



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA**

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS  
ACUOSOS DE CURCUMA (*Longa linn*), APLICADOS EN LA ELABORACIÓN DE  
SALSA DE TOMATE, MACHALA 2014.**

**AUTORA:**

**DIANA CRISTINA CORREA LOARTE**

**TUTOR:**

**ING. JOSÉ HUMBERTO AYALA ARMIJOS Mg. Sc.**

**MACHALA – ECUADOR**

**2015**

## **CERTIFICACIÓN**

El presente Trabajo de Titulación **“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS ACUOSOS DE CURCUMA (*Longa linn*), APLICADOS EN LA ELABORACIÓN DE SALSA DE TOMATE, MACHALA 2014”** realizado por la autora Srta. Diana Cristina Correa Loarte, egresada de la carrera de Ingeniería en Alimentos, ha sido prolijamente dirigido y revisado, por lo tanto autorizo su presentación previo a la obtención del título de Ingeniería en Alimentos.

Ing. José Humberto Ayala Armijos Mg. Sc.

**TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORÍA**

Yo, Diana Cristina Correa Loarte, con cédula de identidad 070505900-4, egresada de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, de la Universidad Técnica de Machala responsable del presente trabajo de titulación titulado: **“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS ACUOSOS DE CURCUMA (*Longa linn*), APLICADOS EN LA ELABORACIÓN DE SALSA DE TOMATE, MACHALA 2014”**. Certifico que la responsabilidad de la investigación, resultados y conclusiones del presente trabajo pertenecen exclusivamente a mi autoría; una vez que ha sido aprobada por mi tribunal de sustentación autorizando su presentación. Deslindo a la Universidad Técnica Machala de cualquier delito o plagio y cedo mis derechos de autora a la Universidad Técnica de Machala para que ella proceda a darle el uso que crea conveniente.

Diana Cristina Correa Loarte

C.I. 070505900-4

Autora

## **RESPONSABILIDAD**

Yo, Diana Cristina Correa Loarte, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

---

Diana Cristina Correa Loarte.

Autora

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de titulación a mis hijos Sofía Valentina de cinco años, Matías Kaleth a un mes de cumplir cuatro años y Kristhel Dalesca de un año y cinco meses de edad por ser mi fuerza, mi lucha incasable por ser el ejemplo para ellos porque todo sacrificio vale la pena por ellos.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer:

A Dios por darme las fuerzas para no desmayar cada tropiezo que me ha tocado vivir siendo él mi guía y apoyo incondicional aún más para este gran paso hacia el éxito profesional. Gracias por estar presente en mi vida porque siempre he sentido tu presencia bien cerca de mí y me has enseñado encarar las adversidades. A ti padre amado te entrego todo lo que tengo porque solo en ti todos mis sueños son posibles.

A mi madre Enma Loarte porque solo una madre comprende, protege, alegra a sus hijos, por ello y mucho más todo el amor y gratitud del mundo.

A mi familia quienes con un granito de arena me apoyaron para que pueda cumplir mi objetivo.

Al Ing. Humberto Ayala por ser tutor de mi trabajo de titulación quien me tuvo paciencia y siempre conduciéndome a la realización de mi trabajo.

A las personas de Laboratorio: Tlgo. Luis Carpio por su apoyo constante, consejos y orientación en la correcta utilización de las técnicas. Al Dr. Hugo Romero quien cedió espacio para la realización de mis análisis. Al Ing. Ricardo León, Dr. Segundo García, Dra. Liliana Jaramillo quienes me colaboraron con material de laboratorio.

Al igual que mi amigo y compañero de aula Christopher Chimarro quién me colaboró con material para mis experimentos.

Gracias.

# INDICE

CERTIFICACIÓN.....	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORÍA.....	III
RESPONSABILIDAD.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
INDICE.....	VII
RESUMEN.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
PROBLEMA.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
VIABILIDAD.....	3
OBJETIVOS.....	3
HIPÓTESIS.....	4
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	4
VARIABLES.....	4
1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. CÚRCUMA ( <i>Longa linn</i> ).....	5
1.1.1 Propiedades.....	7
1.1.2 Componentes Químicos Aislados.....	8
1.1.3 Taxonomía.....	8
1.1.4 Suelo y clima.....	9
1.1.5 Cultivo.....	9
1.1.6 Siembra.....	10
1.1.7 Cosecha.....	10
1.1.8 Poscosecha.....	10
1.1.8.1 Limpieza y estabilización.....	10
1.1.8.2 Desecado.....	11
1.1.8.3 Molienda.....	11
1.2 SEGURIDAD DE LOS CURCUMINOIDES.....	11

1.3	PARTES DE LA CÚRCUMA UTILIZADAS EN EL MERCADO Y LA INDUSTRIA.....	11
1.3.1	Usos Gastronómicos .....	12
1.3.2	Usos medicinales .....	13
1.3.3	Usos en cosmética.....	15
1.3.4	Rituales espirituales .....	16
1.3.5	Industria alimentaria .....	16
1.4	ORIGEN DE LA CÚRCUMA, DATOS CULTURALES, E HISTÓRICOS. ....	17
1.5	VARIEDADES DE CÚRCUMA.....	18
1.6	COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y COMPUESTOS CARACTERÍSTICOS DE LA CÚRCUMA.....	19
1.6.1	Composición nutricional.....	19
1.6.2	Composición característica .....	21
1.6.3	Estructura .....	22
1.6.4	Sustancia Antioxidante .....	25
1.6.5	Función .....	25
1.6.6	Compuestos Fenólicos .....	25
1.6.7	Tamizaje fitoquímico.....	26
2	METODOLOGÍA.....	27
2.1	LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	27
2.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	27
2.2.1	Descriptiva.....	27
2.2.2	Experimental.....	28
2.3	CRITERIOS DE INCLUSIÓN .....	28
2.4	CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO.....	28
2.4.1	Universo y Muestra.....	28
2.5	MÉTODOS .....	28
2.5.1	Espectrofotométricos .....	28
2.5.2	Absorbancia .....	29
2.5.3	Transmitancia.....	30
2.5.4	Potenciómetro pH .....	31



2.5.4.1	Estandarización .....	31
2.5.4.2	Procedimiento .....	31
2.5.4.3	Cálculos:.....	32
2.5.5	Sólidos totales .....	32
2.5.5.1	Requisitos de las muestras: .....	32
2.5.5.2	Cálculo de los resultados:.....	33
2.5.6	Humedad .....	34
2.5.6.1	Procedimiento .....	34
2.5.6.2	Cálculos.....	34
2.5.7	Cenizas.....	34
2.5.7.1	Procedimiento .....	35
2.5.7.2	Cálculos.....	35
2.5.8	Determinación de la Capacidad Antioxidante .....	35
2.5.8.1	Método de DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil).....	35
2.5.8.2	Método del Potenciómetro para Polifenoles Totales .....	36
2.6.	Diseño del Experimento.....	36
2.6	Elaboración de la Salsa de tomate más la adición de Cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ). .....	37
2.6.1	Recepción de Materia Prima.....	38
2.6.2	Pesar.....	38
2.6.3	Lavar y Seleccionar .....	38
2.6.4	Licuar y Tamizar.....	38
2.6.5	Pesar.....	38
2.6.6	Concentración .....	38
2.6.7	Adicionar Condimentos .....	38
2.6.8	Concentrar.....	39
2.6.9	Envasar.....	39
2.6.10	Adición de Cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ).....	39
2.7	Determinación de la concentración de Cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ) en la salsa de tomate. 39	
2.8	Determinación de la capacidad antioxidante de los extractos de cúrcuma aplicados en salsa de tomate. ....	40

2.8.1	Preparación de reactivos a utilizar .....	40
2.8.2	Curva de calibración .....	40
2.8.3	Preparación de los extractos hidro-etanolica (50:50) para los análisis .....	42
2.8.4	Preparación del blanco.....	42
2.8.5	Preparación del blanco de la muestra .....	42
2.8.6	Preparación del patrón de referencia .....	43
2.8.7	Medición de la capacidad antioxidante en la muestra de estudio.....	43
2.9	RECURSOS A EMPLEADOS .....	43
2.9.1	HUMANOS: .....	43
2.9.2	FÍSICOS.....	43
2.9.2.1	REACTIVOS .....	43
2.9.2.2	EQUIPOS.....	43
3	RESULTADOS .....	45
3.1	CUANTIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CÚRCUMA ( <i>Longa linn</i> ). .....	45
3.1.1	Caracterización del rizoma en polvo Cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ) determinando polifenoles totales .....	46
3.1.2	Cuantificación de la Capacidad Antioxidante mediante el método de captación de radicales DPPH.....	47
3.1.3	Obtención de los parámetros físicos químicos del rizoma en polvo de Cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ). .....	48
3.2	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN OPTIMA DE EXTRACTO ACUOSO DE CÚRCUMA ( <i>Longa linn</i> ) QUE SE ADICIONA A LA SALSA DE TOMATE.....	49
3.2.1	Concentraciones de Ac. Ascórbico en las muestras con el reactivo DPPH Cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ) en salsa de tomate. ....	50
3.3	CUANTIFICACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ANTIOXIDANTES PRESENTAS EN LA SALSA DE TOMATE.....	51
3.3.1	Cuantificación de la Capacidad Antioxidante de los extractos etanólicos de Cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ) en la salsa de tomate.....	51
3.3.2	Concentraciones Inhibitoria Media para la capacidad antioxidante de Cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ) en la salsa de tomate.....	52
3.3.3	Concentraciones de la actividad de captación de radicales DPPH de Cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ) en la salsa de tomate. ....	53

3.3.4	Medición de color por el método ASTA en la muestra de Cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ) en la salsa de tomate.....	54
3.3.5	Análisis ANOVA para el método del color ASTA por Tratamientos de Cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ) en salsa de tomate. ....	55
4	CONCLUSIONES .....	57
5	RECOMENDACIONES.....	58
6	BIBLIOGRAFÍA .....	59
7	ANEXOS .....	65
	Anexo 1. Preparación del radical DPPH.....	65
	Anexo 2. Disoluciones de la solución madre DPPH .....	65
	Anexo 3. Tiempo que absorbe el radical DPPH en la solución metanólica .....	65
	Anexo 4. Medición de la solución metanólica.....	66
	Anexo 5. Agitación de la muestra en solución metanólica.....	66
	Anexo 6. Elaboración de Salsa de tomate en el Rotavapor .....	66
	Anexo 7. Resultados de los polifenoles totales del polvo de cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ).....	67
	CÁLCULOS .....	68
	Contenido de humedad de la muestra Cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ) .....	68
	Contenido de ceniza de la muestra Cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ).....	68
	Calculo de la elaboración de salsa de tomate .....	69
	Formulación.....	69
	Datos para la Curva de Calibración del reactivo DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) .....	70
	Concentración del reactivo DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) .....	71
	Capacidad antioxidante de cúrcuma ( <i>longa linn</i> ) .....	72
	Porcentaje de la capacidad antioxidante en la salsa de tomate y cúrcuma ( <i>longa linn</i> ) .....	72
	Concentración de ácido ascórbico en la muestra Cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ) en salsa de tomate.....	73
	Concentración Inhibitoria Media IC50 .....	74
	Medición de color ASTA en la muestra analito. ....	75

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es determinar la capacidad antioxidante del rizoma *Cúrcuma (Longa linn)*, recurso diferente para obtener antioxidantes. *Cúrcuma (Longa linn)* presentó un contenido de humedad 9,25% de ceniza 10,41% de sólidos totales 90,75% pH 7,10 resultando un porcentaje para el color de 234,19%. Se evaluó la capacidad antioxidante in vitro del rizoma en polvo y de los extractos de metanol *Cúrcuma (Longa linn)* en una salsa de tomate resultando un porcentaje de actividad de captación de radicales DPPH del 88,44% aunque existen muchos métodos para medir la capacidad antioxidante de una especie o sustancia, se determinó la capacidad antioxidante con el método más utilizado y se basa en la estabilidad del radical 1,1- difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) el cual se atribuye a la deslocalización del electrón desapareado, esta deslocalización también le otorga una coloración violeta caracterizada por una banda de absorción, en solución etanólica, centrada alrededor de 520 nm medidos en un espectrofotómetro. Se ha indicado una concentración del 0,39 mg/L Ac. Asc. y la diferencia con la muestra analito patrón *Cúrcuma (Longa linn)* fue del 0,11 mg/L Ac. Asc., de acuerdo al peso neto de la muestra 267,72 gramos que corresponden a muestras para los análisis de 0 g para el testigo, para el segundo ensayo 0,1 g, para el tercer ensayo 0,2 g para el cuarto ensayo 0,3 g y para el quinto ensayo 0,4 g en todos. Se analizó el parámetro IC50, que es la concentración necesaria para obtener un 50% de efecto, es generalmente usado para la interpretación de este método dando como resultado una concentración inhibitoria media del 31,45 mg/L.

**Palabras claves:** *Cúrcuma*, Antioxidantes, Radicales libres, DPPH, Color.

## ABSTRACT

The target of the present investigation is to determine the antirust capacity of the rhizome Turmeric (*Longa linn*), different resource to obtain antirust. Turmeric (*Longa linn*) presented a moisture content 9,25 % of ash 10,41 % of solid entire 90,75 % pH 7,10 turning out to be a percentage for the color of 234,19 %. I evaluate the antirust capacity in vitro of the rhizome in dust and of the methanol extracts Turmeric (*Longa linn*) in a tomato sauce turning out to be a percentage of activity of radicals' reception DPPH of 88,44 % although many methods exist to measure the antirust capacity of a species or substance, the antirust capacity decided with the most used method and 1,1 is based on the stability of the radical - difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) which assumes to the deslocalización of the electron desapareado, this deslocalización also grants him a violet coloration characterized by a band of absorption, in solution etanólica, centred about 520 nm measured in an espectrofotómetro. Ac has indicated himself a concentration of 0,39 mg/L. Asc. and the difference with the sample analito boss Cúrcuma (*Longa linn*) was of 0,11 mg/L Ac. Asc., in accordance with the clear weight 267,72 grams of the tomato sauce, for the analyses there took one gram of sample per every pound sterling in entire weight of the whole sample 0,2 determined concentrations of 0 g, 0,1 g, g, 0,3 g, 0,4 g respectively. There was analyzed the parameter IC50, which is the necessary concentration to obtain 50 % of effect, it is generally used for the interpretation of this method giving as an average inhibitory concentration proved of 31,45 mg/L.

Words fix: Turmeric, Antirust, Free radicals, DPPH, Color.

## INTRODUCCIÓN

La oxidación lipídica es el proceso que produce la rancidez y el deterioro de las grasas, es un problema importante en la industria alimentaria ya que modifica el sabor de los alimentos. Las especies reactivas de oxígeno (ERO), entre otros radicales pueden generar estrés oxidativo, fenómeno al cual se le atribuyen la oxidación en los alimentos. Se ha evidenciado que las plantas y sus constituyentes son fuente de antioxidantes; por tanto, tienen la capacidad de capturar EROs (Tovar del Río, 2013).

Para evitar la oxidación de los alimentos se utilizan antioxidantes sintéticos sin embargo, la preocupación de los países desarrollados en seguridad alimentaria, ha llevado a incrementar las investigaciones sobre antioxidantes naturales en particular los obtenidos de fuentes vegetales. Aunque se conocen muchas plantas aromáticas con capacidad antioxidante para explotarlos en la industria alimentaria, el rizoma Cúrcuma (*Longa linn*) (Adegoke, Kumar, Krishna, Varadaraj, Sambaiah, & Lokesh, 1998) y sus curcuminoides (Potterat, 1997) están considerados como los más importantes. La capacidad antioxidante de la cúrcuma incluso actúa disminuyendo los niveles menores de peróxido de hidrógeno (Bonte, NoelHudson, Wepierre, & Meybeck, 1997).

Las investigaciones realizadas durante el último medio siglo han indicado el potencial de Cúrcuma (*longa linn*) contra varias enfermedades crónicas incluyendo el cáncer, tanto in vitro y en estudios in vivo. La curcumina, el componente químico activo más estudiado de la cúrcuma, presenta propiedades antioxidantes y anti-inflamatorias y por lo tanto tiene un potencial contra diversas enfermedades malignas, como el cáncer, la diabetes, alergias, artritis, enfermedad de Alzheimer, entre otras enfermedades crónicas degenerativas. (Ortega, 2014).

La especie Cúrcuma (*Longa linn*) es una planta monocotiledónea, herbácea, perenne y tropical perteneciente a la familia Zingiberaceae, originaria del sur de Asia y cultivada principalmente en Bangladés, China, India, Pakistán y Sri Lanka; siendo la India su principal exportador (Bailey 1949).

Sus rizomas tienen múltiples aplicaciones, entre las cuales se puede citar su uso en la industria de alimentos como especia saborizante, colorante y conservante; en medicina tradicional como anticancerígeno, antiinflamatorio, antioxidante, antiparasitario, antiviral, antiséptico, estomático, tónico y purificador de la sangre (Chattopadhyay et al. 2004, John et al. 1997), antibacterial, anticoagulante, antidiabético, antifibrótico, antifúngico, antimutagénico e hipocolesterolémico (Chattopadhyay et al. 2004, Scartezzini y Speroni 2000); también tiene usos industriales como aromatizante, en la elaboración de cosméticos, como ornamental, en la protección de cultivos, tintura natural, y más recientemente se ha evaluado, con mucho éxito, el potencial de sus extractos como controlador de plagas. Lo anterior, sin que se registren actividades tóxicas, mutagénicas o reacciones farmacológicas adversas a la fecha.

Estas aplicaciones son debidas a que la planta sintetiza compuestos polifenólicos, derivados sesquiterpénicos, alcoholes, cetonas y aceites esenciales volátiles, entre otros (Mau et al. 2003). Entre los polifenoles vale destacar el diferuloylmethano o curcumina. (Montaño & Montes, 2004).

## **PROBLEMA**

Debido al creciente interés mundial en el consumo de los antioxidantes provenientes de plantas alimenticias que se han convertido en compuestos de gran interés. La búsqueda de nuevas fuentes de antioxidantes es importante para el mejor uso de la biodiversidad.

La industria de los alimentos usa antioxidantes para prevenir el deterioro de la calidad de algunos productos, sobre todo los de alto contenido en grasas y lípidos, y mantener así su valor nutritivo. Estos antioxidantes, principalmente de naturaleza fenólica, son la mayoría sintéticos, como terbutil-hidroxitolueno (BHT), terbutil-hidroxianisol (BHA), galato de propilo (PG), galato de dodecilo (DG) y terbutil-hidroquinona terciaria (TBHQ), por esta razón hay mayor interés en los antioxidantes naturales, que son componentes naturales de los alimentos de origen vegetal o plantas alimenticias como es el caso de la Cúrcuma (*Longa Linn*) que los contiene en su raíz, principalmente compuestos fenólicos, y que están de forma natural (Isabel, 2014).

