxidasa</b>				
	<b>Cruda</b>	<b>Hervida</b>	<b>Frita</b>	<b>Horneada</b>
<b>Replica</b>	<b>Papa</b>			
R1	77,06	87,65	92,35	89,41
R2	74,12	86,47	93,53	91,76
R3	74,71	85,88	93,53	88,82
<b>Replica</b>	<b>Jícama</b>			
R1	90,59	90,59	91,18	87,06
R2	90,59	91,18	91,18	87,06
R3	88,82	91,76	90,00	87,06
<b>Replica</b>	<b>Yuca</b>			
R1	88,24	94,71	88,82	87,65
R2	91,18	93,53	88,82	86,47
R3	88,82	94,71	89,41	87,65
<b>Replica</b>	<b>Papa china</b>			
R1	90,59	95,29	91,18	91,76
R2	90,59	94,71	90,00	92,35
R3	90,59	95,29	90,59	91,76
<b>Replica</b>	<b>Remolacha</b>			
R1	91,18	93,53	90,00	91,18
R2	91,18	94,12	89,41	92,35
R3	90,59	92,94	89,41	91,18

**Fuente:** Trabajo experimental 2018

## Anexo 5. Resultados del Laboratorio de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar

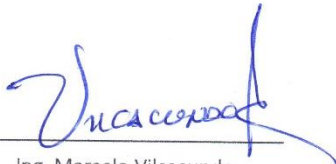


PROVINCIA BOLÍVAR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR  
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN  
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA  
CANTÓN GUARANDA LAGUACOTO 2



TELF: 2206010 EXT 1183

Descripción de la muestra	Muestras fresco, cocido, frito, Horneado					
Tipo	Tubérculos					
Nombre	Papa, Jícama, Yuca, Papa China, Remolacha					
Lugar	Guaranda					
Fecha recepción de muestra	12/03/2018					
Fecha de ejecución de ensayos	25/06/2018					
RESULTADOS DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICO						
Muestras Frescas						
Ensayo	Método	Papa	Yuca	Papa China	Remolacha	Jícama
Proteína%	UNE-EN15104	5,125	1,27	2,27	11,27	3,90
Cenizas %	AOAC 920.181.Ed 19. 2012	1,13	1,77	1,42	1,27	1,83
Humedad%	INEN 265.	70,81	61,46	68,31	84,91	82,94
Muestras Cocidas						
Ensayo	Método	Papa	Yuca	Papa China	Remolacha	Jícama
Proteína%	UNE-EN15104	5,125	1,58	3,85	7,84	2,135
Cenizas %	AOAC 920.181.Ed 19. 2012	1,04	0,39	0,77	0,55	0,74
Humedad%	INEN 265.	79,39	66,27	68,31	91,89	93,24
Muestras Horneadas						
Ensayo	Método	Papa	Yuca	Papa China	Remolacha	Jícama
Proteína%	UNE-EN15104	4,55	5,39	3,99	6,38	2,075
Cenizas %	AOAC 920.181.Ed 19. 2012	1,16	0,93	1,10	1,15	0,79
Humedad%	INEN 265.	48,07	36,59	33,12	55,17	55,43
Muestras Fritas						
Ensayo	Método	Papa	Yuca	Papa China	Remolacha	Jícama
Proteína%	UNE-EN15104	11,15	2,77	3,21	6,065	1,875
Cenizas %	AOAC 920.181.Ed 19. 2012	1,29	1,56	1,28	1,05	1,29
Humedad%	INEN 265.	48,15	15,22	25,59	42,34	i
Condiciones ambientales: T°: 22,71°C HR: 37.4						
 Ing. Marcelo Vilcacundo Director del Departamento de investigación						



PROVINCIA BOLÍVAR

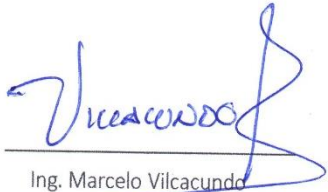
UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR  
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN  
LABORATORIO DE BIOMASA