En la elaboración de alimentos como es la salsa de tomate, el proceso de dar tratamiento térmico sufre pérdidas de color y de antioxidantes (carotenoide-licopeno) por eso es necesario la incorporación de ácido ascórbico y vitamina C para restaurar los antioxidantes que se perdieron.

## **JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación se ha enfocado al estudio de la raíz Cúrcuma (*Longa linn*) en la cual se analizará su capacidad antioxidante y será utilizada en salsa de tomate para comprobar que si se puede sustituir el ácido ascórbico o vitamina C de esta manera obtener en este rizoma un antioxidante natural que sustituya al de los antioxidantes sintéticos y quedarnos con los mejores resultados para la actividad antioxidante.

Para la industria de los alimentos es un gran reto y oportunidad abrir nuevas líneas de productos de gran aceptación para el consumidor, enfocándose en la nutrición de elementos esenciales para cubrir una dieta equilibrada y sana.

## **VIABILIDAD**

El presente estudio es viable por cuanto es de interés de la Universidad Técnica de Machala y existen las autorizaciones correspondientes para su ejecución.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar la capacidad antioxidante de extractos acuosos de Cúrcuma (*Longa linn*) y aplicarlo en salsa de tomate.



## **Objetivos Específicos**

- Cuantificar capacidad antioxidante de la Cúrcuma (*Longa linn*).
- Determinar la concentración óptima de extracto acuoso de Cúrcuma (*Longa linn*) que se adicionara a la salsa de tomate.
- Cuantificar la concentración de antioxidantes luego de la elaboración de la salsa de tomate.

## **HIPÓTESIS**

La adición extracto acuoso de Cúrcuma (*Longa linn*) en la formulación para la elaboración de salsa de tomate, aumenta la actividad antioxidante de este alimento.

## **PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuál es el porcentaje de extracto acuoso de cúrcuma (*Longa Linn*) que se debe adicionar en la salsa de tomate?

¿Cuál es el método para medir la capacidad antioxidante del extracto de Cúrcuma?

¿Se desnaturalizan las sustancias antioxidantes durante el procesamiento de la salsa de tomate?

## **VARIABLES**

### **Dependientes**

Concentración de sustancia antioxidante en el producto terminado

Temperatura de evaporación

### **Independientes**

Los porcentajes de extracto acuoso de cúrcuma adicionados a la salsa de tomate.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1. CÚRCUMA (*Longa linn*)

Se han realizado innumerables estudios farmacotoxicológicos de la Cúrcuma (*Longa linn*), reconociendo que esta planta contiene flavonoides, polifenoles, glucósidos, taninos, triterpenos y otros compuestos con marcada acción antioxidante, efectos antiinflamatorios e inmunomodulador, por tal razón enfocaremos este estudio a un análisis más profundo (Medisan, 2011).

Entre los compuestos de Cúrcuma (*Longa linn*) se encuentra la Curcumina que ha mostrado exhibir su potencial terapéutico contra variedad de diferentes tipos de cáncer, incluyendo leucemia y linfoma; cánceres gastrointestinales, cánceres genitourinarios, cáncer de mama, de ovario, carcinoma de células escamosas de cabeza y cuello, cáncer de pulmón, melanoma, sarcoma y cáncer en neuronas. La cúrcuma inhibe también la expresión de genes regulados por NF-kB asociados con la supervivencia (Bcl-2, cFLIP, XIAP, cIAP1), la proliferación (ciclina D1 y c-Myc), y la metástasis de células cancerígenas (CXCR4, receptor de quimioquinas 4). La cúrcuma suprime la activación que promueve la apoptosis mediante la activación of caspasas, debido a que induce a los receptores de la muerte (DR) 4 y DR5 y una regulación negativa para la expresión de genes antiapoptóticos. Curcumina es una molécula altamente pleiotrópica que modula también a factores de crecimiento (ejemplo, EGF, NGF, HGF, and PDGF). La capacidad pleiotrópica de curcumina puede ser la clave de su potencial terapéutico contra el cáncer (Ortega, 2014).

La raíz (rizoma) es la parte de la planta más utilizada, siendo carnoso, aovado, piriforme [cúrcuma redonda] y de él salen otros, rizomas secundarios, alargados, algo cilíndricos y tiernos [cúrcuma larga]. El rizoma, que una vez preparado tiene aroma que recuerda al jengibre; sabor ardiente y amargo. Cuando los rizomas están aún frescos tienen color amarillo pálido y tornan marrón rojizo al secarse. Al corte transversal presentan una sección de color anaranjado uniforme con puntos amarillo claro. Nuestra saliva toma color amarillo cuando entra en contacto con ellos (Situs, 2004).

**Figura 1.** Raíces de la planta de Cúrcuma (*Longa linn*)



**Fuente:**(Ravindran, Nirmal, & Sivaraman, 2007)

Su nombre científico *Cúrcuma (Longa linn)*, conocida con otros nombres comunes:

- Azafrán de la India,
- Rizoma de cúrcuma,
- Raíz de cúrcuma,
- Turmeric,
- Azafrán,
- Cimarrón;
- Yuquilla (amarilla) (Cuba),
- Palillo cholón,
- Palillo chuncho,
- Guisador, palillo (Perú, Bolivia)
- Turmérico,
- Jengibrillo (Puerto Rico),
- Guisador,
- Azafrán (Perú). Alemán,
- Kurkuma; Francés,

- Safran des Indes; Inglés,
- Curcuma, turmeric, turmeric rhizome, yellow root; portugués, curcuma (Situs, 2004).

**Figura 2.** Rizoma Cúrcuma (*Longa linn*) en polvo



**Fuente:** (Figueruelo Arnáiz, 2014)

### 1.1.1 Propiedades

- Propiedades estimulantes, estomáquicas, carminativas y colagogas
- Colorante de productos alimenticios (pastas, lácteos, galletitas, caramelos, bebidas, etc.)
- Condimento en encurtidos, mostazas, adobos y en polvos de curry, azafran.
- Colorante de tejidos de lana, algodón, sedas, papel y cueros finos. Tiñe de amarillo.
- En cosmética y farmacia para colorear ungüentos, pomadas, etc.
- En especialidades medicinales como tinturas y extractos para tratamiento de trastornos hepatobiliares, litiasis, etc.
- Para obtener aceite esencial.
- Su esencia en perfumería y licorería;
- Como aromatizante de productos alimenticios.

### 1.1.2 Componentes Químicos Aislados

Contiene curcumina (ácido turmérico), una materia colorante amarilla, insoluble en agua, soluble en alcohol y éter; aceite esencial, almidón (entre un 30 y 40%), resina, goma, aceite graso, oxalato de calcio, etc. El aceite esencial de los rizomas es de color amarillo-anaranjado, se halla en el parénquima cortical contiene monoterpenos y entre sus componentes figuran: borneol, alcanfor, terpineno, zingiberen y sesquiterpenos como la tumerona, atlantona y turmerol o curcumenol. felandreno, sabineno, cineol (Situs, 2004).

El ketón y el alcohol identificados como carbinol tolimetílico, han sido obtenidos químicamente de la destilación, así como también se obtiene una sustancia de color cristalino que se considera como un metano diferuloide. Esta sustancia es disuelta en un ácido sulfúrico concentrado dando una coloración amarillo-rojizo (Jackes).

Los curcuminoides desmetoxi y los derivados bisdesmetoxi de la curcumina tienen también estado aislado. La curcumina fue la primera en aislarse en 1815 y su estructura química fue determinada por Roughley y Whiting en 1973. Tiene un punto de fusión a 176-177 ° C; forma una sal de color marrón rojizo con álcali y es soluble en etanol, alcali, cetona, ácido acético y cloroformo alcalino (Chattopadhyay, Biswas, & Bandyopadhyay, 2004).

### 1.1.3 Taxonomía

La Cúrcuma fue descrita como *C. Longa* por Linneo y su posición taxonómica es la siguiente:

- Clase Liliopsida
- Subclase Commelinids
- Orden Zingiberales
- Familia Zingiberaceae
- Genero *Curcuma*
- Especies *Curcuma longa*

La cúrcuma silvestre se llama *C. aromática* y la especie doméstica se la conoce como *C. Longa linn* (Chattopadhyay, Biswas, & Bandyopadhyay, 2004).

#### 1.1.4 Suelo y clima

Esta planta próspera en suelos sueltos fértiles, humíferos, que permita el buen desarrollo de los rizomas, pero bien drenados. No son apropiados los suelos compactados, de mal drenaje, donde el agua se pueda estancar. Es una especie de clima tropical. Necesita temperaturas de 20 y 30 °C y un considerable monto anual de lluvia para su crecimiento. No soporta las heladas, las cuales quema fácilmente la parte aérea de la planta (Díaz, 2011).

**Figura 3.** Planta Cúrcuma (*Longa linn*).



**Fuente:**(Ravindran, Nirmal, & Sivaraman, 2007).

#### 1.1.5 Cultivo

El mayor país productor de cúrcuma es la India, que produce aproximadamente el 90% de la cúrcuma del mundo. Es cultivada desde el 3000 A.C. por la civilización Harappa (Zhao, Zhang, Yang, & Li, 2010).

El material de propagación para su cultivo está constituido por los rizomas, conocidos como semillas, las cuales pesan entre 20 y 50 g cada una. La reproducción la realiza a partir de yemas o dedos que surgen en el propio rizoma en el último año de crecimiento y que da

lugar a una nueva planta renovada. El distanciamiento de siembra es de 0.5 m entre filas y 0.3 m entre plantas, con una densidad de 66.667 plantas /ha. La maduración de la cúrcuma tiene lugar 7 a 10 meses después de la siembra, dependiendo de las condiciones del clima. El rendimiento por planta puede ser de 0.5 kg a la densidad propuesta, equivalente a 20 TM de cúrcuma fresca por hectárea o 6 TM de cúrcuma seca por hectárea (Montaño & Montes, 2004).

La selección de rizomas debe ser rigurosa, prefiriéndose aquellos vigorosos y de excelente sanidad. En la preparación del suelo debe ser esmerada y profunda, dado que a porción útil es un rizomas que debe estar favorecido en su desarrollo. Asimismo es importante que el campo se encuentre libre de malezas (Díaz, 2011).

### **1.1.6 Siembra**

En la siembra o plantación de los rizomas conviene realizarla desde el final del invierno hasta principio de la primavera. La distancia de plantación puede ser 0.70 m entre líneas y 0.30 m entre plantas, que variara en función de la maquinaria disponible. La profundidad será de 0.10 m cubriéndolos con tierra. Las labores culturales consistirán en a la eliminación de malezas y el riego, la floración se produce durante el verano y posteriormente las hojas se marchitan (Díaz, 2011).

### **1.1.7 Cosecha**

El tiempo en que se cosecha o recolección de los rizomas se realiza durante el otoño, después de la caída de las hojas. Se extraen los rizomas con ayuda de azadas o arado, teniendo cuidado de no dañarlos (Díaz, 2011).

### **1.1.8 Poscosecha**

#### **1.1.8.1 Limpieza y estabilización**

Primero los rizomas se someten a una clasificación por tamaño, seleccionando los de mejor desarrollo y uniformidad y se eliminan las raicillas delgadas. Posteriormente se los lava

para eliminar la tierra. La estabilización se realiza en agua hirviendo durante unos 15 minutos. El contenido de las células se hincha y forma una masa pastosa coloreada de amarillo a causa de la curcumina (Situs, 2004).

#### **1.1.8.2 Desecado**

Los rizomas son cortados longitudinalmente para facilitar el secado, que puede ser natural (se precisan varios días al sol) o mecánico. Después del secado se elimina la cutícula mediante raspado (Situs, 2004).

#### **1.1.8.3 Molienda**

Es un proceso industrial. Se utilizan baterías de molinos en serie hasta obtener un polvo impalpable (Situs, 2004).

### **1.2 SEGURIDAD DE LOS CURCUMINOIDES**

Por centurias, el turmeric se ha usado como aditivo alimentario, agente medicinal y otras aplicaciones como las cosmetológicas. Tanto la OMS/FAO la han aceptado y figura en sus listados de tinturas naturales para uso industrial. La FDA la tiene registrada como hierba segura: Safe (GRAS)-21 CFR 100.00 182.10 y 182.20 como condimento y saborizante. La seguridad en el uso del turmeric y sus derivados ha sido probada en modelos animales, encontrándose que un 30 % de turmeric en la dieta de ratas no producen ninguna toxicidad.

La toxicidad aguda en 24 horas a dosis de 0,5 g, 1 g y 3 g/Kg de extracto de turmeric en un estudio de toxicidad crónica de 90 días no arrojó problemas (Chaves, 2009).

### **1.3 PARTES DE LA CÚRCUMA UTILIZADAS EN EL MERCADO Y LA INDUSTRIA**

Es el rizoma de color anaranjado el que tiene el total protagonismo de la planta en cuanto a sus usos en el mercado o la industria.



La cúrcuma es y ha sido utilizada en gastronomía e industria alimentaria, en medicina, cosmética natural y ritos espirituales (Cos, Pérez, Pérez, & Carril, 2014).

### 1.3.1 Usos Gastronómicos

La cúrcuma se incluye dentro de las plantas aromáticas conocidas como especias, siendo una de las más consumidas mundialmente y la que más se exporta, siendo los países exportadores primordialmente asiáticos y africanos (Madagascar, Islas Comoras y Tanzania) (Benavides, Hernández, & Ramirez, 2010).

Los rizomas son muy aromáticos, con un sabor picante y amargo, y una fragancia suave con ligeros tonos de naranja hasta el rojo dependiendo del pH del alimento. En estado fresco, la fragancia es más aromática (Law, 2014). Es uno de los componentes principales del curry, a la mostaza debe su característico color a este colorante natural, y el tono verde de los pepinillos se realza con la curcumina (Benavides, Hernández, & Ramirez, 2010).

En el sudeste asiático, se prefiere comer la cúrcuma fresca que seca. En Tailandia, el rizoma fresco se añade a muchos platos y guisos. En Indonesia, hay un plato típico de arroz que se conoce como arroz amarillo (Fig.3 A) compuesto por cúrcuma. En la cocina marroquí, se añade como especia a las carnes, gambas y vegetales. También se usa en la región del Caribe y el norte de África y es muy popular servirla en forma de té en Okinawa, Japón (Fig. 3 C). En la cocina occidental aún no está muy incluida, pero se suele utilizar como parte del curry (Fig.3 B) y en salsas.

**Figura 4.** Variedad de platos en los que se utiliza la Cúrcuma (*Longa linn*)



**Fuente:** (Delgado & Paredes, 2003).

Las especias favorecen la digestión, realzan el sabor de las comidas y le dan un toque distintivo a las comidas que hace que nos transportemos a horizontes lejanos. Pero más allá del placer sensorial, hoy en día la cúrcuma se hace necesaria en nuestra alimentación cotidiana por sus propiedades medicinales (Possessio, 2012).

### **1.3.2 Usos medicinales**

El rizoma de la cúrcuma fue adoptado como producto medicinal por el Comité de Productos Medicinales Herbales (*Committeon Herbal Medicinal Productos-HMPC*) el 12 de noviembre de 2009. Esta planta ha sido usada en multitud de sistemas de medicina tradicional (China, Hindú y Ayurvédica) para aliviar problemas digestivos, como un antiinflamatorio y en uso tópico por su capacidad de cicatrización (Blumenthal & Goldberg, 2000). Los responsables de la bioactividad de la cúrcuma son los curcuminoides, especialmente la curcumina, compuesto fenólico del metabolismo secundario. Existen distintas preparaciones de esta planta medicinal.

Puede tomarse el rizoma en polvo o triturado en infusión, para su uso externo se realizan tinturas utilizando como disolvente etanol al 70%, o pueden realizarse extractos secos extraídos con etanol al 96% (Witkin, 2013).

La curcumina tiene varios efectos medicinales comprobados científicamente, como la reducción de inflamación en caso de artritis, prevención de arteriosclerosis, efectos hepatoprotectores, desordenes respiratorios y gastrointestinales, afecciones de la piel como psoriasis o eczemas, prevención de cáncer y capacidad antioxidante (Viste, Ríos, Freire González, & Silveira, 2003).

Tradicionalmente se ha empleado para ayudar a la función hepática y para tratar la ictericia, tanto en la medicina ayurvédica como en la china. La cúrcuma aumenta el contenido de glutatión y su actividad glutatión-s-transferasa en hígado. Estas sustancias son protectores clave frente los efectos dañinos de las toxinas y los radicales libres.

La curcumina es un poderoso antioxidante que influye sobre la expresión de enzimas relacionadas con procesos redox, como la glutatión-sintasa (GTS) o el citocromo P450 oxidasa (CYP-450), capaces de neutralizar las especies reactivas de oxígeno.(Gryniewicz, 2012)

La curcumina es capaz de aliviar problemas inflamatorios relacionados con esclerosis múltiple, artritis reumatoide y psoriasis al modular la señal de las citoquinas, un tipo de moléculas proinflamatorias. Esta capacidad antiinflamatoria en parte es debida a su capacidad de inhibir la síntesis de prostaglandinas inflamatorias (Witkin, 2013). Un estudio con 45 pacientes que padecían artritis reumatoide, un tratamiento con dosis de 500 mg al día de curcumina les redujo significativamente los niveles inflamatorios sin causar efectos adversos (Chandram, 2012).

También tiene efectos anticancerígenos, es capaz de reducir el crecimiento de tumores y modular los problemas secundarios asociados al cáncer como fatiga, depresión o insomnio (Witkin, 2013).

La curcumina inhibe directa e indirectamente la ciclooxigenasa-2 (COX-2), proteína crucial en la cascada de inflamación y ha sido relacionada con ciertos cánceres. En células cancerígenas, la curcumina muestra una capacidad antiinflamatoria y una reducción del crecimiento celular inhibiendo la expresión de Interleukinas IL-1  $\beta$ , IL-6 y el factor de necrosis tumoral- $\alpha$  (TNF-  $\alpha$ ) (Taylor & Leonard, 2011).

La curcumina tiene una poderosa acción antimicrobiana, inhibiendo el crecimiento de bacterias patógenas, virus y hongos (incluyendo *Candidaalbicans*, *Candidakrusei* y *Candidaparasitosis*). Tiene una función primordial en la protección gastrointestinal: se ha visto que inhibe la activación de varios factores de transcripción que juegan un papel clave en la inflamación de los intestinos, como son el factor nuclear Kappa- $\beta$  (NF-k  $\beta$ ) o las  $\beta$ -catequinas (Taylor & Leonard, 2011). Ha sido utilizada desde tiempos ancestrales frente a gastritis o acidez ya que ayuda a aumentar la producción de mucosa y protege las paredes del estómago. También estimula el flujo biliar hacia el intestino, lo cual mejora la digestión

de las grasas de la dieta. Se ha demostrado también que la curcumina puede prevenir la acumulación de placas beta-amiloide, que se correlaciona con la enfermedad de Alzheimer (Witkin, 2013).

Estudios in vivo muestran la capacidad de la curcumina de reducir el estrés, mejorar la irritabilidad y la ansiedad, modular la depresión y los mecanismos de neurotransmisión modificando la señal celular (Hishikawa, y otros, 2012) y (Witkin, 2013).

El problema que tiene este metabolito secundario es su baja biodisponibilidad. Estudios en animales han mostrado que la curcumina se metaboliza rápidamente, se conjuga en el hígado y se excreta por las heces, teniendo por tanto una limitación en su biodisponibilidad (Dulbecco, 2013). Por ello, es necesario conjugar la curcumina con otros compuestos como pueden ser los fosfolípidos, que mejoran su absorción y por tanto, su biodisponibilidad y actividad (Witkin, 2013).

La dosis diaria recomendada es de 300 a 600 mg/día de extracto de raíz de cúrcuma estandarizado al 95% de curcuminoides, o incorporar la cúrcuma a nuestra alimentación diaria. Sin embargo, el uso de la cúrcuma como planta medicinal tiene también contraindicaciones, como cualquier otro medicamento comercial. La curcumina puede reforzar el efecto de los anticoagulantes y, en altas dosis, está contraindicada en caso de cálculos biliares o afecciones de toxicidad hepática grave. Se desaconseja el consumo durante el embarazo y la lactancia por falta de estudios. No se recomienda el uso en niños y adolescentes por debajo de los 18 años. A dosis demasiado elevadas pueden dar lugar a irritación de la mucosa estomacal y deben evitarse en pacientes con úlcera gástrica o intestinal (Vidal, 2010).

### **1.3.3 Usos en cosmética**

Algunas mujeres indias usan pasta de cúrcuma para eliminar el pelo del cuerpo. Debido a sus propiedades cicatrizantes y antioxidantes, la cúrcuma se utiliza en forma de pasta como remedio casero para las quemaduras solares y como ayuda en la remodelación de la piel dañada y envejecida (Blumenthal & Goldberg, 2000). También se puede encontrar en cremas por sus propiedades astringentes, o como aceite esencial aromatizante. También se

utiliza la cúrcuma para el tratamiento de la caspa, como colorante para el cabello y como estimulante del crecimiento capilar (Viste, Ríos, Freire González, & Silveira, 2003).

#### **1.3.4 Rituales espirituales**

La cúrcuma se utiliza en muchas celebraciones de los hindúes, especialmente las novias en la boda pintaban con cúrcuma sus cuerpos. Los bebés recién nacidos también se frota con cúrcuma en la frente para dar buena suerte (Zhao, Zhang, Yang, & Li, 2010).

#### **1.3.5 Industria alimentaria**

La cúrcuma es conocida en la industria alimentaria como E-100, una vez tratada para que se elimine su sabor tibio, amargo, la cúrcuma también se utiliza con el fin de proporcionar color a derivados lácteos (quesos, mantequillas, yogures, helados), dulces, sopas o cereales, el arroz, carne y diversos platos. Su resina se utiliza como agente saborizante y colorante alimenticio de color anaranjado siendo el responsable de éste la curcumina, compuesto fenólico que sirve para aromatizar y dar color a mantequillas, quesos, diversas conservas, mostaza, palomitas de maíz de colores, cereales, sopas, caldos, productos cárnicos y lácteos (Benavides, Hernández, & Ramirez, 2010).

Es un condimento muy utilizado en la cocina tradicional y se comercializa tanto la raíz como el polvo. También se emplea mucho en Okinawa, Japón, donde se sirve junto con el té. La Cúrcuma se vende en raíz seca o en polvo, en cualquier caso debe guardarlo en un tarro de cristal hermético y en un lugar fresco y seco. El modo más habitual de encontrar la Cúrcuma es en raíz en forma de polvo aunque en muchos países ya se puede encontrar en extracto y en cápsulas. En los alimentos y la fabricación, el aceite esencial de la cúrcuma se usa en los perfumes y su resina se utiliza como un agente saborizante y colorante en los alimentos (Rockville & Bethesda, 2012). Se la utiliza en esencia y se la obtiene mediante destilación con vapor de agua de los rizomas secos. Su rendimiento de los rizomas desecados es de 2.000 a 5.000 kg/ha y en esencia es de 3 a 5 % en peso de rizomas secos (Situs, 2004).

La ingesta diaria recomendable no debe superar 1mg de curcumina/Kg de peso y 0,3 mg de cúrcuma por Kg de peso (Law, 2014). La FDA (Food and Drug Administration) de los Estados Unidos ha declarado la curcumina como “un producto considerado seguro” (Generally Regarded as Safe, GRAS), y aceptado como colorante alimenticio y saborizante (Gryniewicz, 2012).

Igualmente se utiliza la oleoresina (Benavides, Hernández, & Ramirez, 2010), un colorante que se obtiene por extracción alcohólica (acetona, diclorometano, 1,2-dicloroetano, metanol, etanol, isopropanol y hexanos) de lípidos y aceite de los rizomas secos y molidos de la cúrcuma. Se trata de un aceite denso de color amarillo terroso, semisólido o pastoso, con un contenido entre 35-55% de curcuminoides y como máximo 25% de aceites volátiles. Las preparaciones diluidas suelen tener un color más amarillento y con un contenido del 6 al 15% de curcuminoides y no más del 10% de aceites volátiles. El producto debe ser almacenado en ambiente seco y frío (15 – 20°C) protegido de la exposición a la luz, calor y del aire.

La cúrcuma puede combinarse con el onoto o achiote (*Bixaorellana* L.), una especie arborecente de las regiones intertropicales de América, cuya semilla, conocida como annatto, se utiliza también como colorante natural rojizo amarillento (E160b), usado junto con la cúrcuma (E100) en la coloración de quesos como el cheddar, en margarina, arroz y pescado ahumado (Law, 2014).

#### **1.4 ORIGEN DE LA CÚRCUMA, DATOS CULTURALES, E HISTÓRICOS.**

La cúrcuma ha sido comercializada desde tiempos muy antiguos, por lo que es difícil conocer su origen con exactitud. Probablemente el centro de origen sea el sudeste asiático, concretamente la zona meridional de Vietnam y de las Indias orientales (Benavides, Hernández, & Ramirez, 2010) donde ha sido cosechada desde hace 5000 años (Law, 2014).

Los árabes y persas empleaban la cúrcuma con profusión sobre todo por su color, pensando que era una variedad de azafrán y lo llamaron kourkoum, palabra que los españoles convirtieron en cúrcuma. Se debe resaltar que fueron los únicos de la Europa medieval que se sintieron atraídos por esta especia. El nombre inglés turmeric, data del siglo XVI y

parece proceder del francés terre-merite y este a su vez del latín terra merita o mérito de la tierra.

También en esa época era conocido como crocusindicus, turmeracke y a veces por el de cúrcuma, en España se le designa también como azafrán de las Indias (Montaño & Montes, 2004).

La cúrcuma se la conoce igualmente como sal de Oriente y en los tiempos bíblicos se empleaba como perfume y como especia. La referencia escrita más antigua procede de un herbario asirio del año 600 a.C. en el que ya se mencionan sus cualidades como planta colorante. Dioscórides señala su origen hindú y sus virtudes depilatorias y su gusto amargo. Marco Polo hace mención de la existencia de la cúrcuma que crecía en la región de Fu-Kien diciendo que tenía las propiedades del azafrán en color y olor pero que no lo era, y como se la tenía en gran valor su cotización era elevada. En la Edad Media, Europa comienza tímidamente a emplear principalmente como sustitutivo más barato que el azafrán en la preparación de platos y salsas que por sus llamativos colores hacían necesario la presencia de sustancias que aportasen estos colores sin ser excesivamente gravosos en la economía de la cocina, el producto que reunía estas características va a ser la cúrcuma. La cúrcuma ha estado presente en la cultura de muchos países por más de 4000 años. En la India, Sri Lanka y otros países asiáticos la cúrcuma es un ingrediente esencial de la cocina. El mayor proveedor de cúrcuma a nivel mundial es la India, seguido por Pakistán, Jamaica, China, Bangladesh, Taiwán y Haití (Montaño & Montes, 2004).

## **1.5 VARIEDADES DE CÚRCUMA**

Existen diversos tipos de cúrcuma. Además de la Cúrcuma (*Longa Linn*). (La cúrcuma propiamente dicha) existe también la Curcuma xanthorrhiza Roxb. (Cúrcuma de Java) y la Cúrcumazedoaria (Christm.) Roscoe. Los neerlandeses trajeron la Cúrcuma de Java a Europa, donde también se conoce como “temullawak”. La Curcuma zedoariaprocede del Himalaya, donde utilizan las hojas de la planta como ensalada. Según Van Hellemont, la cúrcuma de Java es la preferente ya que esta especie tendría una mayor concentración de aceites volátiles y por tanto un mayor efecto colagógico y colerético que la Cúrcuma

(*Longa linn*). Afirma que ésta tiene sobre todo interés culinario y la Curcuma zedoaria debe emplearse más para molestias gástricas. Sin embargo, los estudios muestran que la Cúrcuma (*Longa linn*) sí tiene potentes propiedades colagógicas y coleréticas, además de una gran cantidad de otras cualidades farmacológicas que por el momento no se han observado en la cúrcuma de java (Natura Foundation).

Madrás: el tipo más apreciado, color amarillo limón, Alleppey: color amarillo oscuro a anaranjado, Haití: color amarillo anaranjado oscuro son variedades de cúrcuma usadas en gastronomía (Montaño & Montes, 2004).

## **1.6 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y COMPUESTOS CARACTERÍSTICOS DE LA CÚRCUMA**

### **1.6.1 Composición nutricional**

Según la “*National Nutrient Database for Standard Reference*” del Centro de información de alimentos y nutrición de la USDA, la cúrcuma es una planta poco calórica, baja en grasas y fundamentalmente compuesta por carbohidratos (tabla 1). Presenta una alta proporción de minerales como el potasio, el fósforo y el magnesio, y es una buena fuente de vitaminas C y E. En la Tabla 1 se desglosa la composición nutricional por 100g de cúrcuma y por 3 g que equivalen a una ración por persona (Zhao, Zhang, Yang, & Li, 2010).



**Tabla 1.** Composición Nutricional de la cúrcuma (*Longa linn*).

<b>NUTRIENTES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR POR 100g</b>	<b>VALOR POR 3g</b>
Agua	g	12,85	0,39
Energía	kcal	312	9
Proteínas	g	9,68	0,29
Lípidos totales (grasas)	g	3,25	0,10
Carbohidratos	g	67,14	2,01
Fibra dietética total	g	22,7	0,7
Azúcares totales	g	3,21	0,10
<b>MINERALES</b>			
Calcio, Ca	mg	168	5
Hierro, Fe	mg	55,00	1,65
Magnesio, Mg	mg	208	6
Fósforo	mg	299	9
Potasio, K	mg	2080	62
Sodio, Na	mg	27	1
Zinc, Zn	mg	4,50	0,14
<b>VITAMINAS</b>			
Vitamina C total (ácido ascórbico)	mg	0,7	0,0
Tiamina (vit. B1)	mg	0,058	0,002
Riboflavina (vit. B2)	mg	0,150	0,004
Niacina (vit. B3)	mg	1,350	0,041
Vitamina B-6	mg	0,107	0,003
Folato, DFE	ug	20	1
Vitamina B-12	ug	0,00	0,00
Vitamina A, RAE	ug	0	0
Vitamina A, IU	IU	0	0
Vitamina E (alfa-tocoferol)	mg	4,43	0,13
Vitamina D (D2 + D3)	ug	0,0	0,0
Vitamina D	IU	0	0
Vitamina K (filoquinona)	ug	13,4	0,4
<b>LÍPIDOS</b>			
Ácidos grasos saturados, total	g	1,838	0,055
Ácidos grasos monoinsaturados, total	g	0,449	0,013
Ácidos grasos poliinsaturados, total	g	0,756	0,023
Ácidos grasos trans, total	g	0,056	0,002

**Fuente:** (Cos, Pérez, Pérez, & Carril, 2014).

### 1.6.2 Composición característica

Las propiedades medicinales de la Cúrcuma (*Longa linn*) se atribuyen a la bioactividad de los componentes producidos en las rutas del metabolismo secundario: compuestos fenólicos y aceites volátiles.

Los compuestos fenólicos que presenta, en concreto polifenoles, son del grupo de los curcuminoides, derivados diarilmetálicos responsables del color amarillo-anaranjado de la cúrcuma.

**Tabla 2.** Composición química del rizoma Cúrcuma (*Longa linn*).

SUSTANCIA	% CONTENIDO
<sup>1</sup> CURCUMINOIDOS	3-4
Curcumina I diferuloilmetano	94
Curcumina II demetoxicurcumina	6
Curcumina III bisdemetoxicurcumina	0,3
<sup>2</sup> ACEITES ESENCIALES	5,8
a-felandreno	1
sabineno	0,6
cineol	1
borneol	0,5
zingibereno	25
sesquiterpines	53
NUTRIENTES	
Proteína	6,3
Grasa	5,1
Minerales	3,5
Carbohidratos	69,4
Humedad	13,1
<sup>2</sup> El Curcumin es responsable para el color amarillo y comprende curcumin I, II, III.	
<sup>1</sup> El Aceite esencial obtenido por destilación al vapor de los rizomas	

**Fuente:**(Ishita, Kaushik, Uday, & Ranajit K., 2004).

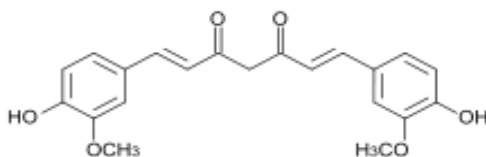
### 1.6.3 Estructura

El análisis de la estructura química de la curcumina y su actividad biológica, ha mostrado que la presencia de los grupos para-hidroxilo es esenciales para la actividad antioxidante de los curcuminoides.

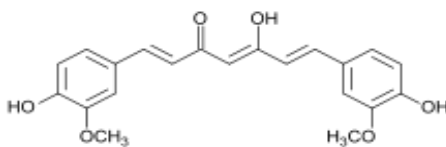
La acción antioxidante es similar para los distintos tipos de curcuminoides (Chaves, 2009). También conocida como diferuloilmetano o 1,7-bis-(4-hidroxi-3-metoxifenil)-1,6-heptadieno-3,5-diona, es un compuesto enólico de bajo peso molecular (369.37g/mol) con punto de fusión 183°C, de color amarillo en medio ácido (pH 2,5-7) y rojo en medio básico (pH > 7), es soluble en solventes orgánicos como dimetilsulfóxido, etanol, metanol, hexano y acetona (Casas, Castillo, Noy, & Rodríguez, 2009).

Desde el punto de vista químico la curcumina es el polifenol más abundante presente en la cúrcuma y presenta dos formas tautoméricas: ceto y enol. La forma ceto se presenta en forma sólida y la forma enol como líquido.

**Figura 5:** Estructura keto de la curcumina



**Figura 6:** Estructura enol de la curcumina



**Fuente:** (Tayyem, Heath, Al, & Rock, 2006).

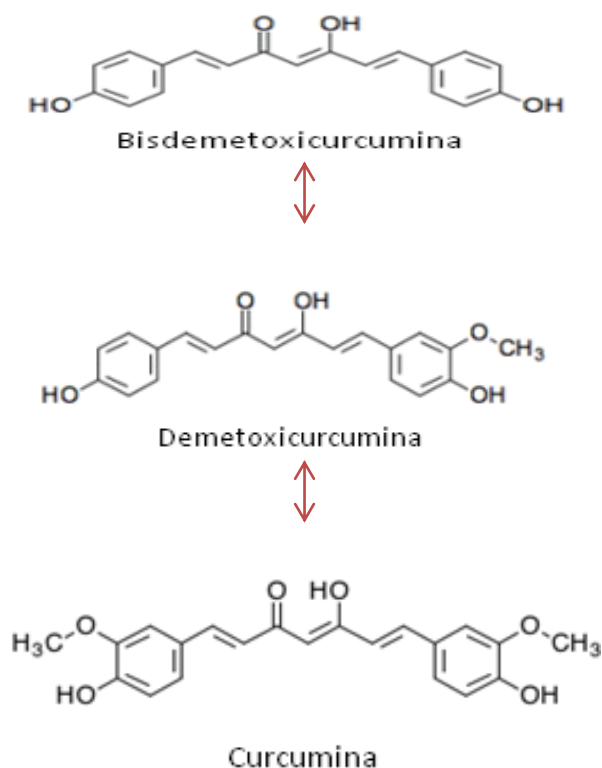
La molécula de curcumina se asemeja a la de los ubiquinoles y otros fenoles con potente actividad antioxidante. Por tanto, su empleo como captador de radicales libres está más que justificado.

Los curcuminoides se refieren entonces a un grupo de compuestos fenólicos presentes en el turmeric o cúrcuma quienes son químicamente relacionados con el ingrediente principal: la curcumina. Son tres los principales curcuminoides que han sido aislados del turmeric: curcumina, dimetoxicurcumina y bidimetoxicurcumina. Todos ellos son los responsables del color dorado de las raíces del turmeric (Chaves, 2009).

La curcumina, de composición química  $C_{21}H_{20}O_6$ , es un estilbenoide, un diarilheptanoide derivado de la ruta de Shikimato /Acetato-malonato. Se trata de un polvo cristalino insoluble en agua pero soluble en etanol y ácido acético.

La curcumina deriva de la demetoxicurcumina a través de una reacción enzimática mediada por la enzima O-metiltransferasa (OMT), que deriva a su vez de la bisdemetoxicurcumina a partir de una hidrolasa (Cos, Pérez, Pérez, & Carril, 2014).

**Figura 7.** Reacciones enzimática para la síntesis de la curcumina



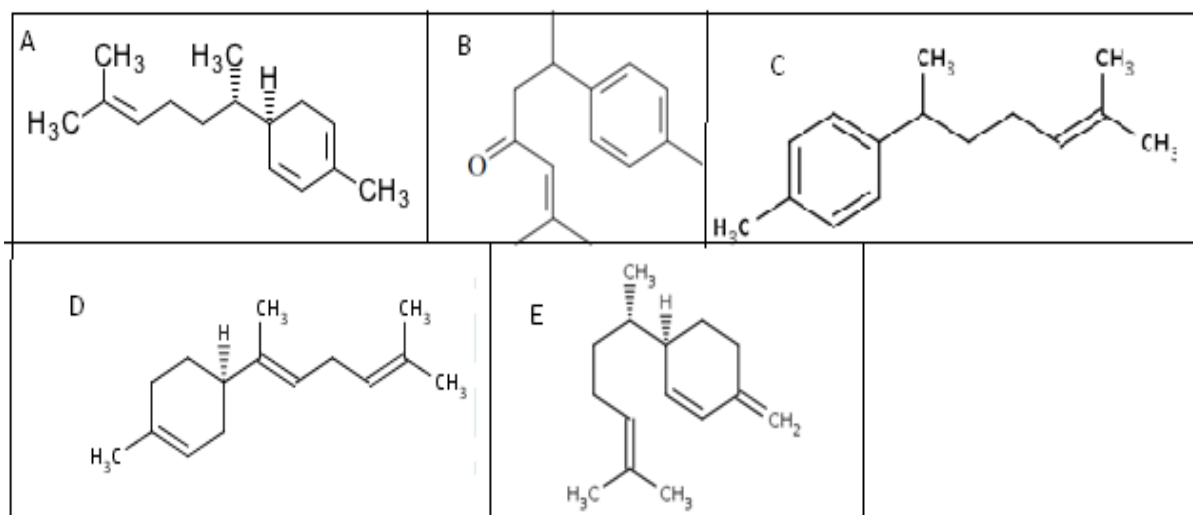
**Fuente:** (Zhao, Zhang, Yang, & Li, 2010).