CANTÓN GUARANDA

LAGUACOTO 2



TELF: 2206010 EXT 1183

Descripción de la muestra	Muestras fresco, cocido, frito, Horneado					
Tipo	Tubérculos					
Nombre	Papa, Jícama, Yuca, Papa China, Remolacha					
Lugar	Guaranda					
Fecha recepción de muestra	12/03/2018					
Fecha de ejecución de ensayos	12/03/2018					
<b>RESULTADOS ELEMENTALES</b>						
<b>Muestras Frescas</b>						
Ensayo	Método	Papa	Yuca	Papa China	Remolacha	Jícama
C%	UNE-EN15104	39,26	39,18	38,50	34,97	37,77
H%		4,69	4,77	4,74	4,16	4,86
N%		1,64	0,20	0,36	3,61	0,62
S%		0,01	0,00	0,00	0,06	0,00
<b>Muestras Cocidas</b>						
Ensayo	Método	Papa	Yuca	Papa China	Remolacha	Jícama
C%	UNE-EN15104	40,02	39,26	39,22	36,58	39,13
H%		7,11	4,78	4,71	4,37	4,78
N%		0,26	3,59	1,23	2,51	3,59
S%		0,00	0,06	0,00	0,82	0,006
<b>Muestras Horneadas</b>						
Ensayo	Método	Papa	Yuca	Papa China	Remolacha	Jícama
C%	UNE-EN15104	37,55	39,20	36,58	46,23	40,02
H%		4,56	4,76	4,37	5,26	7,11
N%		1,46	1,73	1,28	2,04	0,66
S%		1,39	2,09	2,51	1,54	0,26
<b>Muestras Fritas</b>						
Ensayo	Método	Papa	Yuca	Papa China	Remolacha	Jícama
C%	UNE-EN15104	45,21	46,15	46,79	39,47	47,33
H%		5,31	4,79	4,16	5,56	5,67
N%		3,57	0,44	1,03	1,94	0,60
S%		0,07	0,40	3,61	1,77	1,64
Condiciones ambientales:						
T°: 22.71°C						
HR: 37.4						
 Ing. Marcelo Vilcacundo Director del Departamento de investigación						



PROVINCIA BOLÍVAR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR  
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN  
LABORATORIO DE BIOLOGIA MOLECULAR  
CANTÓN GUARANDA LAGUACOTO 2



TELF: 2206010 EXT 1183

Descripción de la muestra	Estado fresco, cocido, frito, Horneado
Tipo	Tubérculos
Nombre	Papa, Jícama, Yuca, Papa China, Remolacha
Lugar	Guaranda
Fecha recepción de muestra	18 /04/2018
Fecha de ejecución de ensayos	06 /06/2018

RESULTADOS DE POLIFENOLES

Muestras Frescas

Ensayo	Método	Papa	Yuca	Papa China	Remolacha	Jícama
Polifenoles totales. mg/100gramos muestra	FOLIN-CIOCALTEU	255,456	142,758	91,964	556,845	195,536

Muestras Cocidas

Ensayo	Método	Papa	Yuca	Papa China	Remolacha	Jícama
Polifenoles totales. mg/100gramos muestra	FOLIN-CIOCALTEU	69,742	11,806	27,282	80,060	92,361

Muestras Horneadas

Ensayo	Método	Papa	Yuca	Papa China	Remolacha	Jícama
Polifenoles totales. mg/100gramos muestra	FOLIN-CIOCALTEU	153,671	32,837	12,798	116,964	174,107

Muestras Fritas

Ensayo	Método	Papa	Yuca	Papa China	Remolacha	Jícama
Polifenoles totales. mg/100gramos muestra	FOLIN-CIOCALTEU	27,679	18,948	14,881	374,107	128,075

Condiciones ambientales:

T°: 22.71°C

HR: 37.4

Ing. Marcelo Vilcacundo,  
Director del Departamento de investigación



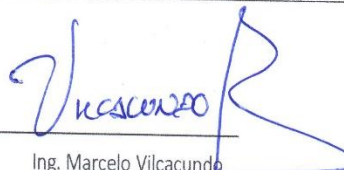


PROVINCIA BOLÍVAR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR  
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN  
LABORATORIO DE BIOLOGIA MOLECULAR  
CANTÓN GUARANDA LAGUACOTO 2



TELF: 2206010 EXT 1183

Descripción de la muestra	Muestras fresco, cocido, frito, Horneado					
Tipo	Tubérculos					
Nombre	Papa, Jícama, Yuca, Papa China, Remolacha					
Lugar	Guaranda					
Fecha recepción de muestra	01/08/2018					
Fecha de ejecución de ensayos	15 /08/2018					
RESULTADOS DE ANTIOXIDANTES						
Ensayo	Método	Nivel de procesamiento	Concentración (µg/mL)			
			100	200	500	1000
Papa						
Antioxidantes (%)	Peroxidación lipídica TBARS	Fresca	91,37	75,29	75,29	73,73
		Hervida	91,18	86,18	91,18	91,57
		Frita	82,35	92,94	91,18	91,96
		Horneada	90,00	90,00	88,43	90,78
Jícama						
Antioxidantes (%)	Peroxidación lipídica TBARS	Fresca	91,18	90,00	89,41	90,78
		Hervida	83,53	90,78	89,80	89,41
		Frita	83,53	90,78	89,80	87,94
		Horneada	90,00	87,06	88,43	88,63
Yuca						
Antioxidantes (%)	Peroxidación lipídica TBARS	Fresca	82,35	89,41	88,04	91,76
		Hervida	93,92	94,71	93,33	95,00
		Frita	89,61	89,02	90,98	91,47
		Horneada	87,06	87,25	87,65	87,94
Papa China						
Antioxidantes (%)	Peroxidación lipídica TBARS	Fresca	90,00	90,59	90,39	88,43
		Hervida	95,59	95,00	95,00	88,43
		Frita	85,88	90,00	85,88	89,41
		Horneada	90,88	89,71	86,67	86,67
Remolacha						
Antioxidantes (%)	Peroxidación lipídica TBARS	Fresca	90,59	91,18	91,76	91,88
		Hervida	89,41	90,00	90,59	90,39
		Frita	90,59	89,71	86,67	86,67
		Horneada	90,00	89,41	88,63	89,71
Condiciones ambientales:						
T°: 22.71°C						
HR: 37.4						
 Ing. Marcelo Vilcacundo Director del Departamento de investigación						



## GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Absorbancia:** Se trata de la medida que refleja cómo se atenúa la radiación cuando atraviesa un elemento. La absorbancia puede expresarse mediante un logaritmo que surge a partir del vínculo entre la intensidad que sale y la intensidad que ingresa a la sustancia.
- **Tratamiento:** Es una combinación de niveles del o los factores aplicados a las unidades experimentales, para poder observar el efecto que estos producen o no sobre la respuesta experimental.
- **Antioxidante:** Molécula capaz de prevenir o retardar la oxidación (pérdida de uno o más electrones) de otras moléculas, generalmente sustratos biológicos como lípidos, proteínas o ácidos nucleicos.
- **Polifenol:** Son compuestos bio-sintetizados por las plantas (sus frutos, hojas, tallos, raíces, semillas u otras partes). La principal característica estructural de los polifenoles es poseer uno o más grupos hidroxilo (-OH) unidos a uno o más anillos bencénicos.
- **Compuestos polifenólicos:** Los compuestos fenólicos o polifenoles, son las sustancias que poseen un anillo aromático, unidos a uno o más grupos hidroxilo, incluyendo derivados funcionales.
- **Fenol:** En su forma pura es un sólido cristalino de color blanco-incoloro a temperatura ambiente. Su fórmula química es  $C_6H_6O$ , y tiene un punto de fusión de 43 °C y un punto de ebullición de 182 °C.