El rizoma de la Cúrcuma (*Longa linn*) presenta también aceites volátiles en un máximo de 5%. Son estos compuestos terpenoides los que le dan el aroma característico a este rizoma.

Presenta una amplia variedad de sesquiterpenos cetónicos característicos de la especie (Fig. 5), como son la ar-tumerona (máximo de 25%), los isómeros  $\alpha$ -turmerona (atlantona) y  $\beta$ -turmerona (curlona) (máximo de 30%) y zingibereno (máximo de 25%) (Ríos, Giraldo, León, & Moreno, 2008 ). También contiene cariofileno,  $\alpha$ -curcumeno, bisaboleno y  $\beta$ -sesquifelandrenendreno.

Estos sesquiterpenoides son unas potentes moléculas antioxidantes, detrás de los curcuminoides (Zhao, Zhang, Yang, & Li, 2010). La ar-turmerona es la sustancia responsable de la actividad alelopática de la cúrcuma. El zingibereno es un sesquiterpenoidebisabolano, un lípido formado a partir del trans-farnesildifosfato por la zingiberenosintasa. Este compuesto también está presente en el jengibre (Silva de Oliveira, Mesquita, Petacci, Freitas, Moreno, & Cardoso, 2005).

**Figura 8.** Estructura química de zingibereno (A), ar-turmerona (B),  $\alpha$ -curcumeno (C),  $\alpha$ -bisaboleno (D) y  $\beta$ -sesquifelandrenendreno (E)



**Fuente:** (Cos, Pérez, Pérez, & Carril, 2014).

#### **1.6.4 Sustancia Antioxidante**

Estudios han demostrado suficientemente las propiedades de los curcuminoides para inhibir los potentes radicales superóxido e hidroxilo. La curcumina no solo previene la peroxidación lipídica sino que reconoce el fenómeno para neutralizarlo. Contiene un péptido soluble en agua con similares propiedades anti-radicales que se ha identificado como turmerina.

Es un péptido no-cíclico de 40 residuos de aminoácidos y resistente a la acción proteolítica de enzimas como la tripsina y pepsina. Está presente en un 0,1 % y parece ser más potente antioxidante que los curcuminoides. La turmerina contiene metionina, un aminoácido rico en azufre y también reconocido antioxidante, que podría en parte explicar las propiedades del compuesto (Chaves, 2009).

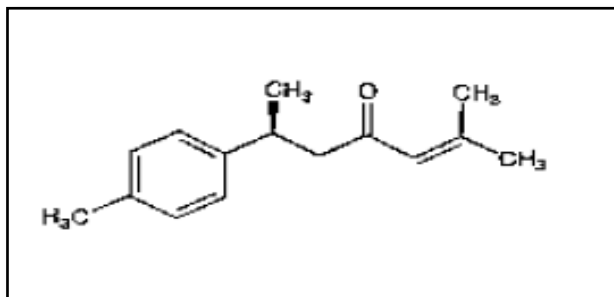
#### **1.6.5 Función**

- La cúrcuma tiene varias acciones antioxidantes:
- Elimina las especies de oxígeno reactivas como pueden ser los aniones superóxido y peróxido de hidrógeno.
- Inhibe de la peroxidación de las grasas.
- Inhibe la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL).
- Detiene la progresión de los radicales libres y evitando la aparición de nuevos. La capacidad antioxidante de la Cúrcuma (*Longa linn*) es mayor que la de la vitamina C y la vitamina E (Michael & Murray, 1994).

#### **1.6.6 Compuestos Fenólicos**

Presentes en la Cúrcuma (*Longa linn*) y en alimentos con extracto de cúrcuma (curry), aunque estos compuestos se conocen desde hace tiempo, ha sido en los años más recientes cuando el interés por ellas ha crecido. Los curcuminoides se aislaron inicialmente en 1815. La estructura química de la curcumina ( $C_{21}H_{20}O_6$ ) fue descrita y sintetizada en 1910 por el químico polaco Victor Lampe.

**Figura 9.** Estructura de la Cúrcuma (*Longa linn*)



**Fuente:** (Alvis, Arrazola, & Martinez, 2012).

### 1.6.7 Tamizaje fitoquímico

A partir de la caracterización fitoquímica, permite distinguir la variedad *Longa linn* logrando identificar fitoquímicamente algunos de los metabolitos presentes en el polvo de la planta Cúrcuma (*Longa linn*) (Rosa, González, & Marlén, 2014).

A continuación se muestran los metabolitos hallados en el polvo de la planta Cúrcuma (*Longa linn*).

**Cuadro 1.** Componentes fitoquímicos de Cúrcuma (*Longa linn*).

COMPONENTES		COMPONENTES	
Alcaloides	+	Aceites esenciales y sustancias grasas	++ +
Triterpenos y esteroides	-	Azúcares reductores	+
Quinonas	+	Fenoles y taninos	++
Cumarinas	++	Aminoácidos y aminas	++
Carotenos	+	Flavonoides	+
Glucósidos cianogenéticos	-	Saponinas	-
Resinas	-	Mucilagos	-
Principios amargos	+	Glúcidos o carbohidratos	+

**Fuente:**(Rosa, González, & Marlén, 2014).

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se realizó en los laboratorios de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad Técnica de Machala con coordenadas: Latitud  $3^{\circ}14'36.96''$

Longitud  $79^{\circ}58'0.48''$

**Figura 10.** Fotografía satelital de la Universidad Técnica de Machala



**Fuente:** Google Earth, 2014.

### 2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

#### 2.2.1 Descriptiva

Se describió la composición y concentraciones de las sustancias antioxidantes y compuestos fenólicos



### **2.2.2 Experimental**

Porque en este estudio se manipuló los porcentajes a distintas concentraciones en la salsa de tomate.

## **2.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

Se utilizó Cúrcuma de la especie *Longa linn*, y tomates rojos riñón.

## **2.4 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO**

### **2.4.1 Universo y Muestra**

Para la caracterización de la materia prima se utilizó 150 gramos de Cúrcuma (*Longa linn*) en polvo, comercializada por la empresa distribuidora CAMARI, ubicada en QUITO, su dirección es Marchena OE2-38 y Versalles en la cdl. Santa Clara.

Muestra: Será igual al universo considerando los criterios de inclusión/exclusión.

## **2.5 MÉTODOS**

Métodos analíticos para la determinación de sustancias antioxidantes:

### **2.5.1 Espectrofotométricos**

Desde hace muchos años se ha usado el color como ayuda para reconocer las sustancias químicas; al reemplazar el ojo humano por otros detectores de radiación se puede estudiar la absorción de sustancias, no solamente en la zona del espectro visible, sino también en ultravioleta e infrarrojo. (Staub, 2009).

Se denomina espectrofotometría a la medición de la cantidad de energía radiante que absorbe un sistema químico en función de la longitud de onda de la radiación, y a las mediciones a una determinada longitud de onda. La teoría ondulatoria de la luz propone la

idea de que un haz de luz es un flujo de cuantos de energía llamados fotones; la luz de una cierta longitud de onda está asociada con los fotones, cada uno de los cuales posee una cantidad definida de energía.

Es un instrumento que tiene la capacidad de manejar un haz de Radiación Electromagnética (REM), comúnmente denominado Luz, separándolo en facilitar la identificación, calificación y cuantificación de su energía.

Suficiencia, resolución, sensibilidad y rango espectral, dependerán de las variables de diseño y de la selección de los componentes ópticos que lo conforman. (Staub, 2009)

### **2.5.2 Absorbancia**

La absorbancia A de una solución se define mediante la ecuación:

$$A = -\log T = \log \frac{I_0}{I}$$

La mayor parte de los trabajos analíticos se realizan con soluciones de manera que vamos a desarrollarla relación que existe entre la concentración de la solución y su capacidad de absorber radiación. Cuando la luz atraviesa una sustancia, parte de la energía es absorbida (Staub, 2009).

El color de las sustancias se debe a que estas absorben ciertas longitudes de onda de la luz blanca que incide sobre ellas, y sólo vemos aquellas longitudes de onda que no fueron absorbidas. Las fuentes empleadas son lámpara de tungsteno y lámpara de arco de xenón. Al ser expuestos a la luz del espectrofotómetro, algunos electrones de los átomos que forman las moléculas absorben energía entrando a un estado alterado. Al recuperar su estado original, la energía absorbida es emitida en forma de fotones. Esa emisión de fotones es distinta para cada sustancia, generando un patrón particular, que varía con el largo de onda usado. Dependiendo del largo de onda, será la cantidad de energía absorbida por una sustancia, lo que logra generar un espectro particular nos dice cuanta cantidad de la sustancia que nos interesa está presente en la muestra. La concentración es proporcional a la absorbancia, según la Ley Beer-Lambert: a mayor cantidad de moléculas presentes en la muestra, mayor será la cantidad de energía absorbida por sus electrones.

$$\text{Abs} = K C L$$

Donde

Abs: absorbancia

K: coeficiente de extinción molar

C: concentración

L: distancia que viaja la luz a través de la muestra. (Normalmente es de 1 cm).

La cubeta promedio, que guarda la muestra, tiene dimensiones internas de un centímetro (L). La ecuación describe una línea recta, donde el origen es cero.

Si L es constante (1.0 cm) y se conoce el valor de K, podemos calcular C en base a Abs:  $\text{Abs} / K L = C$  luego  $\text{Abs} = C$  (Staub, 2009).

### 2.5.3 Transmitancia

Un haz de radiación paralela antes y después de que ha pasado a través de una capa de solución que tiene un espesor de b cm y una concentración c de una especie absorbente.

Como consecuencia de interacciones entre los fotones y las partículas absorbentes, la potencia del haz es atenuada. La transmitancia T de la solución es entonces la fracción de la radiación incidente transmitida por la solución:

$$T = \frac{I_0}{I}$$

La transmitancia se expresa a menudo como porcentaje:

$$\%T = \frac{I_0}{I} \times 100$$

El espectrofotómetro mide la absorbancia de una muestra en los espectros de luz ultravioleta y visible (200 a 850 nm). El largo de onda es determinado por un prisma que descompone el rayo de luz de acuerdo al largo de onda escogido. Luego la luz pasa por una hendidura que determina la intensidad del haz. Este haz atraviesa la muestra y llega a un tubo fotográfico, donde es medido. La cantidad de luz que atraviesa la muestra es el porcentaje (%) de transmitancia. Podemos usar esta unidad o cambiarla a absorbancia usando la siguiente ecuación.  $T = -\text{Log Abs}$  (Staub, 2009).

## **2.5.4 Potenciómetro pH**

En 1909, el químico danés Sorensen definió el potencial hidrógeno (pH) como el logaritmo negativo de la concentración molar (más exactamente de la actividad molar) de los iones hidrógeno.

Para medir el pH de una disolución podemos emplear dos métodos, en función de la precisión con que queramos hacer la medida. Para realizar medidas del pH que no necesiten ser muy precisas se utilizan unas sustancias llamadas indicadores, que varían reversiblemente de color en función del pH del medio en que están disueltas. Se pueden añadir directamente a la disolución o utilizarlas en forma de tiras de papel indicador. Para realizar medidas exactas se utiliza un pH-metro, que mide el pH (Peech, 1965).

### **2.5.4.1 Estandarización**

1. Prenda el medidor de pH y permita que se caliente
2. Mida la temperatura de la solución amortiguadora de pH 6.86 y ajuste el medidor con el botón de Temperatura
3. Inserte los electrodos en la solución de pH 6.86 y ajuste el pH a este valor en el medidor con el botón de calibrar
4. Elevar y enjuagar el electrodo con agua destilada
5. Inserte los electrodos en la solución de pH 4.00 y ajuste el pH a este valor en el medidor con el botón de Pendiente
6. Elevar y enjuagar los electrodos con agua destilada. (Sevilla, 1974)

### **2.5.4.2 Procedimiento**

Una vez calibrado el aparato de medición de pH, se procede a la medición de la muestra:

1. Mida la temperatura de la muestra y ajuste el medidor con el botón de Temperatura
2. Inserte los electrodos en la muestra y lea el pH correspondiente
3. Elevar y enjuagar el electrodo con agua destilada
4. Almacenar los electrodos en solución amortiguadora de pH 7 o menor (Leticia, 1995).

### **2.5.4.3 Cálculos:**

Anotar el valor del pH con las cifras significativas de acuerdo a la precisión del medidor de pH que se esté utilizando. Anotar también la temperatura de la muestra al determinarle el pH (Alexander & Bryan, 1979 ).

### **2.5.5 Sólidos totales**

La determinación de sólidos totales en muestras por desecación es un método muy utilizado, algunas de sus aplicaciones son: determinación de sólidos y sus fracciones fijas y volátiles en muestras sólidas y semisólidas como sedimentos de río o lagos, lodos aislados en procesos de tratamiento de aguas limpias y residuales y aglomeraciones de lodo en filtrado al vacío, de centrifugación u otros procesos de deshidratación de lodos (APHA, AWWA, & APLF, 1992).

Los sólidos en suspensión son aquellos que se encuentran en el agua sin estar disueltos en ellas, pueden ser sedimentables o no y, para determinar su cantidad en forma directa es complicado, para ello se calcula matemáticamente conociendo la cantidad de sólidos no sedimentables y de sólidos en suspensión y realizando una diferencia de estas dos medidas.

Mientras que los sólidos disueltos son todas las sustancias que se encuentran disueltas en el agua, no se pueden determinar de una forma directa, sino que tendremos que calcular su cantidad numéricamente restando a los sólidos totales los sólidos en suspensión (Hart & Fisher, 1991).

#### **2.5.5.1 Requisitos de las muestras:**

- Una vez tomadas las muestras en campo, estas deben ser mantenidas en un lugar y ambiente seguro, para que no sufran alteraciones, y ser trasladadas al laboratorio donde se le realizaran las pruebas.
- Dichas muestras, deben ser manejadas con precaución, debido a que si está, no se preserva a una temperatura de 4°C, puede alterar la lectura o mediciones de las mismas.

Procedimiento:

- Las muestras deben cumplir estrictamente, el procedimiento de Sólidos Totales (Método 2540-B), en cuanto a calentamiento, enfriamiento, reposo y mediciones necesarias.
  - Para la medición de cada muestra, se debe calibrar el equipo (Balanza analítica, Horno de secado), y asegurarse que el crisol no contiene ningún residuo que pueda afectar la medición o lectura de la muestra.
1. (Método 2540-B. Sólidos Totales rango de secados 103°C – 105°C)
    - a. Caliéntese un crisol limpio a 103°C – 105°C, durante una hora.
    - b. Consérvese el crisol en un desecador hasta que se necesite.
    - c. Elija un volumen de muestra que proporcione un residuo entre 2.5 y 200 mg.
    - d. Transfírase un volumen medido de muestra, bien mezclado al crisol previamente pesado y evapórese hasta que se seque en un baño de vapor o en un horno de secado (si es necesario agregue más muestra).
      - d.1 Si la evaporación se lleva a cabo en un horno de secado, reducir la temperatura hasta 2°C aproximadamente, por debajo del punto de ebullición (100°C), a fin de evitar salpicaduras.
    - e. Secar la muestra evaporada al menos durante una hora en un horno a 103 – 105°C.
    - f. Enfriar el crisol en un desecador para equilibrar la temperatura y pesar en una balanza analítica.
    - g. Efectué los cálculos necesarios y registre los mismos en su hoja de trabajo.
    - h. Finalmente, el analista de prueba, remite los datos tomados de las muestras (B, Sierra, M, & V, 2011).

#### **2.5.5.2 Cálculo de los resultados:**

Volumen de muestra (mg) de sólidos totales = (A - B) x 1000 Vol. (ml)

Dónde:

A = Peso del residuo seco más crisol en mg.

B = Peso del crisol en mg.

Vol. (ml) = Volumen de Muestra (ml .de la muestra). (Pearson, 1986).

### **2.5.6 Humedad**

Durante el balanceo de la ración, es fundamental conocer el contenido de agua en cada uno de los elementos que la compondrán; así mismo, es necesario vigilar la humedad en el alimento preparado, ya que niveles superiores al 8% favorecen la presencia de insectos y arriba del 14%, existe el riesgo de contaminación por hongos y bacterias (Cockerell & Francis, 1971).

#### **2.5.6.1 Procedimiento**

1. Pese alrededor de 5–10 g de la muestra previamente molida.
2. Coloque la muestra en un horno a 105°C por un mínimo de 12 h.
3. Deje enfriar la muestra en un desecador.
4. Pese nuevamente cuidando de que el material no este expuesto al medio ambiente.

#### **2.5.6.2 Cálculos**

El contenido en agua de la muestra se calcula por diferencia de peso y se expresa en % de humedad (g de H<sub>2</sub>O/100 g de muestra):

$$\% \text{ Contenido de Humedad} = \frac{(B - A) - (C - A)}{(B - A)} \times 100$$

Dónde:

A = Peso de la cápsula seca y limpia (g)

B = Peso de la cápsula + muestra húmeda (g)

C = Peso de la cápsula + muestra seca (g) (AOAC, 1984)

### **2.5.7 Cenizas**

El método aquí presentado se emplea para determinar el contenido de ceniza en los alimentos o sus ingredientes mediante la calcinación. Se considera como el contenido de minerales totales o material inorgánico en la muestra (AOAC, 1984).

### 2.5.7.1 Procedimiento

1. En un crisol de porcelana que previamente se calcinó y se llevó a peso constante, coloque de 2.5 a 5g de muestra seca.
2. Coloque el crisol en una mufla y calcínelo a 550°C por 12 horas, deje enfriar y páselo a un desecador.
3. Cuidadosamente pese nuevamente el crisol conteniendo la ceniza.

### 2.5.7.2 Cálculos

$$\% \text{ Contenido de ceniza} = \frac{A - B}{C} \times 100$$

Dónde:

A = Peso del crisol con muestra (g)

B = Peso del crisol con ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g) (Aldana & Guayasamín, 2014)

## 2.5.8 Determinación de la Capacidad Antioxidante

### 2.5.8.1 Método de DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil)

El Fundamento del método desarrollado por Brand-Willams, Y Berset, consiste en que este radical tiene un electrón desapareado y es de color azul-violeta, decolorándose hacia amarillo pálido por reacción con una sustancia antioxidante; la absorbancia es medida espectrofotométricamente. La diferencia de absorbancias, permite obtener el porcentaje de captación de radicales libres (Beltran & Mera Pilco, 2013).

Se evalúa la actividad antioxidante in vitro de los extractos hidro-alcohólicos mediante el método de Mensor. Se prepara diluciones en etanol acuoso de los extractos hidroalcohólicos hasta obtener concentraciones de 0,0 a 150,0 µg/mL. Se mezcló 1,0 mL de cada una de las diluciones con 0,5 mL de una solución 0,3 mM de DPPH en etanol y se dejó reaccionar a temperatura ambiente por 30 minutos; al término de los cuales se



procedió a medir la absorbancia de la mezcla a 517 nm. Todas las pruebas se realizaron por cuadruplicado.

Se calculó el porcentaje de actividad antioxidante de cada muestra de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad Antioxidante (\%)} = \left( \frac{AC-AM-AB}{AC} \right) \times 100$$

Dónde:

AM es la absorbancia de la muestra + DPPH

AB es la absorbancia del blanco (muestra + etanol)

AC es la absorbancia del blanco del reactivo (DPPH + etanol).

La concentración del extracto hidro-alcohólico que neutraliza al 50 por ciento de los radicales de DPPH (EC50, concentración efectiva media) se obtiene de la recta obtenida al graficar el porcentaje de actividad antioxidante versus la concentración de la muestra (g/mL) (Doroteoa, Díaz, Terryc, & Rojasa, 2012).

### **2.5.8.2 Método del Potenciómetro para Polifenoles Totales**

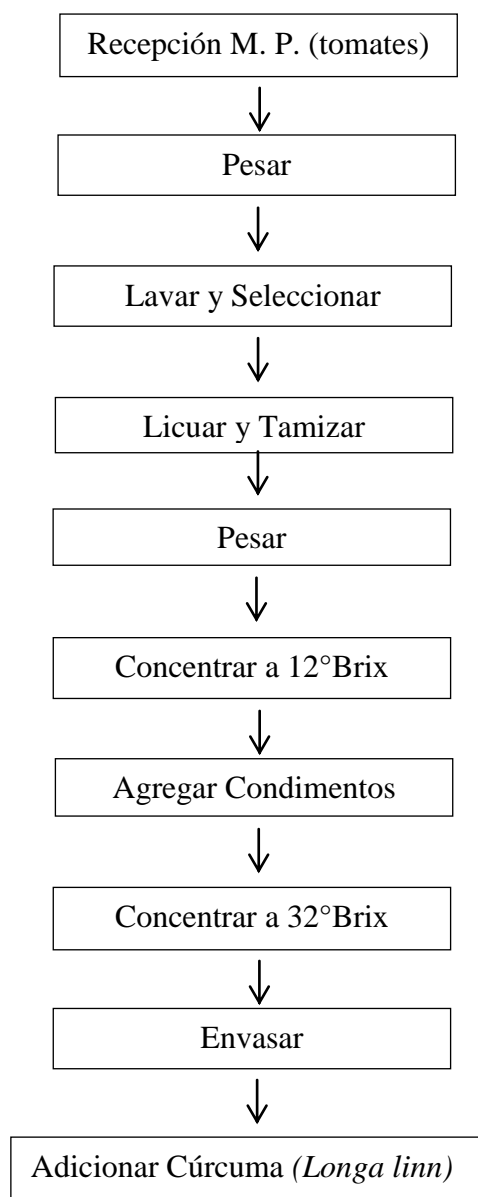
Para la cuantificación de los polifenoles totales a las muestras se ponen en maceración con 10 mL de una solución sintética (etanol 12%; SO<sub>2</sub> 10%; pH = 3,5 con CIH) en un baño termostático (3 h; 70°C), el macerado se centrifugó (4000 g, 4 min) y el sobrenadante se diluyó 1:100 con CIH 1% y se midió la absorbancia a 520 nm (antocianos) y a 280 nm (fenoles totales) con espectrofotómetro. (Riou & Asselin, 1996).

## **2.6. Diseño del Experimento**

En esta investigación se empleó un diseño de carácter descriptivo (describiendo la composición y concentraciones de las sustancias antioxidantes y compuestos fenólicos) y experimental (obteniendo los porcentajes a distintas concentraciones de la salsa de tomate).

## 2.6 Elaboración de la Salsa de tomate más la adición de Cúrcuma (*Longa linn*).

**Figura 11.** Diagrama de flujo en el proceso de la elaboración de salsa de tomate y adición de Cúrcuma (*Longa linn*).



**Fuente:** Correa 2015.

### **2.6.1 Recepción de Materia Prima**

Se receiptan tomates de característica riñon procedentes del mercado de Machala frescos y maduros.

### **2.6.2 Pesar**

Para la elaboración de salsa de tomate se necesitó un kilogramo de tomates.

### **2.6.3 Lavar y Seleccionar**

Los tomates se lavaron manualmente con agua potable y seleccionaron los tomates maduros, frescos sin cortes ni abolladuras y finalmente se enjuagó con agua destilada.

### **2.6.4 Licuar y Tamizar**

El equipo que se utilizó fue un Rota vapor lo cual tiene un balón de 1000 gramos cantidad que no se pudo exceder para el peso de jugo de tomate por lo tanto se usó una licuadora pequeña en donde se tamizo para apartar las semillas del tomate.

### **2.6.5 Pesar**

Se pesa el jugo de tomate dando como resultado 600 gramos.

### **2.6.6 Concentración**

En este punto se necesita concentrar para que se forme la pasta de tomate eliminando el exceso de agua después de cuatro horas y midiendo con un brixómetro hasta que indique 12°Brix.

### **2.6.7 Adicionar Condimentos**

Una vez que esta lista la pasta de tomate y basándome a la fórmula se añade las cantidades 61,10 g de azúcar, 37,09 g de vinagre, 10,74 g de sal, 2,51 g de CMC.

### 2.6.8 Concentrar

Después que se mezclen los condimentos se busca concentrar de 32°Brix a 35°Brix en donde se considera salsa de tomate lo cual ocurrió a los 30 minutos considerando que se lo hizo en un Rotavapor.

### 2.6.9 Envasar

Con la cantidad obtenida de salsa de tomate fue de 267,72 gramos se dividió en cinco envases cada uno de 50 gramos.

### 2.6.10 Adición de Cúrcuma (*Longa linn*)

Después de la determinación de la concentración de Cúrcuma (*Longa linn*) en la salsa de tomate al final se le adiciona desde 0, 0.1, 0.2, 0.3, y 0.4 gramos de Cúrcuma (*Longa linn*) para cada envase.

## 2.7 Determinación de la concentración de Cúrcuma (*Longa linn*) en la salsa de tomate.

El peso neto en salsa de tomate fue 267,72 gramos que se envasó para cinco muestras en salsa de tomate, cada uno correspondiente a 50 gramos en peso neto.

Para cada muestra corresponde al 0, 0.1, 0.2, 0.3, y 0.4 gramos de Cúrcuma (*Longa linn*) de acuerdo al peso de la muestra de salsa.

**Cuadro 2.** Concentración de Cúrcuma (*Longa linn*) en Salsa de tomate

Salsa de tomate (50 g)	Concentración de Cúrcuma ( <i>Longa linn</i> ) (g/g)				
	0	0,1	0,2	0,3	0,4

**Fuente:** Correa, 2015.

## 2.8 Determinación de la capacidad antioxidante de los extractos de cúrcuma aplicados en salsa de tomate.

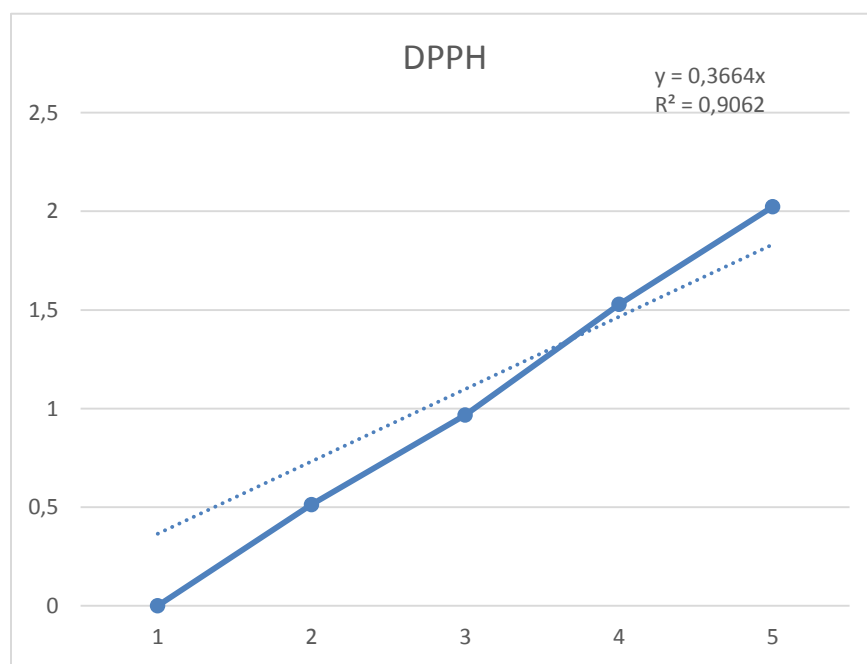
La capacidad antioxidante se cuantifica al realizar la curva de calibración del patrón de referencia reemplazando en “y” para encontrar el coeficiente de inhibición media el valor de 50 “y” la  $x=IC_{50}$ , es decir, la concentración de compuestos antioxidantes que es capaz de inhibir el 50% del radical DPPH.

### 2.8.1 Preparación de reactivos a utilizar

Para esto se prepara una solución de 2000 mg/ml (pesar 10 mg de DPPH se disuelve en balón volumétrico de 50 ml hasta el enrase con metanol) se toma 1 ml de la solución de 2000 mg/ml y se lleva a un balón volumétrico de 100 ml hasta el enrase y se tiene una solución de 20 mg/ml.

### 2.8.2 Curva de calibración

**Grafico 1.** Curva de calibración del reactivo DPPH



**Fuente:** Correa 2015

Para la realización de la curva de calibración se utiliza al ácido ascórbico como patrón, se realiza concentraciones de 10 ug/ml, 20 ug/ml, 30 ug/ml, 40 ug/ml, 50 ug/ml, 75 ug/ml, 100 ug/ml.

Se prepara una solución de 4000 ug/ml (100 mg de vitamina C se disuelve en 15 ml de agua destilada pasar a un balón volumétrico de 25 ml y enrasar con agua destilada) a partir de esta, se hace diluciones de 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 200, 1000 ug/ml.

Para preparar a partir de 4000 ug/ml una solución de 1000 ug/ml (tomar 2,5 ml de solución de 4000 ug/ml aforar en un balón volumétrico de 10 ml con agua destilada).

Para preparar la solución de 200 ug/ml (tomar 1 ml de la solución de 1000 ug/ml y aforar con agua destilada en un balón de 10 ml).

Para preparar la solución de 75 ug/ml (tomar 0,75 ml de la solución de 1000 ug/ml y aforar con agua destilada en un balón volumétrico de 10 ml).

Para la solución de 50 ug/ml (tomar 2,5 ml de la solución de 200 ug/ml y aforar el balón volumétrico de 10 ml con agua destilada).

Para preparar la solución de 40 ug/ml (tomar 4 ml de la solución de 100 ug/ml y aforar con agua destilada en un balón volumétrico de 10 ml).

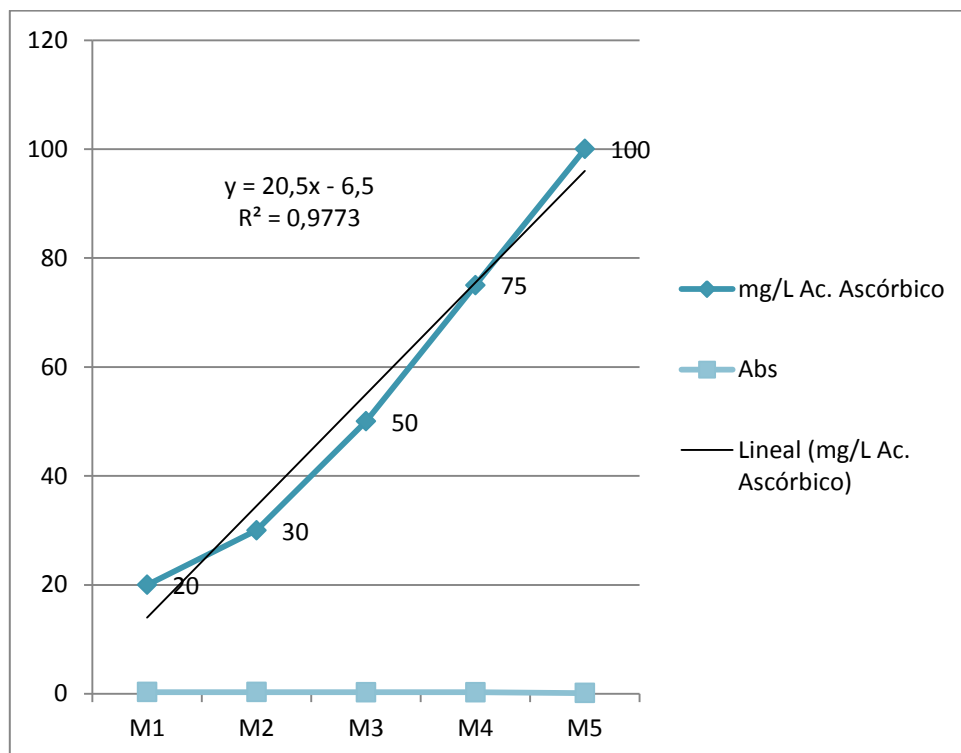
Para la solución de 30 ug/ml (tomar 3 ml de la solución de 100 ug/ml y aforar en el balón volumétrico de 10 ml con agua destilada).

Para preparar la solución de 20 ug/ml (tomar 2ml de la solución de 100 ug/ml y aforar en el balón volumétrico de 10 ml).

Para preparar la solución de 10 ug/ml (tomar 1 ml de la solución de 100 ug/ml y aforar el balón volumétrico de 10 ml con agua destilada).

De cada una de estas concentraciones se toma 0,5 ml y se le adiciona 1,5 ml de DPPH, se deja en reposo por 5 minutos y se lee a 517 nm.

**Grafico2.** Curva de calibración del reactivo Ácido Ascórbico.



**Fuente:** Correa 2015.

### 2.8.3 Preparación de los extractos hidro-etanolica (50:50) para los análisis

Se prepararon diluciones en etanol acuoso de los extractos hidro-alcohólicos al 50:50. Se mezcló 3,75 ml de cada una de las diluciones con 1,25 ml de una solución de DPPH en etanol y se dejó reaccionar a temperatura ambiente por 30 minutos; al término de los cuales se procedió a medir la absorbancia de la mezcla a 517 nm.

### 2.8.4 Preparación del blanco

El blanco se prepara adicionando en un tubo de ensayo metanol-agua 2:1.

### 2.8.5 Preparación del blanco de la muestra

Se toma 0,5 ml de muestra y se adiciona 1,5 de metanol.

### **2.8.6 Preparación del patrón de referencia**

Se prepara con 1,5 ml de DPPH y 0,5 ml de agua destilada.

### **2.8.7 Medición de la capacidad antioxidante en la muestra de estudio.**

La capacidad antioxidante de los extractos se evalúa mediante la capacidad captadora del ml de las soluciones hidro-etanólica (50:50) en varias concentraciones preparadas anteriormente en el punto 3; las mezclas se dejan en reposo y en ausencia de luz durante 30 minutos. Transcurrido este tiempo se lee la absorbancia a 517 nm en el espectrofotómetro. Los resultados fueron relacionados con la referencia del ácido ascórbico.

## **2.9 RECURSOS A EMPLEADOS**

### **2.9.1 HUMANOS:**

- ✓ Tutor
- ✓ Investigador

### **2.9.2 FÍSICOS**

#### **2.9.2.1 REACTIVOS**

- ✓ DPPH
- ✓ Ácido ascórbico
- ✓ Etanol
- ✓ Metanol
- ✓ Agua destilada

#### **2.9.2.2 EQUIPOS**

- Espectrofotómetro FISCHER ISO TEMP, modelo 11-102-49SH
- Estufa Memmert, modelo U400
- Mufla



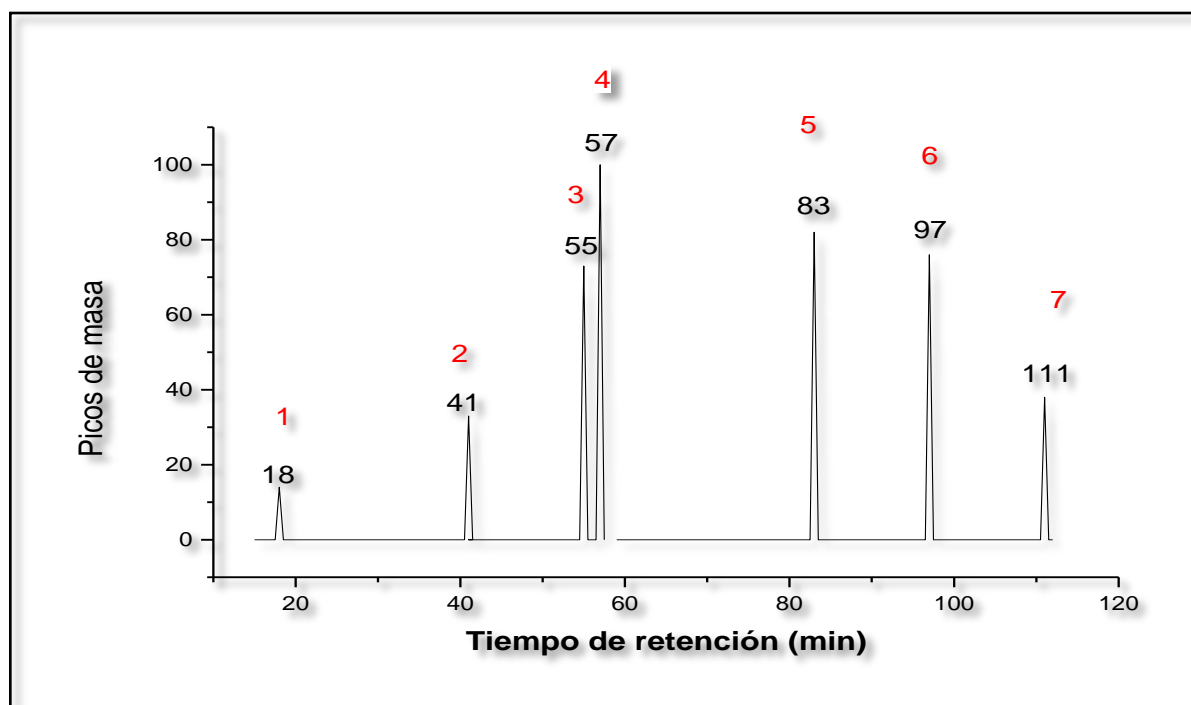
- Crisol o placa de evaporación
- Desecador.
- Horno de Secado
- Balanza de análisis
- Cocineta
- Rotavapor
- Crisoles de porcelana.
- Cápsula de porcelana
- Agitador BOCCO
- Pipetas QUALICOLOR
- Balones volumétricos
- Vasos de precipitación MARIENFELD
- Embudos de vidrio
- Gradilla
- Papel de Aluminio
- Papel Filtro
- Frascos con tapas
- Utensilios de cocina, cuchillo, cernidor
- Bata de Laboratorio
- Mascarilla

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 CUANTIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CÚRCUMA (*Longa linn*).

Los antioxidantes son sustancias que actúan protegiendo al organismo de la acción de los radicales libres, causantes de los procesos de envejecimiento y de algunas otras enfermedades (Gutierrez, Ledesma, Garcia, & Grajales, 2007). A continuación en la figura 13, se muestra la capacidad antioxidante de la Cúrcuma (*Longa linn*).

**Figura 12.** Capacidad antioxidante de la Cúrcuma (*Longa linn*).



**Fuente:** (Eunice, Alba, & David, 2009).

En la figura 12 se muestra un cartograma de la presencia de compuestos antioxidantes en el extracto acuoso de Cúrcuma (*Longa linn*) como la curcumina, 1,7-bis (4-hidroxi-3-metoxifenol)-1,6-heptadieno-3,5-diona) o diferuloilquinona).

### 3.1.1 Caracterización del rizoma en polvo *Cúrcuma (Longa linn)* determinando polifenoles totales

Para caracterización de la muestra *Cúrcuma (Longa linn)* se determinó el total de sus polifenoles presentes en los curcuminoides y comprenden el 2-9% de la planta, siendo los mayoritarios y más usados comercialmente el diferuloilmetano (curcumina I) con una proporción en la planta del 77%, demetoxicurcumina (curcumina II) en proporción de 17%, bisdemetoxicurcumina (curcumina III) en un 3%, y la recientemente descubierta ciclocurcumina (Taylor & Leonard, 2011). El curcuminóide más importante es la curcumina, que se obtuvo por primera vez por síntesis en el laboratorio de S. Kostanecki en Berna en 1913 (Gryniewicz, 2012).

**Figura13.** Análisis de Polifenoles Totales.

ANALISIS	POLIFENOLES	IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-CSAIA-15	
METODO REF.	CROS E Y MARIGO G.1982/1973	
UNIDAD	mg/g	CÚRCUMA
15-0136	53,95	

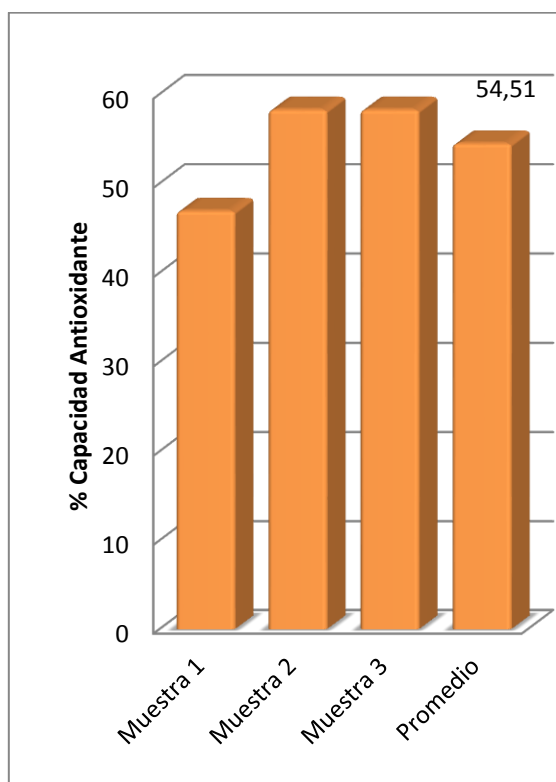
**Fuente:** Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP.

En la figura 13 se muestra la cuantificación de fenoles existentes en la muestra del analito *Cúrcuma (longa linn)* dando como resultado 53,95 mg/g.

### 3.1.2 Cuantificación de la Capacidad Antioxidante mediante el método de captación de radicales DPPH.

En la cuantificación de la capacidad antioxidante por el método del DPPH se consideró como extractos activos, aquellos que presentaron un porcentaje de actividad antioxidante superior al 25%; valor que se usó como referencia considerando que equivale a la mitad de la actividad antioxidante presentada por la hidroquinona (Tovar del Río, 2013).

**Figura 14.** Porcentajes de Capacidad Antioxidante en el rizoma en polvo de Cúrcuma (*Longa linn*).



**Fuente:** Correa 2015.

En el figura 14 se muestra los porcentajes de inhibición para la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos del rizoma en polvo Cúrcuma (*Longa linn*). Se analizó 0,1 gramos de Cúrcuma (*Longa linn*) por triplicado obteniendo como resultados en el ensayo del reactivo DPPH para la muestra 1 tiene un porcentaje de inhibición del 46,96% y en las

siguientes muestras 2 y 3 se iguala con un %58,29 respectivamente, obteniendo un promedio de 54,51% porcentaje de actividad de captación de radicales DPPH.

### 3.1.3 Obtención de los parámetros físicos químicos del rizoma en polvo de *Cúrcuma (Longa linn)*.

Los resultados obtenidos de los análisis físicos químicos del rizoma en polvo de *Cúrcuma (Longa linn)* se muestran en el cuadro 3. Comparando la *cúrcuma* nacional producida en el Ecuador con respecto a los productos de la India, Colombia y Venezuela presentó un menor contenido de humedad 9,25% que las de los países de India 11,18%, Colombia 11,47% y Venezuela 9,77% (Barrero & Carreño, 1999).

**Cuadro 3.** Parámetros Físicos Químicos de *Cúrcuma (Longa linn)*

Parámetros Físicos Químicos del rizoma	Cantidad
<b><i>Cúrcuma (Longa linn)</i></b>	
% Humedad	9,25
% Ceniza	10,41
Solidos Totales	90,75
pH	7,10

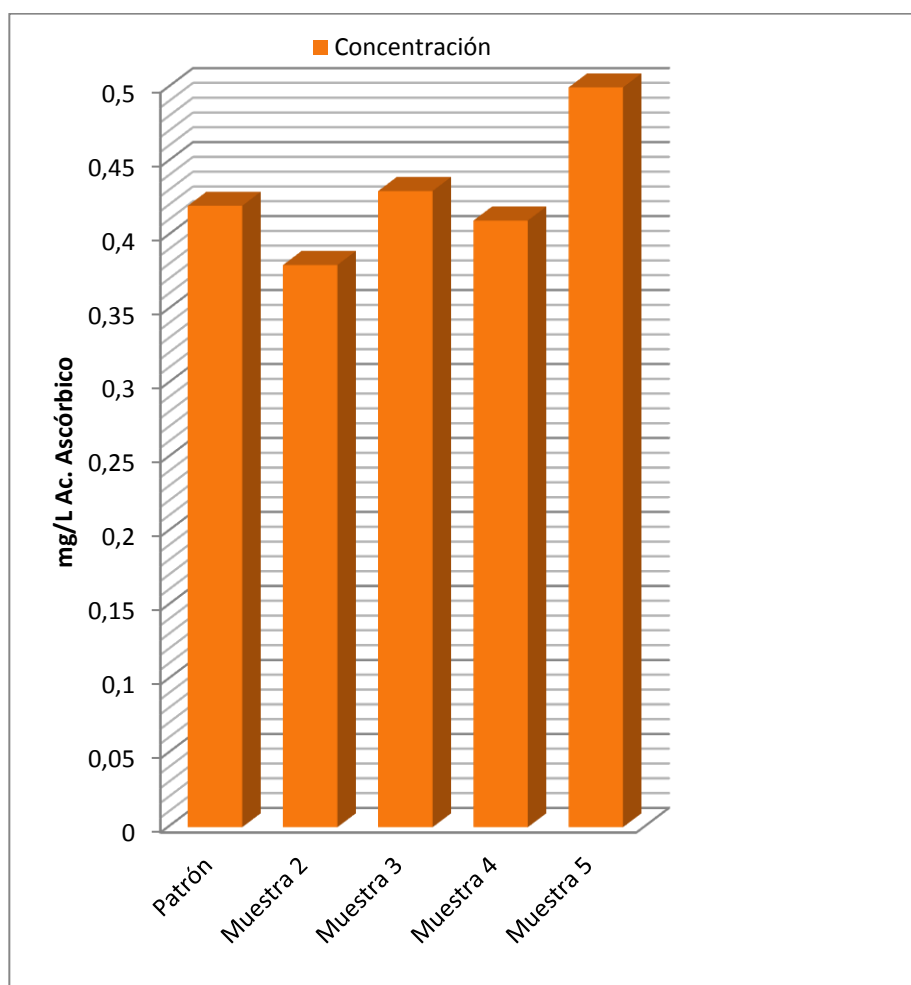
**Fuente:** Correa 2015.

Como podemos apreciar en el cuadro 3 la *cúrcuma* tiene un porcentaje de ceniza (10,41%), solidos totales (90,75%), y el contenido de humedad de la muestra del rizoma en polvo de la *Cúrcuma (Longa linn)* es bajo del (9,25%), se muestra con un pH neutro (7,1) resultados que se podría inferir en la variedad que se cosecha en el Ecuador es la *Cúrcuma (Longa linn)*, utilizada como colorante en alimentos y como especia.

### 3.2 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE EXTRACTO ACUOSO DE CÚRCUMA (*Longa linn*) QUE SE ADICIONA A LA SALSAS DE TOMATE.

La adición de extracto acuoso de cúrcuma a la salsa de tomate, modifica el color y el sabor.

**Figura 15.** Concentración Ácido Ascórbico de Cúrcuma (*Longa linn*) en la salsa de tomate.



**Fuente:** Correa 2015.

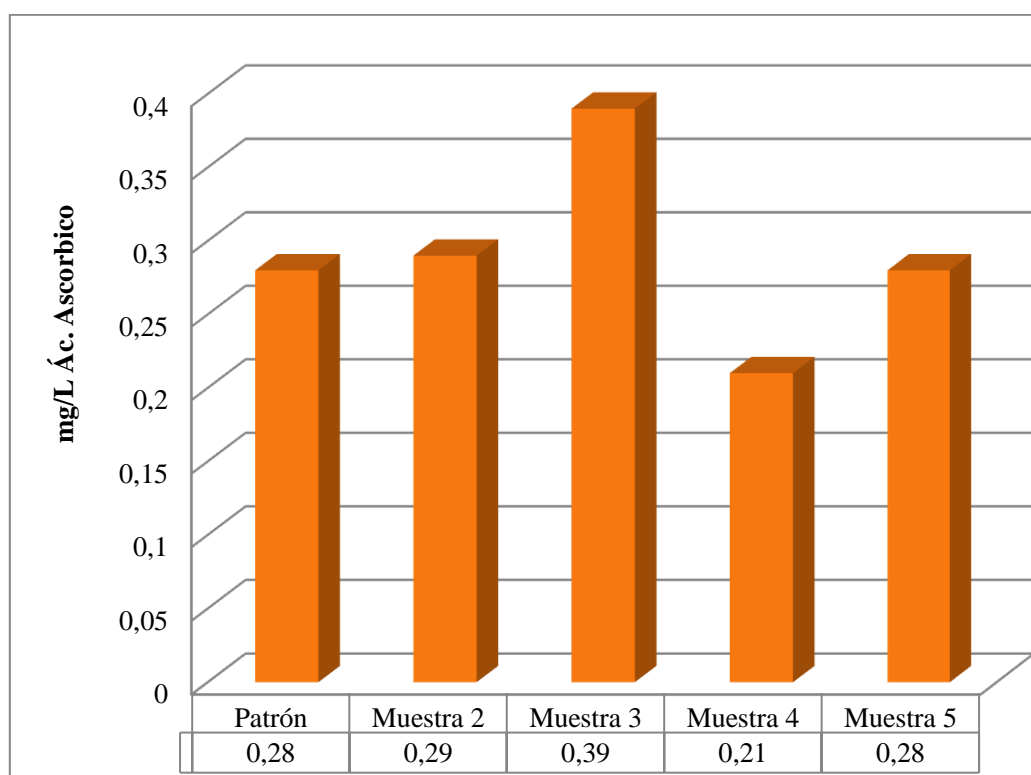
En la figura 15 las concentraciones de ácido ascórbico en Cúrcuma (*Longa linn*) 0,01 gramos en la salsa de tomate tomando como muestra 1 gramo de la muestra 1 o patrón presenta una concentración (0,42 mg/L Ac. Asc.), para la muestra 2 una concentración del

(0,38 mg/L Ac. Asc.), con una diferencia para la muestra patrón de 0,04 mg/L Ac. Asc. Para la muestra 3 una concentración de (0,43 mg/L Ac. Asc.), diferencia para la muestra patrón de 0,01 mg/L Ac. Asc. En la muestra 4 concentración (0,41 mg/L Ac. Asc.), coincidiendo una diferencia para la muestra patrón del 0,01 mg/L Ac. Asc. En la muestra 5 se observa una alta concentración (0,50 mg/L Ac. Asc.), con una significativa diferencia del 0,08 mg/L Ac. Asc.

### 3.2.1 Concentraciones de Ac. Ascórbico en las muestras con el reactivo DPPH

#### Cúrcuma (*Longa linn*) en salsa de tomate.

**Figura 16.** Concentraciones de Ac. Ascórbico en las muestras con el reactivo DPPH Cúrcuma (*Longa linn*) en salsa de tomate.



**Fuente:** Correa 2015.

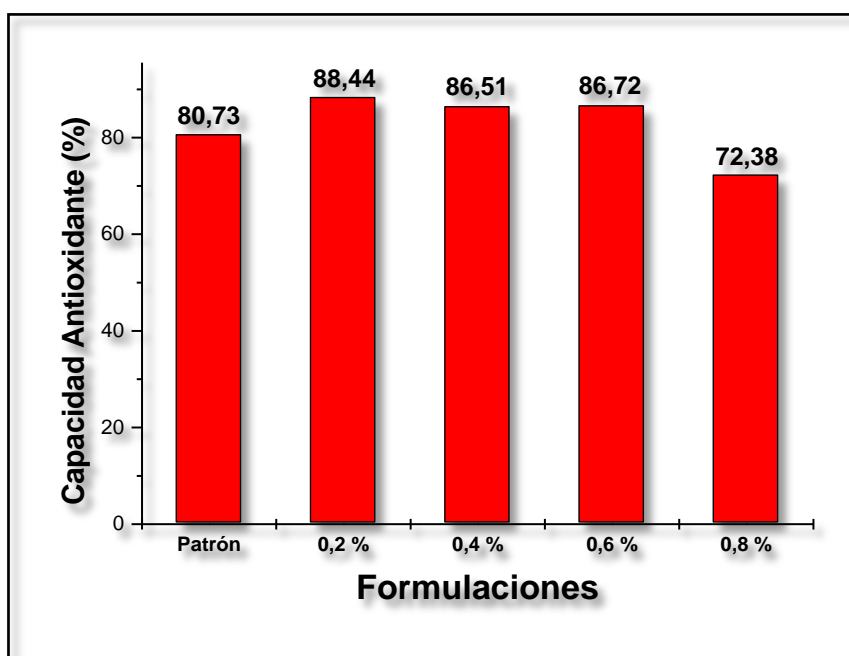
En la figura 16 la concentración de la muestra 1 o patrones (0,28 mg/L Ac. Asc.), En la muestra 2 la concentración es (0,29 mg/L Ac. Asc.), diferenciándose del patrón con un 0,01 mg/L Ac. Asc. En la muestra 3 la concentración (0,39 mg/L Ac. Asc.), y tiene una diferencia con la muestra patrón de 0,11 mg/L Ac. Asc. Indicando que aumenta considerablemente. En la muestra 4 la concentración es (0,21 mg/L Ac. Asc.), obteniendo una diferencia con la muestra patrón del 0,07 mg/L Ac. Asc., y en la muestra 5 la concentración es (0,28 mg/L Ac. Asc.), indicando que no hay diferencia.

### 3.3 CUANTIFICACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ANTIOXIDANTES PRESENTAS EN LA SALSA DE TOMATE.

La adición de extracto acuoso de cúrcuma a la salsa de tomate, modifica el color y el sabor.

#### 3.3.1 Cuantificación de la Capacidad Antioxidante de los extractos etanólicos de Cúrcuma (*Longa linn*) en la salsa de tomate.

**Figura 17.** Porcentaje de la Capacidad Antioxidante de los extractos etanólicos de Cúrcuma (*Longa linn*) en la salsa de tomate.



**Fuente:** Correa 2015.



Como nos indica la figura 17, se incrementa la capacidad antioxidante en un 7,71 % en la formulación 1 con respecto a la muestra patrón, en la fórmula 2 se incrementa en 5,78%, en la formulación 3 5,99 % y en la formulación 4 se reduce la capacidad antioxidante, lo cual indica que la elevada concentración de sólidos, necesita mayor tiempo y mayor temperatura para elaboración de la salsa de tomate, lo cual afecta la capacidad antioxidante.

### 3.3.2 Concentraciones Inhibitoria Media para la capacidad antioxidante de *Cúrcuma (Longa linn)* en la salsa de tomate.

**Cuadro 4.** Concentración Inhibitoria Media para la capacidad antioxidante de *Cúrcuma (Longa linn)* en la salsa de tomate.

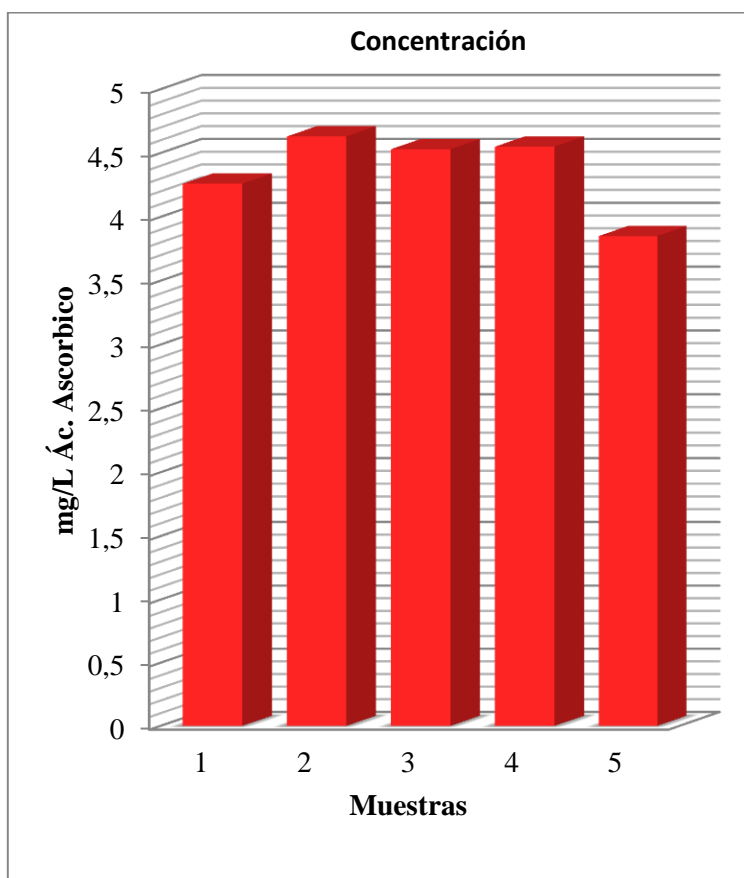
Salsa de tomate + <i>Cúrcuma (Longa linn)</i>	Ensayo DPPH	
	% Capacidad Antioxidante	IC50 mg/L
<b>PATRON</b>	80,73	41,32
<b>M1</b>	88,44	31,45
<b>M2</b>	86,51	50
<b>M3</b>	86,72	50
<b>M4</b>	72,38	43,48

**Fuente:** Correa 2015.

En el cuadro 5 se observa la concentración de inhibición media para los porcentajes de capacidad antioxidante de *Cúrcuma (Longa linn)* en la muestra patrón es de (41,32mg/L) y para las siguientes muestras va desde (31,45 mg/L a 50 mg/L) a lo que corresponde que es más concentrada la muestra 1 y por ende una mayor concentración de antioxidantes.

### 3.3.3 Concentraciones de la actividad de captación de radicales DPPH de Cúrcuma (*Longa linn*) en la salsa de tomate.

**Figura 18.** Concentración en el ensayo DPPH de Cúrcuma (*Longa linn*) en la salsa de tomate.

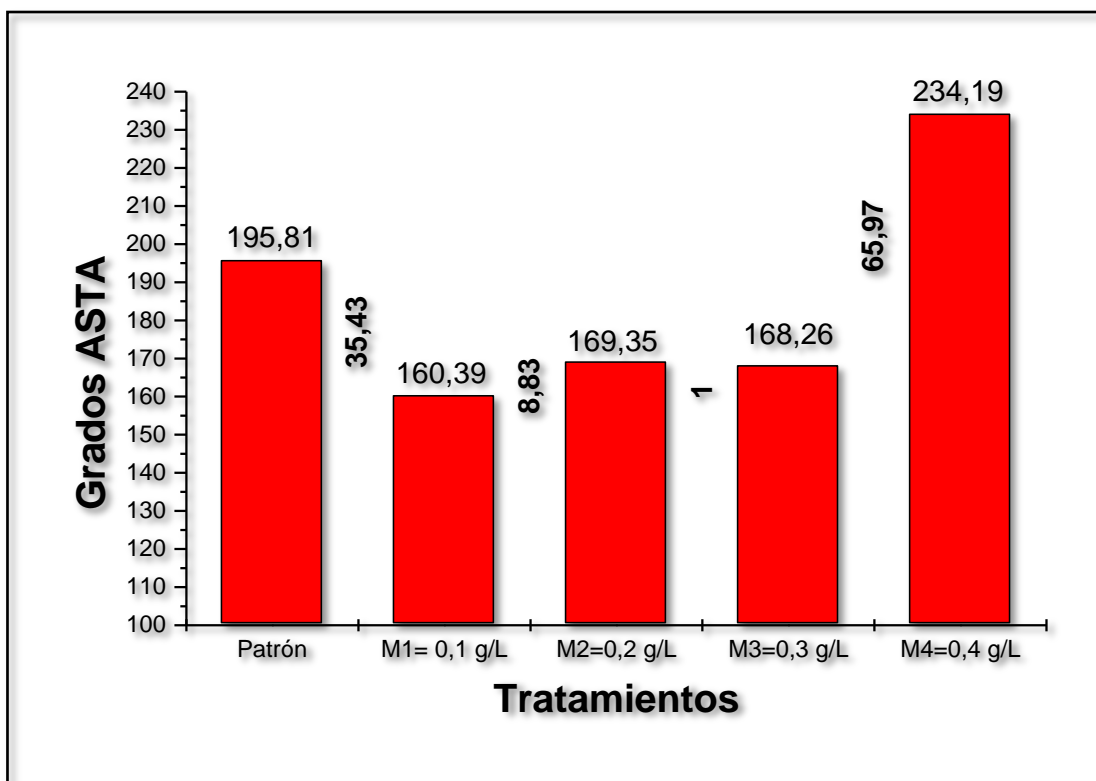


**Fuente:** Correa 2015

En la figura 18 se muestran la concentración de ácido ascórbico para la muestra 1 o patrón (4,26 mg/L ác. asc.), en la muestra 2 el resultado es favorable (4,63 mg/L ác. asc.), mientras que en la muestra 3 baja a (4,53 mg/L ác. asc.), en la muestra 4 no tiene mucha diferencia (4,55 mg/L ác. asc.), disminuye en la muestra 5 (3,85 mg/L ác. asc.).

### 3.3.4 Medición de color por el método ASTA en la muestra de Cúrcuma (*Longa linn*) en la salsa de tomate.

**Figura 19.** Porcentaje del color por el método de los grados ASTA



**Fuente:** Correa 2015.

En la figura 19 se muestran los resultados del porcentaje de los grados para el color por el método ASTA indicando en la muestra patrón (195,85%), en la muestra 1 (160,39%) diferenciándose entre los dos porcentajes 35,43 para la muestra 2 (169,35%) seguido de una diferencia de 8,83, en la muestra 3 se indica (168,26%) sin diferencia con la muestra anterior y en la muestra 4 se nota una gran diferencia de 65,97 logrando grados ASTA (234,19%) es el valor más alto a lo que corresponde al color con 0,4 gramos de Cúrcuma (*Longa Linn*) en 0,1 gramo de muestra para el análisis.

**3.3.5 Análisis ANOVA para el método del color ASTA por Tratamientos de Cúrcuma (*Longa linn*) en salsa de tomate.**

**Tabla 3.** Análisis de varianza (ANOVA) de los grados ASTA en los tratamientos estudiados.

<b>Análisis de varianza</b>					
Fuente	suma de cuadrados	Df	cuadrática media	F-Ratio	P-Value
entre grupos	11018,1	4	2754,53	1586,21	0
dentro de los grupos	17,36	10	1,73		
Total (Corr.)	11035,5	14			

**Fuente:** Correa 2015.

La tabla 3 nos muestra el análisis de los grados ASTA en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro del grupo. El valor de P de la prueba F es menor que ( $p < 0,05$ ), si existe diferencia estadísticamente significativa entre los cuatro tratamientos estudiados. A continuación en la tabla 4 se muestra la prueba de Tukey aplicada al experimento.

**Tabla 4.** Prueba de Tukey de los cuatro tratamientos estudiados

Contraste	Diferencia	+/- Límites
M1= 0,1 g/L - M2=0,2 g/L	*-8,87333	3,54139
M1= 0,1 g/L - M3=0,3 g/L	*-7,87333	3,54139
M1= 0,1 g/L - M4=0,4 g/L	*-73,8433	3,54139
M1= 0,1 g/L - Patron	*-35,4333	3,54139
M2=0,2 g/L - M3=0,3 g/L	1,0	3,54139
M2=0,2 g/L - M4=0,4 g/L	*-64,97	3,54139
M2=0,2 g/L - Patron	*-26,56	3,54139
M3=0,3 g/L - M4=0,4 g/L	*-65,97	3,54139
M3=0,3 g/L - Patron	*-27,56	3,54139
M4=0,4 g/L - Patron	*38,41	3,54139
*Indica una diferencia estadísticamente significativa		

**Fuente:** Correa 2015.

Esta tabla se aplicó un procedimiento de comparación múltiple para determinar que los medios son significativamente diferentes de las que otros. Este método se utilizó para discriminar la diferencia estadística mínima. Con este método, existe un riesgo de 5,0% de llamar a uno o más pares significativamente diferente cuando su real diferencia es igual a 0.

## 4 CONCLUSIONES

Se determinó la concentración óptima de Cúrcuma (*Longa linn*) de acuerdo al peso neto de la muestra 267,72 gramos que corresponden a muestras para los análisis de 0 g para el testigo, para el segundo ensayo 0,1 g, para el tercer ensayo 0,2 g para el cuarto ensayo 0,3 g y para el quinto ensayo 0,4 g en todos. En el análisis de ácido ascórbico corresponden los mismos valores con la bibliografía citada, 0,07 miligramos de ácido ascórbico parámetro comparativo para las concentraciones.

Se ha evaluado la capacidad antioxidante siendo mayor el porcentaje de la muestra 2 con un %88,44 debiéndose a que los antioxidantes del tomate y conjuntamente con las muestras del analito Cúrcuma (*Longa linn*) es aún más alto comparado con la Alchorneacordifolia (Africa) por el ensayo DPPH con un porcentaje de inhibición de 77%. En el testigo de la salsa de tomate se obtuvo un pH básico de 2,8 y volviéndose más ácido al añadir Cúrcuma (*Longa linn*) llegando a 3,7 de pH.

Se estableció que la concentración inhibitoria media de 88,44% ha sido 31,45 mg/L confirmando la teoría que indica entre más bajo es el valor de la concentración inhibitoria media, mayor es el porcentaje de capacidad antioxidante.

## 5 RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer un estudio de anaquel con el objetivo de verificar si las características físicas y químicas han cambiado del producto. Evaluando una vez más su capacidad antioxidante.

Evaluar por diferentes métodos existentes de capacidad antioxidante como los son ABTS, FRAP, ORAC entre otros y compararlos con esta investigación.

Realizar pruebas de inhibición bacteriana en los extractos de los curcuminoides y en el producto final.

De acuerdo al alto porcentaje de actividad antioxidante que tienen Cúrcuma (*Longa linn*), utilizarlo en más alimentos realizando el respectivo análisis de capacidad antioxidante.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Adegoke, G., Kumar, M., Krishna, A., Varadaraj, M., Sambaiiah, K., & Lokesh, B. (1998). Antioxidants and lipid oxidation in foods. En *A critical appraisal. JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-MYSORE* (págs. 283-298 Volume: 35 Issue: 4).
- Aldana, P. C., & Guayasamín, P. L. (2014). Determinación de cenizas totales. En P. C. Aldana, & P. L. Guayasamín, *Evaluación de la actividad antioxidante de los extractos (alcohólico y acuoso) de las hojas de ficus citrifolia y caracterización química de los polifenoles* (págs. 22,23). Quito: Tesis.
- Alexander, F., & Bryan, P. L. (1979 ). Normalización de electrodos. En F. Alexander, & P. L. Bryan, *Química física práctica* (pág. 345). Reverte.
- Alvis, A., Arrazola, G., & Martinez, W. (2012). Evaluación de la Actividad y el Potencial Antioxidante de Extractos Hidro-Alcohólicos de Cúrcuma (*Cúrcuma longa*). En ScieLo, *Información Tecnológica* (págs. pp. 11-18.). Chile: La Serena Vol. 23, N° 2.
- Anderson, G. F., & Pedro, N. M. Medidas pH. En G. F. Anderson, & N. M. Pedro, *Experimentos de Química Orgánica* (págs. 23,24). Ediciones Elizcom.
- AOAC. (1984). Análisis Proximales. En D. d. Pesca, *Manual de tecnicas para laboratorio de nutricion de peces y crustaceos...* Deposito de documentos FAO.
- APHA, AWWA, & APLF. (1992). Determinación de sólidos. En APHA, AWWA, & APLF, *Métodos normalizados para análisis de aguas y aguas residuales* (págs. 1-3). New York : American Public Health Association Enc. Edición 17.
- Artechega, Vanalocha, V., & Guenechea, S. J. (1999). Vademecum de prescripción de plantas medicinales. En *Monografía de Curcuma longa* (págs. (monografía en CD-ROM)). Barcelona: Masson.
- B, S. E., Sierra, G. O., M, B., & V, F. J. (2011). Evaluación de la actividad antioxidante del tomate crudo y procesado. *Fac. Agron. LUZ* , 278.
- Barrero, M., & Carreño, R. (1999). Evaluación de los pigmentos de Curcuma cultivada en Venezuela. *Agronomia tropical* , 49(4), 491-504.
- Beltran, S. A., & Mera Pilco, J. G. (2013). Elaboración del tuberculo mashua (*tropaeolum tuberosum*) troceada en miel y determinación de la capacidad antioxidante.
- Benavides, A., Hernández, R. E., & Ramirez, H. y. (2010). En *Tratado de Botánica Económica Moderna. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista,Saltillo, Coah.,México: ISBN: 968844-050-7.*



- Blumenthal, M., & Goldberg, A. y. (2000). Cúrcuma I (Curcuma longa L.). En *Herbal Medicine: Expanded Commission E Monographs*. . Austin, TX: American Botanical Council; Newton, MA: Integrative Medicine Communications.
- Bonte, F., NoelHudson, M., Wepierre, J., & Meybeck, A. (1997). Protective effect of curcuminoids on epidermal skin cells under free oxygen radical stress. . En *PLANTA MEDICA* (págs. 265-266 Volume: 63 Issue: 3).
- Cardenas, E., & Packer, L. (1996). Los antioxidantes presentes en los alimentos. En *Handbook of Antioxidants*. New York, USA: Marcel Dekker Inc.
- Casas, J., Castillo, H., Noy, J., & Rodríguez, A. P. (2009). Elaboración de papel indicador a base de extractos naturales: una alternativa fundamentada en experiencias de laboratorio para el aprendizaje del Concepto de pH. *Eureka Enseñ. Divul.* , 9(2):302-314.
- Chandram, B. y. (2012). A randomized, pilot study to assess the efficacy and safety of curcumin in patients with active rheumatoid arthritis. *Phytother Res*.
- Chattopadhyay, I., Biswas, K., & Bandyopadhyay, U. &. (2004). Turmeric and curcumin. En I. Chattopadhyay, K. Biswas, & U. &. Bandyopadhyay, *Biological actions and medicinal applications* (págs. pág. 87(1) 44-53). Current science.
- Chaves, M. (2009). *Cúrcuma o turmeric antioxidantes y protector*. Colombia.
- Claudia, A. S. (2005). *Manual de Practicas Biología Molecular de la Celula L*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias.
- Cockerell, I., & Francis, B. &. (1971). Changes in nutritive value of concentrate feedingstuffs during storage. . London, U.K: Tropical Products Institute.
- Cos, S., Pérez, P., Pérez, U., & Carril, E. (2014). Cúrcuma I (Curcuma longa L.). *REDUCA Biología* , Págs. 3-12.
- Deinstrop, E. H. (1998). *Dünnschicht-Chromatographie, Praktische Durchführung und Fehlervermeidung*. Wiley VCH.
- Delgado, V. F., & Paredes, L. O. (2003). En *Natural colorants for food and nutraceutical uses*. CRC Press.
- Deodhar, R., & Seth, R. &. (1980). Preliminary study on antirheumatic activity of curcumin (diferuloyl methane). *Indian: J Med Res*.
- Díaz, S. W. (2011). Plantas medicinales, Cúrcuma. *MINAGRI 2010* .
- Doroteoa, V. H., Díaz, ., C., Terryc, C., & Rojas, R. (2012). En *Revista Sociedad Química del Perú*. Perú.

- Dulbecco, P. y. (2013). Therapeutic potential of curcumin in digestive diseases. *World J Gastroenterol* , 19(48): 9256-9270. ISSN 1007-9327 (print) ISSN 2219-2840 (online).
- Eunice, R. V., Alba, L. D., & David, F. L. (2009). Caracterización espectroscópica y cromatográfica de curcumina extraída de los rizomas de Cúrcuma (cúrcuma longa L.) Cultivada en el departamento del Quindío. *Investigación Universidad Quindío (19): 18- 22. Armenia - Colombia* , 20,21.
- Figueruelo Arnáiz, V. (2014). La curcumina y sus funciones. *Farmacología Microbiología y Nutrición Molecular* , 2.
- Freifeder, Mathews, A., & Stryer. (1991).
- Freire, R. A., González, I., & Marlén, V.-V. (2015 enero-abril). Caracterización fitoquímica de la cúrcuma longa L. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador* , 7.
- Grynkiewicz, G. y. (2012). Curcumin and curcuminoids in quest for medicinal status. *Acta Biochimica Polonica (ABP)* , 59 (2):201-212.
- Gutierrez, Z. A., Ledesma, R. L., Garcia, G. ., & Grajales, C. O. (2007). Capacidad antioxidante total en alimentos convencionales y regionales de Chiapas, México. *Revista Cubana de Salud Pública* , Pág. 2.
- Hart, F. L., & Fisher, H. J. (1991). *Análisis moderno de los alimentos*. España: Acribia.
- Hishikawa, N., Takahashi, Y., Amakusa, Y., Tanno, Y., Tuji, Y., Niwa, H., y otros. (2012). Effects of turmeric on Alzheimer's disease with behavioral and psychological symptoms of dementia. doi: 10.4103/0974-8520.110.
- Isabel, E. P. (2014). NUTRICIÓN. En *QUÍMICA COSMÉTICA*. Buenos Aires.
- Ishita, C., Kaushik, B., Uday, B., & Ranajit K., B. (2004). Turmeric and curcumin: Biological actions. En *CURRENT SCIENCE* (pág. VOL. 87). NO. 1, 10 JULY.
- Jackes, J. "Preliminary Studies of Curcumin". En *Ind.Med.* (pág. Pg.632).
- Jennifer, T. d. (2013). Determinación de la actividad antioxidante (AA) por el método del DPPH. *Determinación de la actividad antioxidante por DPPH Y ABTS de 30 plantas recolectadas en la Ecoregión Cafetera* , Parte 2, Agron. 9- Am. Soc. Agron. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Karim, A, H., K, I., Alin, KA, S., ZA, S., y otros. (2010). Protective effects of the dietary supplementation of turmeric (*Curcuma longa* L.) on sodium arsenite-induced biochemical perturbation in mice. En *Med Res Counc* (págs. 36(3):82-8). Bangladesh: Bull.

- Kuttan, A., & Kuttan, G. (1999). Immunomodulatory activity of curcumin. *Immunol Invest* . 23(5-6):291-303.
- Law. (14 de Agosto de 2014). *Food-Info*. Recuperado el 21 de Abril de 2015, de <http://www.food-info.net>
- Leticia, M. d. (1995). Uso del potenciómetro. En M. d. Leticia, *Química general: manual de prácticas de laboratorio* (pág. 43). Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Fernand Lanore.
- Manera, M. (2009). La Cúrcuma antioxidante y antiinflamatoria. *Eroski Consumer* .
- Medina, L. A. (2010). Técnicas para la determinación de compuestos antioxidante en alimentos. En *Revista de la Educación en Extremadura*.
- Medisan. (2011). Curcuma longa Linn. En *DE TEMA DE ACTUALIZACIÓN* (págs. vol 16, no 1, p. 97).
- Mesa, V. A., Gaviria, C. A., Cardona, F., Sáez, V. J., Blair, T. S., & Rojano, B. A. (2010). Actividad antioxidante y contenido de fenoles totales de algunas especies del género *Calophyllum*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* , 15(2), 13-26.
- Michael, T., & Murray. (1994). Arthritis. En C. Rocklin. Prima Publishing, .
- Minsap. (1993). FITOMED II: plantas medicinales. En *Ministerio de Salud Pública* (págs. 116-17). Cuba, La Habana: Yuquilla.
- Molinares, & Torres, C. (2006). Procedimiento para la Medición de Sólidos Totales. Panamá: Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (LSA).
- Molinares, T. C., & Espino, K. (2006). Procedimiento para la Medición de Sólidos Totales. *Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (LSA)* , 1-5.
- Montaño, C. M., & Montes, L. M. (2004). *Evaluación sistémica de las potencialidades empresariales a partir de la cúrcuma longa en el Departamento de Caldas*. Colombia, Sede Manizales.: Universidad Nacional de Colombia.
- Mukherjee, M, R., S, D., & Bhattacharya, R. &. (2007). En J. C. Nutr, *A mechanistic approach for modulation of arsenic toxicity in human lymphocytes by Curcumin an active constituent of medicinal herb Curcuma longa Linn* (págs. 41 (1):32-42).
- Nagarathnam, R., Rengasamy, A., & Balasubramanian, R. (2010). Purification and properties of cysteine protease from rhizomes of *Curcuma longa* Linn. *J Sci Food Agric*.
- Ortega, J. L. (2014). CURCUMA LONGA Y SU PONTENCIAL MOLECULAR BENEFICIOSO SOBRE LOS PROCESOS INFLAMATORIOS, CÁNCER Y

ENFERMEDADES CRÓNICO DEGENERATIVAS. *Revista IN CRESCENDO - Ciencias de la Salud, Vol. 01, No 01* , 115 - 124.

Pearson, D. (1986). *Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos*. España: Acribia.

Peech, M. (1965). Hydrogen ion activity. En M. Peech, *Methods of Soil Analysis* (págs. 2-9). Am. Soc. Agron.

Possessio, S. G. (7 de 01 de 2012). *Eco Agricultor*. Recuperado el 18 de 04 de 2015, de [www.ecoagricultor.com](http://www.ecoagricultor.com)

Potterat, O. (1997). Curcuminoids isolated from various Curcuma have shown potent antioxidant properties antioxidants and free radical scavengers of natural origin. En *CURRENT ORGANIC CHEMISTRY* (págs. 415-440 Volume: 1 Issue: 4 ).

Ramsewak, R., & Dewitt, M. &. (2000). Cytotoxicity, antioxidant and antiinflammatory activities of curcumins I–III from Curcuma longa. En *Phytomedicine* (págs. 7(4) 303-8).

Ravindran, N. P., Nirmal, B. K., & Sivaraman, K. (2007). The genus curcuma. En *Turmeric*. USA, CRC Press: ISBN 978-0-84937-034-2.

Ríos, E., Giraldo, G., León, D., & Moreno, A. (2008 ). Estudio del perfil de compuestos volátiles de los rizomas de Curcuma longa L. Cultivada en el departamento del Quindío, Colombia. . *Rev. Invest. Univ. Quindio, Armenia - Colombia* , 18: 32-37.

Riou, V., & Asselin, C. (1996. ). Potentiel polyphénolique disponible du raisin, estimation rapide par extraction. *Rev FCA UNCuyo* , 143.

Rockville, P., & Bethesda, &. (2012). *Cúrcuma*. EE.UU.: Natural Medicines Comprehensive Database.

Rosa, A. F., González, I., & Marlén, V. V. (2014). Tamizaje Fitoquímico del polvo de Curcuma longa (rizomas). En *Caracterización fitoquímica de la Curcuma longa L.* (págs. 9-18 ). Chimborazo: Vol. 27, no.1.

Sedó Masís, P. (2001). Alimentos Funcionales: análisis general acerca de las características químico-nutricionales, desarrollo industrial y legislación alimentaria. *Revista Costarricense de Salud Pública* , 10(18-19), 34-39.

(1974). Ph-metría. En U. d. Sevilla, *Prácticas de bioquímica: II.* (pág. 47). España: Universidad de Sevilla.

Silva de Oliveira, C., Mesquita, G. M., Petacci, F., Freitas, S. S., Moreno, M. I., & Cardoso, E. y. (2005). *Ar-turmerona, sesquiterpeno responsável pela atividade alelopática de Curcuma longa.* . Brasil: Sociedade Brasileira de Química (SBQ).

Situs. (2004). *Programa*. Recuperado el 26 de 11 de 2014, de Herbotecnia: <http://www.herbotecnia.com.ar/exo-curcuma.html>

Staub, G. R. (2009). *Metodos espectrofotométricos*. Scribd.

Taylor, R., & Leonard, M. (2011). Curcumin for Inflammatory Bowel Disease. *A Review of Human Studies: Alternative Medicine Review* , Págs. 152-156.

Tayyem, R., Heath, D. D., Al, D. W., & Rock, C. (2006). Curcumin content of turmeric and curry powders. En *Nutr Cancer* (págs. 55 (2): pp. 126–131).

Tilak, J. C., M, B., & Mohan, H. (2004). Antioxidant availability of turmeric in relation to its medicinal and culinary uses. En *Phytother Res* (págs. 18(10):798-804.).

Tilak, J., Banerjee, M., & Mohan, H. (2004). Antioxidant availability of turmeric in relation to its medicinal and culinary uses. En *Phytother Res* (págs. 18(10):798-804.).

Tovar del Río, J. (2013). Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecoregion cafetera. *Universidad Tecnológica de Pereira* , 77.

Urrea Aura I.-Trujillo, C. A. (2011). Micropropagación e inducción de órganos de almacenamiento en *Cúrcuma Longa L.* *Actualidades Biológicas* , 1.

Vidal. (03 de 12 de 2010). *Vademecum*. Recuperado el 20 de 04 de 2015, de <http://www.vademecum.es/>

Viste, I. V., Ríos, S. I., Freire González, A., & Silveira, G. D. (2003). *Curcuma longa L.*, un estudio integrador. Infogest.

Weil. (14 de 11 de 2013). *Cúrcuma: uso, dosis, propiedades y beneficios para la salud*. Recuperado el 14 de 11 de 2014, de Ella sabe de salud, Mother, Nature, Network, CNN; Post., Huffington: [blog.codeconutriline.com](http://blog.codeconutriline.com)

Witkin, J. M. (2013). Curcumin, an active constituent [sic] of the ancient medicinal herb *Curcuma longa L.* En *Some uses and the establishment and biological basis of medical efficacy*. (págs. 12(4):1-11). *CNS Neurol Disord Drug Targets*.

Zhao, J., Zhang, J. S., Yang, B., & Li, S. (2010). Free Radical Scavenging Activity and Characterization of Sesquiterpenoids in Four Species of *Curcuma* Using a TLC. *Reduca (Biología)*. *Serie Botánica*. , 7 (2): 84-99.

## 7 ANEXOS

### Anexo 1. Preparación del radical DPPH



### Anexo 2. Disoluciones de la solución madre DPPH



### Anexo 3. Tiempo que absorbe el radical DPPH en la solución metanólica



**Anexo 4. Medición de la solución metanólica**



**Anexo 5. Agitación de la muestra en solución metanólica**



**Anexo 6. Elaboración de Salsa de tomate en el Rotavapor**



Anexo 7. Resultados de los polifenoles totales del polvo de cúrcuma (*Longa linn*)

MC-LSAIA-2251-03



**INIAP**

INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
 DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD  
 LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS  
 Panamericana Sur Km. 1, Cotapalpa Tils, 2600561-3007134. Fax 3007134  
 Casilla postal 17-61-340



**INFORME DE ENSAYO No: 15-039**

<b>NOMBRE PETICIONARIO:</b> Srta. Diana Correa	<b>INSTITUCION:</b> Srta. Diana Correa
<b>DIRECCION:</b> Machala	<b>ATENCIÓN:</b> 19-02-15
<b>FECHA DE EMISION:</b> 24 de febrero de 2015	<b>FECHA DE RECEPCION:</b> 14-12
<b>FECHA DE ANALISIS:</b> Del 20 al 23 de febrero de 2015	<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b> Polifenoles totales

ANÁLISIS	POLIFENOLES	IDENTIFICACIÓN
METODO	MC-LSAIA-15 CROS Y MARRIG g. (1982/1973)	
METODO REF.		
UNIDAD	mg/g	
15-0136	53.95	Cúrcuma

Los ensayos marcados con  $\Omega$  se reportan en base seca.  
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**

  
**Dr. Armando Rubio**  
**RESPONSABLE DE CALIDAD**

  
**Dr. Iván Samaniego**  
**RESPONSABLE TECNICO**



Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

**NOTA DE DESCARGO:** La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información



## CALCULOS

### Contenido de humedad de la muestra *Cúrcuma (Longa linn)*

$$\% \text{ Contenido de Humedad} = \frac{(B-A)-(C-A)}{(B-A)} \times 100$$

Dónde:

A = Peso de la cápsula seca y limpia (g)

B = Peso de la cápsula + muestra húmeda (g)

C = Peso de la cápsula + muestra seca (g)

### Datos registrados en el análisis de humedad

A= 120,5 gramos

B= 124,5 gramos

C= 124,13 gramos

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(B-A)-(C-A)}{(B-A)} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(124,5g - 120,5g) - (124,30g - 120,5g)}{(124,5g - 120,5g)} \times 100$$

% Humedad = **9,25**

### Contenido de ceniza de la muestra *Cúrcuma (Longa linn)*

$$\text{Contenido de ceniza (\%)} = \frac{A - B}{C} \times 100$$

Dónde:

A = Peso del crisol con muestra (g)

B = Peso del crisol con ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{117,0939\text{g} - 114,4029}{3,0039} \times 100$$

$$\% \text{ Ceniza} = 89,5835$$

$$114,09 - 114,4029 = 0,3129$$

$$\begin{array}{ccc} 3,0039 & \times & 100\% \\ 0,3129 & \div & x \end{array}$$

$$X = 10,41 \%$$

## Calculo de la elaboración de salsa de tomate

### Formulación

100 %	5 °BRIX
70%	Pasta de tomate 12 °BRIX
16,38 %	Azúcar
9,7 %	Vinagre
2,81 %	Sal
0,70 %	CMC
0,05 %	Ac. Asc.

**Fuente:** Planta Piloto de Alimentos de UTMach, Tlgo. Luis Carpio Figueroa.

### Datos obtenidos para la formulación de ingredientes

Concentrado de tomate = 267,72 g

Azúcar = 61,10 g

Vinagre = 37,09 g

Sal = 10,74 g

CMC = 2,51 g

Cúrcuma = 0,1102 g

Azúcar

$$\begin{array}{r} 267,72 \text{ g} \\ X \end{array} \begin{array}{r} \diagdown \\ \diagup \end{array} \begin{array}{r} 70 \% \\ 16,38 \% \end{array}$$

$$x = 61,10 \text{ g}$$

Vinagre

$$\begin{array}{r} 267,72 \text{ g} \\ x \end{array} \begin{array}{r} \diagdown \\ \diagup \end{array} \begin{array}{r} 70 \% \\ 9,7 \% \end{array}$$

$$x = 37,09 \text{ g}$$

Sal

$$\begin{array}{r} 267,72 \text{ g} \\ x \end{array} \begin{array}{r} \diagdown \\ \diagup \end{array} \begin{array}{r} 70 \% \\ 2,81 \% \end{array}$$

$$x = 10,74 \text{ g}$$

CMC

$$\begin{array}{r} 267,72 \text{ g} \\ x \end{array} \begin{array}{r} \diagdown \\ \diagup \end{array} \begin{array}{r} 70 \% \\ 0,7 \% \end{array}$$

$$x = 2,51 \text{ g}$$

Cúrcuma (*Longa linn*)

$$\begin{array}{r} 1 \text{ g/L} \\ x \end{array} \begin{array}{r} \diagdown \\ \diagup \end{array} \begin{array}{r} 453,6 \text{ g} \\ 50 \text{ g} \end{array}$$

$$x = 0,1102$$

**Datos para la Curva de Calibración del reactivo DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil)**

10 ppm DPPH

0 ppm DPPH, 2 ppm DPPH, 4 ppm DPPH, 6 ppm DPPH, 8 ppm DPPH

$$C1.V1 = C2.V2$$

$$10 x = 2 \text{ ppm} \cdot 25$$

$$x = 5 \text{ ml}$$

$$C1.V1 = C2.V2$$

$$10 x = 4 \text{ ppm} \cdot 25$$

$$x = 10 \text{ ml}$$

$$C1.V1 = C2.V2$$

$$10 x = 6 \text{ ppm} \cdot 25$$

$$x = 15 \text{ ml}$$

$$C1.V1 = C2.V2$$

$$10 x = 8 \text{ ppm} \cdot 25$$

$$x = 20 \text{ ml}$$

#### **Concentración del reactivo DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil)**

$$C1.V1 = C2.V2$$

$$10 \cdot 1 \text{ ml} = x \cdot 25$$

$$x = 0,4 \text{ ppm}$$

$$C1.V1 = C2.V2$$

$$10 \cdot 2 \text{ ml} = x \cdot 25$$

$$x = 0,8 \text{ ppm}$$

$$C1.V1 = C2.V2$$

$$10 \cdot 3 \text{ ml} = x \cdot 25$$

$$x = 1,2 \text{ ppm}$$

$$C1.V1 = C2.V2$$

$$10.3\text{ml} = x \cdot 25$$

$$x = 1,6 \text{ ppm}$$

### Capacidad antioxidante de cúrcuma (*longa linn*)

$$\text{Capacidad Antioxidante (\%)} = \left( \frac{AC-AM-AB}{AC} \right) \times 100$$

Dónde:

AM es la absorbancia de la muestra + DPPH

AB es la absorbancia del blanco (muestra + etanol)

AC es la absorbancia del blanco del reactivo (DPPH + etanol).

$$\%CA = \left( \frac{0,247-0,041-0,322}{0,247} \right) \times 100$$

$$\%CA = 46,96$$

$$\%CA = \left( \frac{0,247-0,067-0,322}{0,247} \right) \times 100$$

$$\%CA = 57,48$$

$$\%CA = \left( \frac{0,247-0,069-0,322}{0,247} \right) \times 100$$

$$\%CA = 58,29$$

### Porcentaje de la capacidad antioxidante en la salsa de tomate y cúrcuma (*longa linn*)

$$\text{Capacidad Antioxidante (\%)} = \left( \frac{1-Abs \text{ de la Muestra}-Abs \text{ Blanco de la Muestra}}{Abs \text{ DPPH}} \right) \times 100$$

#### Muestra Patrón

$$\%CA = \left( \frac{1-0,199-0,424}{0,467} \right) \times 100 = 80,73$$

#### Muestra 1

$$\%CA = \left( \frac{1-0,163-0,424}{0,467} \right) \times 100 = 88,44$$

### **Muestra 2**

$$\% \text{ CA} = \left( \frac{1-0,172-0,424}{0,467} \right) \times 100 = 86,51$$

### **Muestra 3**

$$\% \text{ CA} = \left( \frac{1-0,171-0,424}{0,467} \right) \times 100 = 86,72$$

### **Muestra 4**

$$\% \text{ CA} = \left( \frac{1-0,238-0,424}{0,467} \right) \times 100 = 72,38$$

**Concentración de ácido ascórbico en la muestra *Cúrcuma (Longa linn)* en salsa de tomate**

ECUACION DE LA RECTA  $y = 20,5x - 6,5$

En y reemplazamos los porcentajes de inhibición

### **Muestra Patrón**

$$x = \frac{y+6,5}{20,5}$$

$$x = \frac{80,73+6,5}{20,5} = 4,26 \text{ mg Ac. Asc. / L}$$

### **Muestra 1**

$$x = \frac{y+6,5}{20,5}$$

$$x = \frac{88,44+6,5}{20,5} = 4,63 \text{ mg Ac. Asc. / L}$$

### **Muestra 2**

$$x = \frac{y+6,5}{20,5}$$

$$x = \frac{86,51+6,5}{20,5} = 4,53 \text{ mg Ac. Asc. / L}$$

### **Muestra 3**

$$x = \frac{y+6,5}{20,5}$$

$$x = \frac{86,72+6,5}{20,5} = 4,55 \text{ mg Ac. Asc. / L}$$

### **Muestra 4**

$$x = \frac{y+6,5}{20,5}$$

$$x = \frac{72,38+6,5}{20,5} = 3,85 \text{ mg Ac. Asc. / L}$$

## **Concentración Inhibitoria Media IC50**

### **Muestra Patrón**

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{25 - 20}{0,32 - 0,199}$$

$$\text{IC50} = 41,32 \text{ mg /L}$$

### **Muestra 1**

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{40 - 35}{0,322 - 0,163}$$

$$\text{IC50} = 31,45 \text{ mg /L}$$

### **Muestra 2**

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{55-50}{0,272-0,172}$$

$$IC50 = 50 \text{ g /L}$$

### Muestra 3

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{75-70}{0,271-0,171}$$

$$IC50 = 50 \text{ g /L}$$

### Muestra 4

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{100-95}{0,238-0,123}$$

$$IC50 = 43,48 \text{ g /L}$$

### Medición de color ASTA en la muestra analito.

$$\text{Color ASTA} = \frac{\text{Abs del extrato a } 460\text{nm} \times 164 \times If}{\text{Peso de la muestra}}$$

Dónde:

A460nm: absorbancia del extracto de acetona a 460nm.

If: factor de corrección Instrumental (0.600)

As: absorbancia de la solución estándar de color

### Muestra Patrón

$$\text{Color ASTA} = \frac{0,199 \times 164 \times 0,6}{0,1} = 195,82$$

### Muestra 1

$$\text{Color ASTA} = \frac{0,163 \times 164 \times 0,6}{0,1} = 160,39$$



**Muestra 2**

$$\text{Color ASTA} = \frac{0,172 \times 164 \times 0,6}{0,1} = 169,25$$

**Muestra 3**

$$\text{Color ASTA} = \frac{0,171 \times 164 \times 0,6}{0,1} = 168,26$$

**Muestra 4**

$$\text{Color ASTA} = \frac{0,238 \times 164 \times 0,6}{0,1} = 234,19$$